

itea

información técnica económica agraria

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

Volumen 121

Número 1

Marzo 2025



aida-itea.org

2025- AÑO LVI Vol. 121 N.º 1 http://dx.doi.org/10.12706/itea	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Avda. Montañana, 930 50059 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 716305 Fax.: 34-976 716335 E-mail: direccion@aida-itea.org	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 2386-3765 Maquetación: Remedios Cordero
--	---	--

DIRECCIÓN:	Paula Gaspar, Universidad de Extremadura. España
EDICIÓN CIENTÍFICA:	José Manuel Alonso, CITA de Aragón. España Javier Álvarez, Universidad de Zaragoza (Campus de Huesca). España Miguel Escribano, Universidad de Extremadura. España Gabriel Pardo, CITA de Aragón. España Ana Pina Sobrino, CITA de Aragón. España Helena Resano, IA2-Universidad de Zaragoza. España Guillermo Ripoll, CITA de Aragón. España Ana Isabel Sanjuán, CITA de Aragón. España
EDICIÓN TÉCNICA:	María Salillas, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. España
COMITÉ DE REDACCIÓN:	Alfonso Abecia, Universidad de Zaragoza. España Alicia Cirujeda, CITA de Aragón. España Azucena Gracia, CITA de Aragón. España Mª Engracia Guerra Velo, CICYTEX, Extremadura. España Sandra Lobón, CITA de Aragón. España María Teresa Maza, Universidad de Zaragoza. España José Manuel Mirás Avalos, MBG-CSIC de Galicia. España Daniel Villalba, Universidad de Lleida. España
COMITÉ ASESOR:	Ricardo Aké, Universidad Autónoma de Yucatán, México; Joaquín Aibar, Universidad de Zaragoza, España; Francisco Alcón, Universidad Politécnica de Cartagena, España; Ángeles Calatayud, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, España; Alba Cerisuelo, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, España; Kizkitza Insausti, Universidad Pública de Navarra, España; Ramón Isla, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, España; Jorge Lora, Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea, España; Ana Meikle, Universidad de la República, Uruguay; Francisco Javier Mesías, Universidad de Extremadura, España; Ana Olaizola, Universidad de Zaragoza, España; Raquel Sánchez Pérez, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC), España; Manuel Serradilla, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, España; Verónica Sierra, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, España; Alfredo Teixeira, Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal; Luis Varona, Universidad de Zaragoza, España.

ITEA-Información Técnica Económica Agraria aparece indexada en SCI Expanded, Journal Citation Reports/Science Editions, ICYT, CABI, SCOPUS y EBSCO. Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, Editor titular del copyright. ITEA no se responsabiliza necesariamente de las opiniones vertidas en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores.

<https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/presentacion-itea>



Foto y texto de portada: Elena González

El Almiar. Jarilla. España

En la fotografía se observa un almiar en un prado de una zona de montaña del norte de la provincia de Cáceres en España. Este almiar, testigo silencioso del trabajo arduo y la sabiduría transmitida a lo largo de generaciones, es parte integral del proceso de henificación, una técnica utilizada para almacenar el pasto excedente de la primavera, asegurando alimento para el ganado durante los meses de invierno. La creación de estos montones de heno es una solución práctica en áreas de difícil acceso, donde el uso de máquinas empacadoras resulta imposible. El almiar nos recuerda la importancia de adaptarnos a nuestro entorno, preservando y respetando la armonía con la naturaleza y las comunidades rurales que la cuidan con tanto esmero.

Sumario

Producción Vegetal

Residuos agroindustriales y pecuarios como componentes de sustrato para la producción de *Catharanthus roseus*.

Agroindustrial and livestock waste as substrate components to produce Catharanthus roseus.

Crystal Gisselle Urgell-Cruz, Salomé Gayosso-Rodríguez, Maximiano Antonio Estrada-Botello, Areli Carrera-Lanestosa y Eduardo Villanueva-Couoh

2

Producción Animal

Relación entre las estructuras físicas asociadas a las energías renovables y la salud y el bienestar del ganado extensivo: revisión bibliográfica.

Relationship between physical structures associated with renewable energy and the health and welfare of extensive livestock: a literature review.

Isabel Blanco-Penedo, Carlos Palacios-Riocerezo, Yolanda Mena y Javier Álvarez-Rodríguez

17

Efectos del enriquecimiento ambiental en la producción, salud y comportamiento de conejos de carne. Revisión sistemática.

Effects of environmental enrichment on production, health and behaviour of meat rabbits. Systematic review.

Patricia Katuska Cumbe-Nacipucha, Erik Sandor Valencia-Kanut, Karen Melissa Cardona-Gómez y Juan Carlos Domínguez-Tejerina

39

Estimación de la conducta de ingesta de concentrado en un cebadero de corderos utilizando sensores de proximidad.

Estimation of concentrate intake behavior in a lamb feeder using proximity sensors.

José Alfonso Abecia, Pelin Erden y Francisco Canto

56

Economía Agraria

Factores explicativos de la certificación de calidad en las micro, pequeñas y medianas empresas cafetaleras de Honduras.

Explanatory factors of quality certification in the coffee micro, small, and medium-sized enterprises in Honduras.

Jaime Valerio-Fortin, Daniel Coq-Huelva e Isidoro Romero

69

Motivos de consumo de hongos comestibles silvestres en consumidores urbanos.

Reasons of urban consumers to eat wild edible mushrooms.

Stefany Molina-Castillo, Angélica Espinoza-Ortega, Humberto Thomé-Ortiz, Sergio Moctezuma-Pérez y Carlos Galdino Martínez-García

89

Residuos agroindustriales y pecuarios como componentes de sustrato para la producción de *Catharanthus roseus*

Crystal Gisselle Urgell-Cruz¹, Salomé Gayosso-Rodríguez², Maximiano Antonio Estrada-Botello^{2,*}, Areli Carrera-Lanestosa² y Eduardo Villanueva-Couoh³

- ¹ Estudiante del programa de Ingeniería en Agronomía de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT). Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, Ra. La Huasteca 2ª sección, Centro. 86280 Tabasco, México.
- ² Profesores Investigadores del programa de Ingeniería en Agronomía de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT). Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, Ra. La Huasteca 2ª sección, Centro. 86280 Tabasco, México.
- ³ Responsable del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal del Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n. 9345 Conkal, Yucatán, México.

Resumen

Los residuos agroindustriales y agropecuarios son materias primas que reincorporadas a la producción de plantas como sustratos, son una opción económica y sustentable; por ello, el objetivo fue evaluar mezclas de suelo con estiércol y residuos agroindustriales para la producción de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Los materiales utilizados fueron: estiércol bovino (EB), estiércol ovino (EO), fibra de palma de aceite (FPA), cascarilla de palma de aceite (CPA) y aserrín de palma de coco (APC); se utilizó 40 % de un suelo Gleysol como base y el resto residuos orgánicos en diferentes proporciones. Se evaluaron 13 mezclas y suelo (100 %) como testigo. Se midieron características físicas y químicas en las mezclas: porosidad total (Pt), porosidad de aireación (Pai), porosidad de retención (Pra), densidad aparente (Da), pH y conductividad eléctrica (CE). A los 60 días de cultivo se midió: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), días a floración, número de flores, biomasa aérea y de raíces (g). Los resultados mostraron que en las mezclas con residuos orgánicos la Da disminuyó, y la Pt y la Pai aumentaron; las mezclas tuvieron pH y CE en los rangos sugeridos para el cultivo de plantas, excepto las mezclas con EO (CE: 12 dS m⁻¹). Las plantas cultivadas en EB (20 %) con FPA, CPA y APC en proporciones de 10-10-20, 0-20-20 y 20-0-20, tuvieron un incremento en altura, número de flores, biomasa seca aérea y de raíz. Por lo tanto, la incorporación de residuos agroindustriales y pecuarios como sustratos mejoraron la producción de *C. roseus*.

Palabras clave: Residuos de palma de aceite, aserrín de palma de coco, economía circular, sustratos orgánicos.

* Autor para correspondencia: maximiano.estrada@Ujat.mx

Cita del artículo: Urgell-Cruz C.G., Gayosso-Rodríguez S., Estrada-Botello M.A., Carrera-Lanestosa A., Villanueva-Couoh E. (2025). Residuos agroindustriales y pecuarios como componentes de sustrato para la producción de *Catharanthus roseus*. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 2-16. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.016>



Agroindustrial and livestock waste as substrate components to produce *Catharanthus roseus*

Abstract

Agroindustrial and agricultural waste are raw materials that, reincorporated into the production of plants as substrates, are an economic and sustainable option; therefore, the objective was to evaluate soil mixtures with manure and agroindustrial waste to produce *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. The materials used were bovine manure (EB), sheep manure (EO), oil palm fiber (FPA), oil palm husk (CPA) and coconut palm sawdust (APC); 40 % of Gleysol soil was used as a base and the rest of organic waste in different proportions. A total of 13 mixtures were evaluated and soil (100 %) as a control. Physical and chemical characteristics were measured: total porosity (Pt), aeration porosity (Pai), retention porosity (Pra), apparent density (Da), pH and electrical conductivity (CE). After 60 days of cultivation, they were measured: plant height (cm), stem diameter (mm), days to flowering, number of flowers, aerial and root biomass (g). The results showed that in the mixtures with organic waste, Da decreased and Pt and Pai increased; The mixtures had pH and CE in the ranges suggested for plant cultivation, except the mixtures with EO (CE: 12 dS m⁻¹). Plants grown in EB (20 %) with FPA, CPA and APC in proportions of 10-10-20, 0-20-20 and 20-0-20, had an increase in height, number of flowers, dry aerial biomass, and root biomass. Therefore, the incorporation of agro-industrial and livestock waste as substrates improved *C. roseus* production.

Keywords: Oil palm waste, coconut palm sawdust, circular economy, organic substrates.

Introducción

En los últimos años se ha generado el interés por incorporar residuos orgánicos como componentes de sustratos en el cultivo de especies forestales, hortalizas y ornamentales, con el objetivo de mejorar las características físico-químicas y disminuir el uso del suelo (López-Rodríguez et al., 2017). Los materiales orgánicos seleccionados, deben tener valor económico, disponibilidad local, fácil adquisición y mínimo impacto al ambiente (Gayosso-Rodríguez et al., 2021).

En relación con esto, los subproductos o residuos agroindustriales son materia prima que agregados a los sistemas productivos agrícolas en forma de sustrato, representa una alternativa accesible y económica para la producción de plantas en contenedor (Gayosso-Rodríguez et al., 2016 y 2018). Particularmente, en México se ha incrementado el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) (Hernández-Rojas et al., 2018) donde la industrialización de una tonelada de fruto genera 0,37 t de residuos sólidos; 0,06 t de cascarilla del fruto y 0,09 t de fibras (Yeit y

Sobri, 2022). Por otra parte, otro material disponible localmente, es el aserrín de tallos de cocotero, residuo generado por el aprovechamiento de la madera a consecuencia del abandono del cultivo de cocotero por el amarillamiento letal y la caída del precio de la copra (Bermúdez et al., 2018).

En las áreas de producción pecuaria también se generan residuos como los estiércoles; al respecto, Da Costa Ferreira et al. (2018) concluyen después de una caracterización física, química y microbiológica de estiércol bovino, que es un material que puede ser utilizado como componente de sustrato para la producción de plantas. Se ha documentado que el aprovechamiento de estiércol como abono agrícola es un reciclado de nutrientes que mejora las características físicas y microbiológica de los suelos y es un material disponible y económico (Iguácel Soteras et al., 2018; Murillo-Montoya et al., 2020).

En relación con la incorporación de residuos agropecuarios en la producción de flores, en algunas áreas florícolas del país se aplica Bokashi y composta a base de residuos vegeta-

les, estiércoles y otros materiales con el objetivo de disminuir el empleo de fertilizantes químicos (Ramírez-Gerardo et al., 2021). Los estiércoles se han utilizado como abono en diversos cultivos ornamentales, como: rosas (Cortés Jiménez et al., 2017), clavelinas (*Dianthus chinensis*), Fuchsias (*Fuchsia* sp.) (Jaulis et al., 2018), geranios (*Pelargonium Grandiflorum* Willd), belén (*Impatiens walleriana* Hook.f.) (Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández, 2018), entre otros, obteniendo resultados variados de acuerdo a la cantidad de estiércol utilizada y la especie vegetal evaluada.

Vicaria (*Catharanthus roseus* L. G. Don), es una planta herbácea ornamental y medicinal, nativa de Madagascar y sudoeste de Asia (Chaturvedi et al., 2022). Se distribuye en el Centro y Sureste de México, Baja California Sur y Sinaloa (Red de Herbarios del Noreste de México, 2023) y tiene importancia a nivel mundial por sus compuestos químicos, como: fenoles, flavonoides, alcaloides, carbohidratos, saponina, tanino, sustancias de valor medicinal y terapéutico (Mahood, 2021). Es una especie que crece a pleno sol y no tolera temperaturas inferiores a 10 °C (Paarakh et al., 2019); se desarrolla en zonas subtropicales (Alor Chávez et al., 2012), requiere de suelos drenados con pH de 5,5 a 6,5; es tolerante a la sequía y sensible al exceso de agua, crece incluso en suelos pobres y salinos (hasta a 2000 ppm) (Paarakh et al., 2019; Chaturvedi et al., 2022).

El número y tamaño de las flores son características morfológicas que varían de acuerdo a la especie (De Paula et al., 2021); sin embargo, la fertilización con nitrógeno aumenta altura de planta, número de flores, ramas y lecturas SPAD (Rani et al., 2023). La incorporación de residuos orgánicos como sustratos favorece el crecimiento de vicaria, al respecto, Alor Chávez et al. (2012) mencionan que mezclar 50 % de composta a suelo, generó mayor altura de planta y producción de biomasa comparada con 100 % suelo; por su parte, ElTantawy et al. (2023) mencionan que combinaciones de

cáscara de cacahuete con turba en una relación 1:1 incrementó altura de planta, número de flores, número de brotes y área foliar; y Damaceno et al. (2022) evaluaron mezclas de fibra de coco y cascarilla de arroz carbonizada relación 1:1, encontrando retención favorable de agua lo que mejoró atributos florales en *C. roseus*; por otro lado, Behzadi et al. (2022) indican que el tipo de sustrato influye en los parámetros fisiológicos y de crecimiento (número de hojas, longitud de raíz, biomasa de la raíz, longitud del brote y biomasa del brote) de *C. roseus*.

Considerando la posibilidad de aprovechamiento de residuos agropecuarios disponibles localmente en la producción de plantas en vivero, el objetivo de esta investigación fue evaluar la utilización de residuos agroindustriales y estiércol como componentes de sustratos para la producción de *C. roseus* (L.) G. Don en contenedor.

Material y métodos

El experimento se realizó en un área con malla sombra al 35 % en los viveros e invernaderos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en el kilómetro 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa, en la Ranchería la Huasteca 2ª sección del municipio de Centro, Tabasco; localizada entre los paralelos 92° 57' 15" y 92° 57' 30" LO, y 17° 47' 30" y 17° 47' 15" LN, con un altitud de 19,7 m s.n.m. La temperatura promedio del lugar del experimento de acuerdo a las normales climatológicas para los meses de estudio (enero, febrero y marzo) es 23,5; 24,8 y 26,4 respectivamente y la para la precipitación es 183,9; 101,8 y 52,4 mm (CONAGUA, 2024).

Se recolectó estiércol bovino (EB) de la posta bovina de la DACA UJAT y estiércol ovino (EO) del Centro de Integración Ovina del Su-

reste (CIOS). Ambos materiales solo se secan al sol para uniformizar la humedad durante un periodo de 30 días y posteriormente fueron almacenados y posteriormente se analizaron para determinar la composición química en base a materia seca (Tabla 1).

Se utilizaron fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de la madera de palma de coco (APC). Estos se colectaron en las zonas de producción. Los dos primeros en la empresa Oleopalma® del municipio de Jalapa, Tabasco y el último, en un aserradero comercial de madera de coco del municipio de Paraíso, Tabasco. Los materiales se tamizaron en una malla de 1 cm² y posteriormente, se mezclaron con un suelo Gleysol (Tabla 2) en diferentes proporciones y se dejaron reposar durante 30 días. En total, se evaluaron 14 tratamientos, en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones (Tabla 3).

Se utilizaron semillas de *C. roseus* L. variedad ‘Cherry’, se germinaron en charolas de po-

lietireno de 128 cavidades, utilizando como sustrato perlita y turba (*Sphagnum*), en una relación 1:2 v/v. Posteriormente, a los 25 días se realizó el trasplante a macetas de 15 cm de diámetro colocando una planta por maceta. Las plantas se aclimataron en vivero por una semana bajo malla sombra al 40 %, posteriormente, la malla fue retirada. Se utilizó fertiriego utilizando Polifeed® 19-19-19 y nitrato de calcio a una dosis de 0,5 g L⁻¹ durante los primeros 15 días, y posteriormente, se aumentó a 1 g L⁻¹. Se aplicó Bayfolan® una vez por semana a una dosis de 1 ml L⁻¹ con aspersiones foliares.

En cuanto a las variables, en los sustratos se midió pH en una relación de 1:2 v/v y CE a una relación de 1:5 v/v, utilizando un potenciómetro-conductímetro marca Hanna Modelo HI 2211. Se determinó la densidad aparente (Da), utilizando la fórmula:

$$Da = \frac{\text{peso del sustrato seco (g)}}{\text{volumen total (cm}^3\text{)}} \quad [1]$$

Tabla 1. Análisis nutrimental del estiércol bovino y ovino.
Table 1. Nutritional analysis of bovine and sheep manure.

Determinación	Método	Unidades	Abonos orgánicos	
			Bovino	Ovino
pH	NMX-FF-109-SCFI-2007		7,41	5,50
CE	NMX-FF-109-SCFI-2007	dS m ⁻¹	3,50	17,0
Nitrógeno total	Dumas	%	1,89	4,13
Fósforo (P)	Digestión en microondas/ ICP	%	0,24	2,44
Potasio (K)	Digestión en microondas/ ICP	%	1,16	4,16
Calcio (Ca)	Digestión en microondas/ ICP	%	2,79	4,69
Magnesio (Mg)	Digestión en microondas/ ICP	%	0,53	1,18

Tabla 2. Características físicas y químicas del suelo Gleysol.

Table 2. Physical and chemical characteristics of Gleysol soil.

Propiedad	Valor
Textura	
Arcilla (%)	40,7
Arena (%)	24,6
Limo (%)	34,3
Da (Mg m ⁻³)	1,20
CC (%)	42,10
PMP (%)	13,91
pH	7,4
MO (%)	2,4
CIC (cmol(+) kg ⁻¹)	42,1
Ca (cmol(+) kg ⁻¹)	26,4
Mg (cmol(+) kg ⁻¹)	14,3
Na (cmol(+) kg ⁻¹)	1,2
K (cmol(+) kg ⁻¹)	1,68

Da: Densidad aparente, CC: Capacidad de campo, PMP: Punto de marchitez permanente. CIC: Capacidad de intercambio catiónico. Fuente: Palma-López et al., 2007.

Se determinó porosidad total (Pt), porosidad de aireación (Pai) y porosidad de retención de agua (Pra), con el procedimiento descrito por Landis (1990).

A los 60 días de cultivo se midió: altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (mm). Se determinó la biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos, hojas y flores) y raíces (g) en una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro SP401 con 0,1 g de precisión. Posteriormente, se colocaron las muestras en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado marca Felisa, modelo FE-291 a 60 °C hasta peso constante.

Se calculó el índice de calidad de Dickson (ICD) mediante la fórmula:

$$ICD = \frac{\text{Peso total seco (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}}} \quad [2]$$

Se midió longitud y se determinó el volumen de raíces utilizando el principio de Arquímedes que consiste en la sumersión del material en un contenedor con agua y se determinó el volumen de agua desplazado (Córdoba-Rodríguez et al., 2011). Se registraron los días a floración, número de flores por planta y el diámetro de la corola. Para las variables de crecimiento y desarrollo se utilizaron tres repeticiones.

El procesamiento de los datos se realizó mediante un análisis de varianza; con el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad [3]$$

dónde: es la variable respuesta de la ij-esima unidad experimental; μ es el efecto de la media general; es el efecto del i-esimo tratamiento; es el efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental; cuando hubo las diferencias, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$) utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS 2009.

Resultados y discusión

En las características químicas de las mezclas se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en pH y CE. Las mezclas con estiércol bovino tuvieron valores de pH de 5,76 a 6,29, y CE promedio de 0,737 dS m⁻¹ (Tabla 4). Estos valores fueron semejantes a los reportados por Acevedo-Alcalá et al. (2020a) para estiércol bovino; el pH y la CE se incrementó ligeramente al incorporarlo en la mezcla, no obstante, los valores se mantuvieron en el rango sugerido para el cultivo de plantas en contenedor.

Tabla 3. Porcentajes de los materiales combinados para la formulación de sustratos (v/v).
Table 3. Percentages of the combined materials for the substrate formulation (v/v).

Sustratos	Materiales orgánicos (%)					
	Suelo	EB	EO	FPA	CPA	APC
T1	40	20	0	20	10	10
T2	40	20	0	10	20	10
T3	40	20	0	10	10	20
T4	40	20	0	0	20	20
T5	40	20	0	20	0	20
T6	40	20	0	20	20	0
T7	40	0	20	20	10	10
T8	40	0	20	10	20	10
T9	40	0	20	10	10	20
T10	40	0	20	0	20	20
T11	40	0	20	20	0	20
T12	40	0	20	20	20	0
T13	40	0	0	20	20	20
T14	100	0	0	0	0	0

EB = Estiércol de bovino; EO = Estiércol de ovino; FPA = Fibra del fruto de palma de aceite; CPA = Cascarilla del fruto de palma de aceite; APC = Aserrín de la madera de palma de coco.

Las mezclas que contenían estiércol ovino tuvieron valores de pH entre 5,44 y 5,63, mientras que la CE se incrementó hasta 12,89 dS m⁻¹, considerada alta para el cultivo de plantas en contenedor (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2016). Aunque Chaturvedi *et al.* (2022) mencionan a *C. roseus* L. es tolerante a la salinidad, en este estudio se observaron que estos valores de CE ocasionaron efectos negativos en variables de crecimiento y producción de biomasa.

En cuanto a las características físicas de los sustratos, la Da de las mezclas con residuos orgánicos fueron menores con valores de hasta 0,569 g cm⁻³ respecto al testigo (0,950 mg cm⁻³). La Da baja favorece el desplazamiento de

las raíces y el movimiento del agua al interior del sustrato (infiltración y percolación) y se traduce en sustratos ligeros y fáciles de manejar; por el contrario, una alta Da genera dificultad para la penetración de las raíces y disminuye la porosidad (Arias Arias, 2021).

Al incorporar residuos orgánicos al suelo, la Pt se incrementó excepto T2 y T3 (Tabla 4). La Pai de las mezclas con sustratos orgánicos oscilaron de 8,44 % a 13,98 % superando significativamente al testigo (4,03 %). Las mezclas T5, T9 y T12 destacaron por su incremento en los valores de Pt y Pai. La Pra de las mezclas con residuos orgánicos fueron inferiores al testigo con valores mínimos de 39 %, lo que se atribuye al incremento de la porosidad de

Tabla 4. Características físicas y químicas de mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 4. Physical and chemical characteristics of mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), oil palm fruit fiber (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and wood sawdust coconut palm (APC).

Sustratos	pH 1:2 v/v	CE (dS m ⁻¹)	Pt (%)	Pai (%)	Pra (%)	Da (g cm ⁻³)
T1	6,07 ^b	0,726 ^{ef}	50,33 ^{de}	8,44 ^d	41,89 ^{cdefg}	0,649 ^d
T2	6,29 ^a	0,666 ^{ef}	48,21 ^f	8,73 ^d	39,48 ^g	0,642 ^{de}
T3	6,25 ^a	0,753 ^{ef}	49,77 ^{ef}	8,80 ^{cd}	40,98 ^{defg}	0,601 ^f
T4	6,28 ^a	0,733 ^{ef}	51,95 ^{cd}	11,19 ^{abc}	40,76 ^{efg}	0,618 ^{ef}
T5	5,76 ^c	0,756 ^{ef}	56,44 ^a	13,33 ^a	43,11 ^{bcd^e}	0,569 ^g
T6	6,02 ^b	0,786 ^e	53,67 ^{bc}	13,54 ^a	40,13 ^{fg}	0,643 ^{de}
T7	5,44 ^f	12,89 ^a	53,71 ^{bc}	13,98 ^a	39,72 ^{fg}	0,662 ^d
T8	5,46 ^f	6,946 ^c	53,40 ^{bc}	9,27 ^{bcd}	44,13 ^{abc}	0,653 ^d
T9	5,63 ^d	7,340 ^c	55,04 ^{ab}	13,06 ^a	41,98 ^{cdef}	0,599 ^f
T10	5,55 ^{de}	6,283 ^d	51,95 ^{cd}	8,96 ^{cd}	42,99 ^{bcde}	0,661 ^d
T11	5,57 ^d	10,060 ^b	51,69 ^{cde}	10,08 ^{bcd}	41,61 ^{cdefg}	0,617 ^{ef}
T12	5,55 ^{de}	6,290 ^d	54,99 ^{ab}	11,53 ^{ab}	43,46 ^{bcd}	0,747 ^c
T13	5,48 ^{ef}	0,546 ^{ef}	54,75 ^{ef}	9,59 ^{bcd}	45,15 ^{ab}	0,803 ^b
T14	5,12 ^g	0,180 ^f	50,49 ^{de}	4,03 ^e	46,46 ^a	0,950 ^a
Rangos sugeridos	5,3-6,5	<2 dS m ⁻¹	Abad (1995) 70-85 %	De Boodt et al. (1974) 10-30 %	Handreck y Black (1994) >55 %	Ansorena Miner (1994) <0,60 mg cm ⁻³

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10);T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10);T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20);T4(S40+EB20+CPA20+APC20);T5(S40+EB20+FPA20+APC20);T6(S40+EB20+FPA20+CPA20);T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10);T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10);T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20);T10(S40+EO20+CPA20+APC20);T11(S40+EO20+FPA20+APC20);T12(S40+EO20+FPA20+CPA20);T13(S40+FP A20+CPA20+APC20);T14(S100). CE = Conductividad eléctrica; Pt = Porosidad total; Pai = Porosidad de aireación; Pra = Porosidad de retención de agua; Da = Densidad aparente. Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey $P < 0,05$).

aireación. En general, se observó que la inclusión de residuos orgánicos a suelo (T14) incrementó la porosidad y disminuyó la Da; esto se debe a que la porosidad es mayor por la combinación de formas y tamaños de partículas que determinan los poros y en consecuen-

cia, la capacidad de retención y aireación del sustrato (Gayosso-Rodríguez et al., 2021).

Respecto a las variables de crecimiento y desarrollo, se observó que a 60 días de cultivo, las plantas cultivadas en mezclas con estiércol bovino alcanzaron mayor altura que las

cultivadas en mezcla con estiércol ovino (Tabla 4). Particularmente, la altura de planta de T5 fue mayor significativamente (18,80 cm), tratamiento que contiene fibra de palma de aceite lo que puede afectar el su crecimiento como lo indica Ghouili et al. (2022) en sus reportes. Mientras que las de la mezcla T7 (11,63 cm) tuvo un crecimiento inferior incluso al testigo (15,63 cm); este tratamiento tiene el 10 % de aserrín lo que debería ayudar a mejorar sus propiedades físicas ya que Yasin et al. (2020) encontraron que el uso de este sustrato contribuye al desarrollo de las plantas, sin embargo, la concentración de CE del EO pudo reducir su crecimiento.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández (2018) en geranio (*Pelargonium Grandiflorum* Willd) en el que indican que los tratamientos que contienen lombricompost de bovino, turba y compost de ovino, incrementaron la altura de planta, longitud de raíz y número de hojas; de igual manera, en lechugas la incorporación de estiércol bovino y composta de residuos orgánicos domiciliarios (1:1) incrementó la altura y el número de hojas, las características físicas, químicas y microbiológicas de estiércol bovino son adecuadas para la producción de plantas (Da Costa Ferreira et al., 2018).

Respecto al diámetro de tallo se observaron diferencias en los tratamientos con estiércol bovino y con estiércol ovino; destacando T2, T3 y T5 con valores de 7,66 mm; 7,32 mm y 7,76 mm, respectivamente, con valores superiores al testigo (Tabla 5). En relación al Índice de Calidad de Dickson, hubo diferencias significativas entre mezclas ($P < 0,05$), T5 tuvo el mayor valor (0,70) sin diferencias significativas con el testigo (Tabla 5) y mezclas con estiércol bovino, sin embargo, fueron superiores significativamente a las cultivadas en mezclas con estiércol ovino (Tabla 5). Considerando que el IDC se ha utilizado para representar la relación de la biomasa y la robustez, y expresa el vigor de la planta (Dickson et al., 1960), los valores bajos denotan plan-

tas con menor resistencia al trasplante y condiciones de estrés; por lo tanto la calidad de las plantas cultivadas con residuos agroindustriales y estiércol bovino tuvieron calidad similar a las cultivadas en suelo.

En relación a la floración, T5 presentó floración a los 54 dds, 24 flores por planta y diámetro de flor promedio de 47,77 mm (T5), valores superiores significativamente al testigo ($P < 0,05$) (Tabla 5); resultados similares a los obtenidos por Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández (2018) en belén (*Impatiens walleriana* Hook.f.) al combinar lombricomposta de estiércol bovino (25 %) con turba (75 %) donde el número de inflorescencias se incrementó. Por el contrario, la floración de T7 fue casi nula con tres flores por planta y diámetro de flor de 31,84 mm, efecto que se atribuye a la alta CE de las mezclas; al respecto, Jaulis et al. (2018) reportaron la disminución o nula producción de flores en *Dianthus chinensis* (clavelina) y *Fuchsia* sp. (Fuchsia) ocasionada por alta CE y relación C/N, en mezclas de estiércol de caballo con aserrín (1:1) y aserrín con composta y tierra (1:1); por lo que se asume que las variables de floración estuvieron influenciadas por la alta CE de las mezclas con estiércol ovino.

En cuanto a la biomasa seca aérea T3, T4 y T5 fueron iguales estadísticamente ($P < 0,05$) al testigo, destacando T5 con valor superior incluso al testigo (Tabla 6) con 0,86 g. La producción de biomasa aérea de las plantas a las que se le incorporó estiércol bovino fueron superiores a las de estiércol ovino (Tabla 6) llamando la atención nuevamente T7 con la menor producción de biomasa (14,36 g). Al respecto, Bezerra (2019) menciona que la disminución de biomasa seca es un efecto de la alta CE en el medio de cultivo. Efectos semejantes fueron registrados en girasol (*Helianthus annuus* L.) cultivado en suelo con alta CE (7 dS m^{-1}), con disminución de la biomasa seca de tallo (18 %), hoja (24 %), receptáculo (25 %) y grano (28 %) (Escalante-Estrada et al., 2022).

Tabla 5. Altura de planta, diámetro de tallo e índice de calidad de Dickson en plantas de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivadas en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 5. Plant height, stem diameter and Dickson quality index in plants of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), palm fruit fiber of oil (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

Sustratos	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Índice de Calidad de Dickson (IDC)
T1	15,80 ^{bcdef}	6,81 ^{abcd}	0,586 ^{bcdef}
T2	17,83 ^{abc}	7,66 ^a	0,603 ^{abcde}
T3	18,20 ^{ab}	7,32 ^{ab}	0,656 ^{abc}
T4	17,43 ^{abcd}	6,94 ^{abcd}	0,643 ^{abcd}
T5	18,80 ^a	7,76 ^a	0,703 ^a
T6	15,96 ^{bcde}	6,16 ^{cdef}	0,586 ^{bcdef}
T7	11,63 ^g	5,27 ^f	0,463 ^g
T8	15,00 ^{def}	5,56 ^{ef}	0,543 ^{defg}
T9	14,43 ^{ef}	6,53 ^{bcde}	0,573 ^{cdef}
T10	14,40 ^{ef}	6,01 ^{def}	0,586 ^{bcdef}
T11	13,23 ^{fg}	5,71 ^{ef}	0,490 ^{fg}
T12	13,63 ^{efg}	5,57 ^{ef}	0,496 ^{efg}
T13	15,56 ^{cdef}	7,15 ^{abc}	0,660 ^{abc}
T14	15,63 ^{bcdef}	7,03 ^{abcd}	0,690 ^{ab}

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10);T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10);T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20);T4(S40+EB20+CPA20+APC20);T5(S40+EB20+FPA20+APC20);T6(S40+EB20+FPA20+CPA20);T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10);T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10);T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20);T10(S40+EO20+CPA20+APC20);T11(S40+EO20+FPA20+APC20);T12(S40+EO20+FPA20+CPA20);T13(S40+FP A20+CPA20+APC20);T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey $P < 0,05$).

La calidad nutrimental de los estiércoles puede variar por la especie animal, manejo y tiempo de maduración (Iguácel Soteras et al., 2018), en particular la CE de las mezclas con estiércol ovino probablemente fue influenciada por el manejo de los animales en plataformas elevadas que acumulan las excretas y orina por largos períodos de tiempo. No obstante, la incorporación de estiércol al

suelo aporta nutrientes y promueven la actividad microbiana (Murillo-Montoya et al., 2020). Particularmente *C. roseus* responde favorablemente a la incorporación de materia orgánica al sustrato (composta) incrementando indicadores nutricionales y de biomasa (Alor Chávez et al., 2012).

En cuanto al crecimiento y desarrollo de raíces, las plantas cultivadas en T3, T4 y T5 fue-

Tabla 6. Biomasa fresca y seca, diámetro de flor, número de flores y días a floración de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivada en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 6. Fresh and dry biomass, flower diameter, number of flowers and days to flowering of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), manure ovine (EO), oil palm fruit fiber (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

Sustratos	Días a floración (dds)	Número de flores (dds)	Diámetro de flor (mm)	Biomasa aérea fresca (g)	Biomasa aérea seca (g)
T1	58 ^{abc}	7 ^{efg}	44,05 ^{ab}	24,23 ^{de}	3,06 ^{cdf}
T2	55 ^{bc}	9 ^{de}	44,83 ^{ab}	27,73 ^{cd}	3,30 ^{bcd}
T3	56 ^{bc}	16 ^b	44,4 ^{ab}	38,6 ^{ab}	4,06 ^{abc}
T4	56 ^{bc}	13 ^c	45,34 ^{ab}	31,83 ^{bcd}	4,03 ^{abc}
T5	54 ^c	24 ^a	47,77 ^a	42,33 ^a	5,16 ^a
T6	56 ^{abc}	8 ^{ef}	43,1 ^{ab}	28,33 ^{cd}	3,30 ^{bcd}
T7	61 ^a	3 ^h	31,84 ^c	14,36 ^f	1,63 ^g
T8	56 ^{bc}	8 ^{de}	45,83 ^{ab}	23,66 ^{de}	2,86 ^{df}
T9	58 ^{abc}	5 ^{gh}	43,19 ^{ab}	23,96 ^{de}	2,73 ^{dfg}
T10	58 ^{abc}	5 ^{gh}	38,14 ^{bc}	24,33 ^{de}	2,93 ^{cdf}
T11	57 ^{abc}	5 ^{fgh}	45,32 ^{ab}	16,53 ^{ef}	1,96 ^{fg}
T12	59 ^{ab}	5 ^{fgh}	45,15 ^{ab}	17 ^{ef}	2,13 ^{fg}
T13	55 ^{bc}	12 ^c	45,37 ^{ab}	31,8 ^{bcd}	3,76 ^{bcd}
T14	56 ^{bc}	10 ^{cd}	40,95 ^{ab}	34,9 ^{abc}	4,30 ^{ab}

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10),T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10),T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20),T4(S40+EB20+CPA20+APC20),T5(S40+EB20+FPA20+APC20),T6(S40+EB20+FPA20+CPA20),T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10),T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10),T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20),T10(S40+EO20+CPA20+APC20),T11(S40+EO20+FPA20+APC20),T12(S40+EO20+FPA20+CPA20),T13(S40+FP A20+CPA20+APC20),T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey $P < 0,05$).

ron iguales significativamente al testigo en tamaño, volumen y biomasa seca, no obstante, las plantas cultivadas en mezclas con estiércol ovino mantienen la misma tendencia de menor crecimiento y desarrollo (Tabla 7); resultados semejantes a los reportados por Acevedo-Alcalá et al. (2020b) en Chile po-

blano (*Capsicum annuum* L.) donde la producción de biomasa seca de raíz fue menor en sustratos abonados con estiércol ovino comparado con las de estiércol bovino.

Otras investigaciones realizadas con estiércol ovino indican que la longitud de raíces en geranio y altura de planta en belén fueron me-

Tabla 7. Crecimiento y desarrollo de raíces de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivada en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 7. Growth and development of roots of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), oil palm fruit fiber (FPA), palm fruit husk. oil palm (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

Sustratos	Biomasa fresca de raíces	Biomasa seca de raíces	Largo de raíz	Volumen de raíz
	(g)	(g)	(mm)	(ml)
T1	6,43 ^{def}	0,36 ^{cde}	18,83 ^{abc}	4,5 ^{bcd}
T2	6,96 ^{bcd}	0,46 ^{bcd}	17,73 ^{bcd}	6,16 ^{abcd}
T3	9,43 ^a	0,70 ^a	21,36 ^a	7,33 ^{ab}
T4	8,93 ^{abc}	0,70 ^a	20,43 ^{ab}	7,66 ^a
T5	8,83 ^{abc}	0,63 ^{ab}	21,33 ^a	7,83 ^a
T6	7,70 ^{abcd}	0,43 ^{cde}	16,50 ^{cd}	5,83 ^{abcd}
T7	4,36 ^f	0,30 ^{de}	15,93 ^{cd}	4,16 ^{cd}
T8	6,00 ^{def}	0,33 ^{de}	20,1 ^{ab}	5,16 ^{abcd}
T9	6,83 ^{cde}	0,30 ^{de}	15,76 ^{cd}	5,33 ^{abcd}
T10	6,83 ^{cde}	0,43 ^{cde}	18,08 ^{abcd}	5,33 ^{abcd}
T11	4,90 ^{ef}	0,26 ^e	16,06 ^{cd}	3,16 ^d
T12	4,76 ^{ef}	0,30 ^{de}	14,73 ^d	4,83 ^{abcd}
T13	8,03 ^{abcd}	0,53 ^{abc}	19,06 ^{abc}	7,16 ^{abc}
T14	9,30 ^{ab}	0,66 ^a	20,53 ^{ab}	7,50 ^{ab}

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10), T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10), T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20), T4(S40+EB20+CPA20+APC20), T5(S40+EB20+FPA20+APC20), T6(S40+EB20+FPA20+CPA20), T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10), T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10), T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20), T10(S40+EO20+CPA20+APC20), T11(S40+EO20+FPA20+APC20), T12(S40+EO20+FPA20+CPA20), T13(S40+FP A20+CPA20+APC20), T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey $P < 0,05$).

noreas comparadas con las cultivadas con estiércol bovino (Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández, 2018) resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación. De igual manera, en moringa (*Moringa oleifera* Lam.) el crecimiento de raíces en mezcla de estiércol ovino con suelo (1:2) fue menor comparado con mezclas de estiércol bovino, porcino y otros estiércoles (Romero-Marcano et al., 2021).

En cuanto al uso de aserrín en mezclas de sustratos, Domínguez-Liévano y Espinoza-Zaragoza (2021) reportan que la longitud de raíz, altura y diámetro de tallo de Cuapinol (*Hymenaea courbaril* L.) se incrementa en mezclas de aserrín de mango con materiales como suelo y turba (2:1 v/v). Al evaluar la micromorfología de mezclas con aserrín, Goyoso-Rodríguez et al. (2021) mencionan que

mezclas con aserrín de pino genera poros de empaquetamiento compuesto, que incrementaron el volumen y peso seco de raíces en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* (Ramat.) Kitamura); mientras que Schiappacasse et al. (2022) mencionan que la combinación aserrín con corteza de pino (3:1 v/v) generó plantas de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) de calidad.

Cabe mencionar que durante el cultivo se presentaron problemas de enfermedades en las plantas cultivadas en suelo 100 % (T14), pero no en las mezclas con residuos orgánicos; evidencia observada también por Escamilla-López et al. (2018) en ixora (*Ixora coccinea*) donde se presentaron plantas enfermas en suelo, pero no en mezclas de cachaza, composta, aserrín y jal. Por lo tanto, es probable que la modificación en las características físicas al incorporar residuos orgánicos disminuya el ataque de hongos patógenos.

Conclusiones

Los residuos agroindustriales y el estiércol animal incorporados como componentes de sustratos mejoraron las características físicas de la mezcla, incrementando la porosidad de aireación y disminuyendo la densidad aparente. Estas características son favorables para obtener un sustrato ligero, de fácil preparación y transporte; no obstante, es importante mencionar que cada material debe caracterizarse químicamente al menos en pH y CE, porque estos factores influyen notoriamente en el desarrollo de la planta. Particularmente, las mezclas de suelo (40 %) con estiércol bovino (20 %) combinadas con fibra de palma de aceite, cascarilla de palma de aceite y aserrín de tallo de cocotero en proporciones de 10-10-20 (T3), 0-20-20 (T4) y 20-0-20 (T5) pueden utilizarse como sustrato para el cultivo de plantas de vicaria (*Catharanthus roseus* L.) variedad 'Cherry', generando un incremento

en altura de planta, duplicando el número de flores sin afectar el diámetro de flor, y superando significativamente a las plantas cultivadas en suelo (100 %).

Referencias bibliográficas

- Abad B.M. (1995). Sustratos para el cultivo sin suelo. En: El cultivo del tomate Madrid, España (Ed. Nuez F.), pp. 131-166. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Acevedo-Alcalá P., Taboada-Gaytán O.R., Cruz-Hernández J. (2020a). Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. Acta Agronómica 69(3): 234-240. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84508>
- Acevedo-Alcalá P., Cruz-Hernández, J., Taboada-Gaytán, O.R. (2020b). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. Revista Fitotecnia Mexicana 43(1): 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Alor Chávez M.D.J., Gómez Álvarez R., Huerta Lwanga E., Pat Fernández J.M., González Cortázar M., De La Cruz, González C. (2012). Nutrición y crecimiento en fase de vivero de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, *Momordica charantia* L. y *Azadirachta indica* A. Juss, en el municipio Centro, Tabasco-México. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11(2): 163-171.
- Ansorena Miner J. (1994). Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa, Madrid, España. 17 pp.
- Arias Arias N.A. (2021). Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática. Palmas 42(1): 81-95.
- Bermúdez Cuellar E., Pérez Rodríguez Y., Pérez Armas R. (2018). Reutilización de la Palma de Coco (*Cocos nucifera* L.) con fines madereros. Revista Científica Agroecosistemas 6(3): 121-128.
- Behzadi M., Javanmard A.S., Khakdan F., Mohsenzadeh S. (2022). Efectos de la suplementación

- con urea y diferentes sustratos en la producción de indol alcaloide reserpina en plantas de *Catharanthus roseus*. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology 156(4): 1011-1018. <https://doi.org/10.1080/11263504.2021.1986587>
- Bezerra F.M.S. (2019). Produção de mudas de três espécies ornamentais sob irrigação com águas salinas. Mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Do Ceará. Fortaleza. 67 p.
- Chaturvedi V., Goyal S., Mukim M., Meghani M., Patwekar F., Patwekar M., Sharma, G.N. (2022). A Comprehensive Review on *Catharanthus roseus* L. (G.) Don: Clinical Pharmacology, Ethnopharmacology and Phytochemistry. Journal of Pharmacological Research and Developments 17-36. <https://doi.org/10.46610/JPRD.2022.v04i02.003>
- CONAGUA. (2024). Normales climatológicas por estado. Estación meteorológica Playas del Rosario 27092. Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/tab/nor9120_27092.txt (Consultado: 12 de abril de 2024).
- Córdoba-Rodríguez D., Vargas-Hernández J.J., López-Upton J., Muñoz-Orozco A. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinceana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. Agrociencia 45: 493-506.
- Da Costa Ferreira D.A., Da Silva Dias N., Da Costa Ferreira A.K., Vasconcelos C.B.L., De Sousa F.S., Porto V.C.N., Fernandes, C.S., Navarro, V.M.A. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 12(2): 464-474. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7902>
- Damaceno F.M., Pereira N., Andrade E.A., Carvalho-Zanao M.P., Zanao Jr L.A. (2022). Coconut fiber and carbonized rice husks mixtures may reduce the use of commercial pine bark substrate in *Catharanthus roseus* and *Zinnia elegans* cultivation. Environmental Engineering & Management Journal 21(4): 651-660.
- De Boodt M., Verdonck O., Cappaert I. (1974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37: 2054-2063. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1974.37.20>
- De Paula F., Gonçalves Soares I.F., Neto J.D.S., Moreira Moulin M., Berilli A.P.C.G., De Carvalho Nascimento L., Rodrigues Pretti I. (2021). Ccorrelações fenotípicas e genotípicas a expressão de vincristina e vimblastina relativas ao efeito do solo em características concernentes a *Catharanthus roseus*. Revista Ifes Ciência 7(1): 1-9. <https://doi.org/10.36524/ric.v7i1.1124>
- Dickson A., Leaf A.L., Hosner J.F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. The Forestry Chronicle 36(1): 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Domínguez-Liévano A., Espinosa-Zaragoza S. (2021). Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea courbaril* L. en condiciones de vivero. Revista Forestal del Perú 36(1): 107-117. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1707>
- ElTantawy A.A., Swaefy H.M., Heikal A. (2023). Utilization of some organic wastes as growing media for improving plant growth and chemical compositions in Madagascar periwinkle. Scientific Journal of Agricultural Sciences 5(3): 38-51. <http://dx.doi.org/10.21608/sjas.2023.222011.1319>
- Escalante-Estrada J.A.S., Aguilar-Carpio C., Escalante-Estrada Y.I. (2022). Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno. Ecosistemas y recursos agropecuarios 9(1): e3116. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3116>
- Escamilla-López M., Tejeda-Castrejón J.F., Mejías-Brito J., Meza-Jiménez J., Ríos-Farías M., Calleros Valencia J.E., Romero Uribe S.M. (2018). Comparación de dos sustratos orgánicos en la producción de plantas de ornato de la especie coralito enano. Conciencia Tecnológica, (56): 1-12.
- Gayosso-Rodríguez S., Borges-Gómez L., Villanueva-Couoh E., Estrada-Botello M.A., Garruña-Hernández, R. (2016). Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50(5): 617-631.
- Gayosso-Rodríguez S., Villanueva-Couoh E., Estrada-Botello M.A., Garruña R. (2018). Physicochemical characterization of mixtures from organic waste for using as agricultural substrates. Bioagro 30(3): 179-190.
- Gayosso-Rodríguez S., Gutiérrez Castorena M.C., Estrada Botello M.A., Sánchez Hernández R.

- (2021). Características micromorfológicas de sustratos orgánicos y su relación con retención de agua y crecimiento radical. *Agrociencia* 55(3): 195-208. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i3.2413>
- Ghouili E., Hidri Y., M'Hamed H.C., Somenahally A., Xue Q., Znaïdi I.E.A., Jebara M., Ouertani R.N., Muhovski Y., Riahi J., Abid G., Sassi K. (2022). Date palm waste compost promotes plant growth and nutrient transporter genes expression in barley (*Hordeum vulgare* L.). *South African Journal of Botany* 149: 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.06.018>
- Handreck K.A., Black N.D. (1994). Growing media ornamental plants and turf. University of New South Wales Press, Sydney, Australia. 542 pp.
- Hernández-Rojas D.A., López-Barrera F., Bonilla-Moheno, M. (2018). Análisis preliminar de la dinámica de uso del suelo asociada al cultivo palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en México. *Agrociencia* 52(6): 875-893.
- Huerta-Muñoz E., Cruz-Hernández J. (2018). Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plantas de geranio y belén. *Acta agrícola y pecuaria* 4(2): 44-53. <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.2/3>
- Iguácel Soteras F., Castillo Aranda A., López Elbaile L., Barrós Torres A., Betrán Aso J.A. (2018). Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante. *Informaciones Técnicas* No. 268. Centro De Transferencia Agroalimentaria, Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, Gobierno de Aragón. 40 p.
- Jaulis C.J., Pacheco A.A., Martínez V.A., Moreno L.I.S. (2018). Insumos orgánicos en la preparación de sustratos para el crecimiento de *Dianthus chinensis* y *Fuchsia* sp. *Anales científicos* 79(2): 360-367. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1248>
- Landis T.D. (1990). Volume 2: Containers and Growing Media. En: *The Container Tree Nursery Manual* (Ed. Landis T.D., Tinus R.W., McDonald S.E., Barnett J.P.), 88 p. Agriculture Handbook 674. Department of Agriculture Forest Service. Washington D.C., EEUU.
- López-Rodríguez G., Pérez-Esteban J., Ruiz-Fernández J., Masaguer A. (2017). Caracterización física e hidrofísica de sustratos orgánicos sostenibles para sistemas de naturación en espacios urbanos. *Revista Ingeniería Agrícola* 7(1): 33-40.
- Mahood H.E. (2021). Estimation of essential elements and mineral in *Catharanthus roseus* and its biological importance as a medicinal plant. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 22(25): 1-7.
- Murillo-Montoya S.A., Mendoza-Mora A., Fabul-Vásquez C.J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 7(1): 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Paarakh M.P., Swathi S., Taj T., Tejashwini V., Tejashwini B. (2019). *Catharanthus Roseus* Linn-a review. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences* 3(10): 19-24. <https://doi.org/10.31080/ASPS.2019.03.0393>
- Palma-López D.J., Cisneros Domínguez J., Moreno Cáliz E., Rincón-Ramírez J.A. (2007). Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable. *Colegio de Postgraduaos-ISPROTAB-FUPOTAB, Villahermosa Tabasco México*. 195 pp.
- Ramírez-Gerardo M.G., Vázquez-Villegas S., Méndez-Gómez G.I., Mejía-Carranza J. (2021). Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT* 16(1): 150-161. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1518>
- Rani V., Kumar V., Meena R., Jain S.K., Birla D. (2023). Impact of nitrogen levels on the growth and medicinal properties of periwinkle (*Catharanthus roseus*) in an Inceptisol of Varanasi, India. *International Journal of Plant & Soil Science* 35(19): 954-962. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i193630>
- Red de herbarios del Noreste de México (2023) Universidad de Sonora, México, y Universidad Estatal de Arizona. Disponible en: <https://herbanwmex.net/portal/collections/map/google-map.php?usethes=1&taxa=31301>. (Consultado: abril 2023)

- Romero-Marcano G., Silva-Acuña R., Maza, I.J. (2021). Calidad morfológica en plántulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal. CIENCIA UNEMI 14(35): 54-72. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss35.2021pp54-72p>
- Schiappacasse F., Carrasco G., Espinoza M.C., Moons W. (2022). Uso de aserrín y corteza de *Pinus radiata* como sustratos para crisantemos belgas cultivados para producción de verano. Idesia 40(3): 127-133. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000300127>
- Cortes Jiménez S., Etchevers Barra J.D., Hidalgo Moreno C.M.I., Navarro Garza H. (2017). Estado nutrimental del agroecosistema rosa (*Rosa* spp.) en la ladera este del Iztaccíhuatl. Terra Latinoamericana 35(3): 237-246. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i3.132>
- Yasin M., Jabran K., Afzal I., Iqbal S., Nawaz M.A., Mahmood A., Asif M., Nadeem M.A., Rahman Z.U., Adnan M., Siddiqui M., Shahid M.Q., Andreasen, C. (2020). Industrial sawdust waste: An alternative to soilless substrate for garlic (*Allium sativum* L.). Journal of applied research on medicinal and aromatic plants 18: 100252. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100252>
- Yeit Haan T., Sobri Takriff M. (2022). Tecnologías de residuos cero para el desarrollo sostenible en las plantas de beneficio de aceite de palma. Palmas 43(3): 40-55. <https://doi.org/10.5366/jope.2021.04>
- (Aceptado para publicación el 24 de septiembre de 2024)

Relación entre las estructuras físicas asociadas a las energías renovables y la salud y el bienestar del ganado extensivo: revisión bibliográfica

Isabel Blanco-Penedo^{1,2,*}, Carlos Palacios-Riocerezo³, Yolanda Mena⁴
y Javier Álvarez-Rodríguez¹

¹ Departament de Ciència Animal. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agroalimentària, Forestal i de Veterinària, Universitat de Lleida (UdL), Lleida.

² Unidad de Epidemiología Veterinaria, Departamento de Ciencias Clínicas, Universidad de Ciencias Agrarias de Suecia (SLU), Uppsala, Suecia.

³ Area de Producción Animal. Departamento de Construcción y Agronomía. Universidad de Salamanca (USAL), Salamanca.

⁴ Departamento de Agronomía, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla (US), Sevilla.

Resumen

Toda evaluación de riesgos debe basarse en la mejor evidencia científica disponible. Esta revisión recopila y analiza el conocimiento científico disponible sobre los riesgos ambientales asociados a las energías renovables que pueden afectar a la salud y el bienestar animal de las especies ganaderas. Los parques eólicos en funcionamiento pueden provocar estrés a las especies ganaderas mediante determinadas alteraciones principales: ondas acústicas, parpadeo de sombras, ruido de baja frecuencia o infrasonidos (onda sonora inaudible para los humanos, pero sí para otros animales), campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja y radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia. La línea eléctrica del parque eólico puede afectar, entre otros, al uso del hábitat por parte de los rebaños. Por su parte, los huertos solares pueden reducir el estrés térmico del ganado y mejorar la calidad de la vegetación bajo sus estructuras, lo que permitiría aumentar ligeramente la carga ganadera del pasto. La evaluación del impacto de estas estructuras se considera un área de investigación compleja en la que hasta ahora sólo se han proporcionado respuestas parciales, siendo incluso más escasa para especies de ganadería que para fauna silvestre. La investigación futura debería dirigirse a incrementar el conocimiento en cuestiones de conservación del hábitat e identificar medidas de mitigación para superar los efectos negativos de estas estructuras en los animales. Además, debería servir para mejorar su diseño, así como para la prevención sistemática de los impactos que generan.

Palabras clave: Comportamiento animal, estrés, energías renovables, ruido, sombras, campos electromagnéticos.

* Autor para correspondencia: isabel.blancopenedo@udl.cat

Cita del artículo: Blanco-Penedo I., Palacios-Riocerezo C., Mena Y., Álvarez-Rodríguez J. (2025). Relación entre las estructuras físicas asociadas a las energías renovables y la salud y el bienestar del ganado extensivo: revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 17-38. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.014>



Relationship between physical structures associated with renewable energy and the health and welfare of extensive livestock: a literature review

Abstract

Any risk assessment should be based on the best available scientific evidence. This review compiles and analyses the available scientific evidence on the environmental risks associated with renewable energies that may affect the health and welfare of farm animals. The operation of wind farms can cause stress to livestock species through certain major disturbances: acoustic waves; shadow flicker, low frequency noise or infrasound (sound waves that are inaudible to humans but not to other animals), extremely low frequency magnetic fields, and high frequency electromagnetic radiation. Among other things, transmission line can affect, the use of habitat by livestock. Solar farms can reduce the heat stress in livestock and improve the nutritional quality of the vegetation under their structures, which would allow a small increase in the carrying capacity of pastures. Assessing the impact of these structures is considered a complex area of research, with so far only partial answers, and even less for livestock species than for wildlife. Future research should aim to increase knowledge on habitat conservation issues and identify mitigation measures to overcome the negative effects of these structures on animals. It should also be used to improve the design, to systematically prevent the impacts they cause.

Keywords: Animal behavior, stress, renewable energies, noise, shadows, electromagnetic fields.

Introducción

Diferentes países están incrementando la cuota de energías renovables (especialmente eólica y fotovoltaica) en su diversificación energética, ya que estas fuentes constituyen alternativas a los combustibles fósiles, contribuyendo así a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (OECD, 2012). En muchos casos son países con una importante actividad ganadera, que deben emplear un enfoque integrado del paisaje para conciliar desarrollo económico y sostenibilidad. Para establecer una conexión positiva entre el desarrollo de las energías renovables y el crecimiento económico agrario local vinculado a la producción de alimentos, se necesitan estrategias adaptadas a las condiciones locales (OECD, 2012).

En España en torno al 42 % de la energía empleada para generar electricidad provino de fuentes renovables en el año 2022. Se prevé que las renovables llegarán a suponer el 50 % de la diversificación energética próximamente, siendo el primer país de entre las mayores economías de Europa en conseguirlo (PNIEC, 2020).

Hasta la fecha, se describe una falta de integración adecuada en la ordenación territorial y paisajística regional y por tanto del respaldo firme de la población local en diferentes regiones de la Península (Silva y Sareen, 2021; Barral et al., 2023). La implantación de estos sistemas alternativos de producción de energía está haciendo cambiar los usos del suelo, reduciendo la superficie de uso agrícola y ganadero o provocando interacciones entre los animales y estas infraestructuras; lo que requerirá una adaptación por parte de los animales que ya hacían uso de dichos espacios. Un primer paso por tanto es evaluar los posibles impactos sobre las especies ganaderas en manejo extensivo.

En un intento de avanzar hacia la sostenibilidad de ambos sectores (energías renovables y ganadería), se deberían conjugar la instalación de proyectos renovables con el aprovechamiento de los múltiples servicios ambientales que la ganadería extensiva ofrece. En los últimos años algunos países están apostando por la energía agrovoltaje, que consiste en aprovechar una misma superficie de terreno tanto para obtener ener-

gía solar como para llevar a cabo actividades agrícolas y ganaderas, aunque todavía hay un gran campo de investigación por desarrollar al respecto.

El bienestar del ganado es una prioridad para garantizar la sostenibilidad en los sistemas ganaderos, optimizando su productividad y avanzando en la seguridad alimentaria (Molitorisová y Burke, 2022). Una de las definiciones de bienestar animal más citadas en la bibliografía científica internacional (Broom, 1986) expresa que “el bienestar de un animal es el estado en que se encuentra dicho animal en relación con sus intentos de afrontar su entorno”. Por lo tanto, el bienestar animal está relacionado con la capacidad que tiene el animal de afrontar las posibles dificultades causadas por el ambiente y el manejo. Teóricamente, podrían derivarse tres situaciones distintas: 1) el entorno productivo es particularmente difícil para el animal que no puede afrontar con éxito las dificultades con que se encuentra y, por tanto, el animal muere o sufre enfermedades multifactoriales; 2) el entorno no es tan difícil para el animal, de modo que éste se puede finalmente adaptar, aunque la adaptación tiene un coste biológico debido al estrés prolongado y a sus intentos por adaptarse; 3) el ambiente es lo suficientemente adecuado, adaptándose sin dificultad. En este caso, el bienestar del animal sería óptimo y, al satisfacerse sus necesidades, incluso puede alcanzar experiencias englobadas en el bienestar positivo.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es recopilar y analizar la información científica disponible sobre los efectos de las energías renovables (infraestructuras eólica principalmente y agrovoltaica, así como las líneas eléctricas de alta tensión asociadas) en el bienestar animal de las especies ganaderas en el contexto de la ganadería extensiva. El análisis pretende además identificar dónde y cuándo los sistemas de ganadería extensiva ofrecen oportunidades para experiencias

neutras o positivas a los animales en presencia de estas infraestructuras y los aspectos en los que pueden producirse experiencias negativas para que sirvan de base en la evaluación integrada de las estructuras asociadas a las energías renovables y en la planificación de la mitigación de los efectos adversos que pueden ocasionar a la ganadería extensiva.

Metodología y búsqueda de bibliografía científica

La búsqueda bibliográfica se ha realizado en las bases de datos Web of Science, Pubmed y CAB abstracts. Durante la búsqueda bibliográfica, se ha seguido el método estándar de recopilación de conocimientos científicos. La compilación bibliográfica se realizó en dos fechas: octubre 2020 y octubre 2023.

Las publicaciones obtenidas en las dos búsquedas se clasificaron para eliminar publicaciones fuera de tema. Los criterios de selección para esta clasificación se establecieron antes de la búsqueda. Se han incluido (criterios de inclusión) estudios de revistas científicas revisadas por pares desarrollados principalmente bajo condiciones europeas y se excluye (criterios de exclusión) cualquier información procedente de literatura gris. Tras la selección final, un total 73 publicaciones (61 sobre aerogeneradores y sus aspectos legislativos o para explicar los mecanismos de respuesta de los animales a estas infraestructuras y 12 sobre paneles solares) fueron pertinentes para incluirlas como resultados de la búsqueda sistemática.

Para el análisis de la información, se ha empleado la herramienta para la evaluación de riesgos rápida elaborada por el ECDC (2019) (Rapid Risk Assessments, RRA en inglés), y 2) una guía sobre evaluación de riesgos para el bienestar animal elaborada por la EFSA (2009). Los RRA se llevan a cabo en las etapas

iniciales de un evento o incidente de posible preocupación. Los RRA integran: búsqueda bibliográfica y extracción de evidencias, evaluación de la evidencia y estimación del riesgo en el contexto específico. En una evaluación formal del riesgo de bienestar animal se comprenden tres pasos: (1) evaluación de la exposición; (2) caracterización de consecuencias; y (3) caracterización de riesgos. Es importante señalar que algunas evaluaciones de riesgos consideran una sola exposición y una sola consecuencia. Sin embargo, para la evaluación del riesgo de bienestar animal, siendo el bienestar animal un concepto multidimensional, a menudo es necesario considerar múltiples factores *versus* consecuencias únicas y múltiples (EFSA, 2009).

Estas instalaciones deben de someterse al principio de intervención mínima por su repercusión en todos los aspectos de la vida animal, medioambiental y humana (Colás La-guardia, 2023).

Para abordar una respuesta sobre los impactos de las energías renovables en los mamíferos terrestres, más concretamente en las especies ganaderas, es necesario extraer los hallazgos procedentes de la investigación relacionada (en muchos casos en animales silvestres) y realizar razonamientos con base científica sobre cómo estas especies ganaderas podrían verse afectadas ante diferentes agentes físicos asociados a la instalación de un nuevo parque eólico o de un huerto solar.

Efecto de los aerogeneradores sobre la ganadería extensiva

Los principales efectos de los parques eólicos quedan resumidos en la Tabla 1.

Los aerogeneradores pueden afectar al nivel de estrés en los animales a través de las siguientes alteraciones descritas: 1) ondas acústicas audibles 2) parpadeo de sombras, 3) so-

nidos no audibles o infrasonidos, 4) campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja; radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia y corrientes parasitarias inducidas por campos electromagnéticos pero también ligadas a pérdidas eléctricas y 5) cambios de hábitat de los animales.

1) Ondas acústicas audibles

Numerosos estudios científicos han constatado la sensibilidad de las especies animales ganaderas al sonido y los niveles a los que están expuestos. Ya sea crónico o intermitente, el ruido se describe como un sonido no deseado y puede explicarse en términos que incluyen su frecuencia, intensidad, espectro de frecuencia y forma de la presión sonora a lo largo del tiempo (Burn, 2008).

Los aerogeneradores producen ruido debido al funcionamiento de todos los elementos presentes en la góndola y al movimiento del aire alrededor de cada pala y las vibraciones del suelo, así como al movimiento del rotor. Los ruidos más destacables producidos por la maquinaria en la fase de construcción podrían alcanzar los valores umbrales límite documentados para ganadería en la bibliografía científica (por encima de 75 y hasta 105 dB).

Sensibilidad al ruido

En base a la bibliografía revisada, los umbrales de incomodidad del ganado se indican entre 90 y 100 dB y el daño físico ocurre al alcanzarse 110 dB (registrado, por ejemplo, en sobrevuelos de aviones a baja altitud o incluso en algunas salas de ordeño) (Phillips, 2009), lo que provoca un comportamiento adverso, como patadas o pasos rápidos de forma lateral (Morgan y Tromborg, 2007). El ganado bovino es muy sensible a los sonidos de alta frecuencia y tiene un rango de audición más amplio que el de los humanos (rango auditivo de 23 a 35 000 Hz). Puede detectar incluso tonos y sonidos más bajos que otras especies ganaderas (Heffner y Heffner, 1993). Dentro del

Tabla 1. Resumen de los efectos de la energía eólica sobre las especies ganaderas. La lista sólo incluye los factores cuyos efectos sobre las especies de ganadería están documentados (adaptado de Helldin et al., 2012).

Table 1. Summary of the effects of wind energy on livestock species. The list only includes factors whose effects on livestock species are documented (adapted from Helldin et al., 2012).

Factor de impacto	Fiabilidad (1-4)	Efecto (negativo)	Alcance espacial	Alcance Temporal
Perturbaciones durante la construcción	2	Moderado	Menor	Corto-Largo
Perturbaciones acústicas/visuales de las turbinas en funcionamiento	3	Débil	Menor	Largo
Perturbaciones causadas por el tráfico de utilitario	2	Débil	Menor	Largo
Cambios de hábitat	2	Débil-Moderado	Menor	Largo/Permanente
Corredor líneas eléctricas y conductividad del suelo	1	Moderado	Menor	Largo
Electromagnetismo	2	Debil	Menor	Largo

Fiabilidad (1: Faltan estudios; la evaluación se basa en el conocimiento general de especies y comportamientos; 2: La bibliografía es muy limitada; los conocimientos se derivan de campos cercanos, pero aún así proporciona algunos fundamentos para una evaluación con base científica; 3: La base de conocimientos proporciona un fundamento adecuado para una evaluación con base científica; 4: La base de conocimientos es sólida y proporciona una evaluación fiable). **Efecto** (Débil: Efectos pequeños en un número limitado de individuos; los resultados de diferentes estudios pueden ser contradictorios; Moderado: Efectos evidentes, pero no fuertes: intermedio entre débil y fuerte. Fuerte: efectos importantes en una gran parte de los individuos afectados). **Alcance espacial** (Pequeño: Los efectos se limitan al parque eólico o a la zona situada a un par de cientos de metros de las turbinas, las carreteras de acceso y las líneas eléctricas de cientos de metros de las turbinas, carreteras de acceso y líneas eléctricas. Grande: Los efectos se extienden fuera de las inmediaciones del parque eólico). **Alcance temporal** (Corto: los efectos sólo se producen durante la construcción y/o el desmantelamiento, Largo: Los efectos se producen durante la construcción, el funcionamiento y el desmantelamiento y Permanente: Los efectos permanecen incluso después de un posible desmantelamiento).

ganado bovino, las razas de aptitud lecheras son más sensibles al ruido que las razas de aptitud cárnica (Lanier et al., 2000). El umbral de ruido que se espera que cause una respuesta conductual en el ganado es de 85 a 90 dB (Olczak et al., 2023). El rango auditivo de las ovejas es de 125 Hz a 40 kHz con la frecuencia más sensible un poco más alta que la del bovino y porcino, que alcanza 10 kHz. Los ruidos superiores al umbral provocan estrés,

miedo y estampida (fuerte respuesta de sobresalto) (Morgan y Tromborg, 2007). A pesar de tener un mayor rango de detección auditiva, el ganado bovino tiene mayor dificultad para localizar el origen de los sonidos y emplea su vista para determinar la fuente del sonido. Hasta que el animal es capaz de localizar el sonido, éste permanece en alarma debido a su comportamiento natural de animal depredado.

Efectos del ruido sobre los animales

Existen diversos estudios que muestran que los sonidos repentinos e inesperados especialmente con un volumen alto pueden ser particularmente estresantes para el ganado y parecen tener un impacto en el comportamiento animal (Arnold *et al.*, 2007; Brouček, 2014). El ruido de alta intensidad inesperado (por encima de 110 dB), como sobrevuelos de aviones a baja altitud durante el ordeño puede reducir la eficacia del reflejo de eyeción de leche, aumentar la leche residual y, por tanto, conducir a una reducción general de la producción de leche (Morgan y Tromborg, 2007). El ruido de las estructuras eólicas que es intenso y se produce de manera impredecible, puede afectar negativamente el estado de bienestar de algunos animales e inducir una respuesta de estrés de curso crónico, según se ha constatado en animales de núcleos zoológicos (Jakob-Hof *et al.*, 2019). Este tipo de respuesta podría sucederles a las especies de ganadería que, de forma análoga, viven en espacios confinados sin capacidad de retirada.

En base a la bibliografía disponible, cuando las turbinas eólicas se encuentran a 152 m sobre el nivel del suelo, el ganado se asusta al comenzar a funcionar el aerogenerador y corre distancias cortas cada vez que se reanuda la actividad de las turbinas, llegando a normalizarse tras un periodo de tiempo. Los sonidos nuevos y repentinos parecen afectar más al comportamiento del ganado que el ruido alto continuo (Head *et al.*, 1993; Arnold *et al.*, 2007). Sin embargo, no es posible conocer cuán grande será la respuesta de evitación, al estar los animales limitados por las características de la zona geográfica más distante a la turbina a la que puedan acceder, pero se desconoce si vuelven al área más próxima a la turbina y cuánto tiempo transcurre si se revierte esta situación. Por otro lado, fuentes científicas indican que el ruido ambiental, especialmente de curso crónico, es

un factor perjudicial para la salud y bienestar de los animales (OIE, 2018). El ruido puede provocar cambios en los parámetros fisiológicos (aceleración del ritmo cardíaco y elevación de los niveles de cortisol) lo que conduce a un debilitamiento de la inmunidad y a cambios patológicos y, en consecuencia, a una reducción de la productividad (lactancia, engorde, retraso del celo, entre otros) (Olczak *et al.*, 2023). Además, la exposición prolongada al ruido puede provocar trastornos del comportamiento o el desarrollo de ansiedad y miedo. El ruido de las turbinas eólicas obstaculiza la comunicación vocal de los rumiantes y la capacidad para escuchar (detección) a los depredadores, lo que les conduce a modificar su comportamiento en la búsqueda de alimento u homeostasis (funcionamiento adecuado del organismo) y por ende del uso del hábitat (Rabin *et al.*, 2006; Shannon *et al.*, 2016). En esa exposición crónica, también puede disminuir su detección a otras señales ambientales y aumentar las tensiones con los humanos (Brown *et al.*, 2012).

Otros trabajos científicos documentan que el ruido afecta directamente a la fisiología reproductiva y al gasto energético del animal (Escribano-Avila *et al.*, 2013). Pueden además tener efectos indirectos sobre la dinámica del rebaño a través de cambios en el uso del entorno, reproducción y comportamiento materno (cuidado de las crías) (Rabin *et al.*, 2003).

Se ha documentado además una reducción de apetito de los animales (Brouček, 2014) ante la emisión de sonido a la frecuencia de 2 kHz en ruido de 75 dB, 85 dB y 95 dB. Algers y Jensen (1991) encontraron una reducción en la producción de leche en vacas expuestas dos veces a 80-100 dB de ruido diario (1,4 h). Si bien la exposición inmediata a un ruido de alta intensidad (105 dB) conduce a una disminución del consumo de alimento y del rendimiento lechero, un incremento gradual de ruido a 105 dB conlleva una respuesta menos negativa. Gygyax y Nosal (2006)

investigaron el efecto de la vibración (entre 0,1 y 1 m/s²) y el ruido (entre 34 y 130 dB) en el recuento de células somáticas en leche en 50 ganaderías. Los recuentos de células somáticas se incrementaron al aumentar la intensidad de vibración, pero no con ruido acústico. En otras especies domésticas, Otten et al. (2004) encontraron un aumento en las concentraciones de cortisol, noradrenalina y adrenalina en cerdos expuestos a un ruido prolongado o intermitente de 90 dB. En ese sentido, las normas de bienestar animal para ganado porcino ya recogen la necesidad de evitar exposiciones de los animales a ruido continuo superiores a 85 dB (Real Decreto 159/2023).

Es importante resaltar que la magnitud de los efectos negativos varía según el tipo y tamaño de la instalación del parque eólico y parece ser especialmente determinante en el análisis de riesgos la ubicación del parque eólico (si está situada en hábitat degradado o inalterado, que suele ser la mayormente documentada) y la etapa del ciclo de vida de la instalación (construcción, funcionamiento, mantenimiento o desmantelamiento) (Helldin et al., 2012; Łopucki et al., 2017).

2) Efectos asociados al parpadeo de la sombra

Los animales con posibilidad de ser depredados (como los rumiantes domésticos) reaccionan a los movimientos que entran dentro de su campo de visión (Heesy, 2004; D'Angelo et al., 2008) y pueden, por lo tanto, reaccionar al movimiento de las palas de la turbina, tanto al impacto visual como a la vibración y al parpadeo de la luz de las palas giratorias (Skarin et al., 2018).

Es de destacar que en los animales la visión del espectro de colores se limita a los colores azul y verde, perciben los movimientos con cierta sensibilidad, pero con menos precisión

que los humanos (el ganado ve los movimientos de forma espasmódica, además su campo de visión es de 300 grados centesimales con un punto ciego en la parte trasera y una visión binocular de sólo 55 a 60 grados hacia adelante). Además, los animales tienen dificultad con los contrastes de luz y sombra (Lindkvist et al., 2023).

El parpadeo de sombras de las turbinas eólicas (en inglés "shadow flicker") se define como cambios alternos en la intensidad de la luz causados por las palas giratorias que proyectan sombras en el suelo y objetos estacionarios (Helldin et al., 2012). El impacto dependerá del ángulo del sol, estación del año y latitud. Un mayor impacto visual de las sombras se describe: 1) en aquellos pastos donde el cambio en la intensidad de la luz es más notorio; 2) cuando las turbinas giran entre 5 y 14 Hz (por debajo de 2,5 Hz y por encima de 40 Hz causarán menor impacto; 3) en áreas al este-noreste y oeste-noroeste de una turbina y 4) durante el invierno, ya que el sol está más bajo en el cielo que en verano, por lo que el trazado diario del efecto de parpadeo de la sombra se extenderá más lejos de la turbina.

El ganado en pastoreo se puede ver afectado por la rápida atenuación y brillo en momentos de sol brillante. Diferentes estudios y normativas sobre este efecto de parpadeo de sombras abogan como principal medida de mitigación el espaciamiento de las instalaciones eólicas (ej. Real Decreto 32/2006, mencionado en Martínez-Tossas et al., 2023).

Existen normativas, por ejemplo en Alemania (región de Baviera) y en Polonia que son más restrictivas empleando la regla 10 x diámetro del rotor en la planificación de la ubicación de la instalación, aunque debido a la crisis energética se han relajado, permitiendo excepciones (Mostegl et al., 2017) y, en cualquier caso, no se delimitan las distancias a las naves o lugares donde estén los animales.

3) Efectos asociados a sonidos no audibles o infrasonidos

En estudios realizados en seres humanos que viven a 2 km de un parque eólico se han documentado problemas de salud, con síntomas que van desde dolores de cabeza y trastornos del sueño hasta grados de estrés mayores (Pedersen et al., 2009; Shepherd et al., 2011). Tales síntomas se conocen como el síndrome de la turbina eólica y se atribuyen ampliamente a sonidos no audibles o infrasonidos (frecuencia inferior a 20 Hz) (Farboud et al., 2013; Harrison, 2015). Análogamente, teniendo en cuenta la capacidad de percepción auditiva del ganado, podrían producirse impactos similares en especies de ganadería.

En el caso de animales silvestres, en muestras de pelo de tejones localizados a 1 km de un parque eólico, se determinaron niveles de cortisol (indicador de estrés crónico) un 264 % superiores que en tejones a 10 km de un parque eólico. Esto demuestra que los tejones afectados sufren de una mayor actividad hipotálamo-pituitaria-suprarrenal y estarían estresados. Debe destacarse que no se encontraron diferencias entre los niveles de cortisol de tejones que viven cerca de parques eólicos al inicio de su funcionamiento y tras un periodo de 3 años, lo que podría indicar que estos animales no son capaces de habituarse a la perturbación de la turbina mientras que otros estudios muestran cierta adaptación en carnívoros, por lo que se puede concluir que la posibilidad de adaptación depende de la especie. Además, los niveles de cortisol en los tejones afectados no variaron en relación con la distancia de las turbinas en un radio de 1 km, independientemente de la estructura o número de turbinas presentes (Agnew et al., 2016).

En ganaderías porcinas, se estudió el efecto de turbinas eólicas a tres distancias diferentes (50, 500 y 1000 m de distancia de granjas porcinas) sobre las propiedades fisicoquímicas

y la composición de ácidos grasos de los músculos de las regiones corporales del lomo y cuello en sus animales (Karwowska et al., 2015). Se observó que el músculo *longissimus dorsi* de los cerdos criados a 50 m del aerogenerador tenía un contenido de hierro significativamente inferior al de los cerdos criados a 500 y 1000 m y la concentración de ácido α -linolénico (C18:3 n-3) (ácido graso esencial) en músculo disminuyó a medida que aumentaba la distancia a la turbina eólica, lo que podría relacionarse con cambios en el comportamiento alimentario de los animales en áreas próximas a las turbinas.

4) Efectos asociados a las líneas eléctricas de alto voltaje y campos geomagnéticos

Orientación espacial de los animales

Los receptores situados en la piel de los animales se utilizan para detectar presión, movimiento, temperatura y algunas condiciones patológicas dañinas como la inflamación. El ganado percibe temperaturas ambientales extremas, humedades relativas y/o velocidad del viento a través de termorreceptores, sequedad de la piel (particularmente en la garganta y fosas nasales) y mecanorreceptores. De esta manera, los animales aprenden a distinguir cuáles son los rangos de temperatura ambiental que coinciden con su zona de termoneutralidad y modifican su comportamiento en consecuencia, para encontrar las zonas más favorables. En el caso de los bovinos, son capaces de percibir otras sensaciones, siendo más sensibles a los campos eléctricos y magnéticos. Este efecto se incrementa cuando el aire es muy húmedo. Basándose en las características sensoriales de los organismos vivos, parece que han evolucionado al menos dos receptores diferentes para la detección de campos magnéticos, pero su ubicación celular y su base molecular no se han dilucidado por el momento (Pophof et al., 2023).

El campo magnético proporciona a los mamíferos su indicador de rumbo (orientación-dirección) para sincronizar el movimiento del grupo o rebaño (por ejemplo, durante el escape a un depredador), navegar y moverse por el planeta sin perderse. Los animales desarrollan lo que se conoce como magnetorrecepción que es la capacidad para usar el campo magnético de la tierra en su beneficio. La estrategia de alineación puede ayudar a los animales a “leer” de manera confiable y precisa sus mapas cognitivos y/o extender el rango de sus mapas cuando exploran entornos desconocidos. De esta forma, el ganado, al igual que otros animales terrestres, es sensible a los campos electromagnéticos que son necesarios para su percepción espacial y para su comportamiento.

Un estudio realizado en ovejas en pastoreo libre portadoras de dispositivos de posicionamiento global-GPS reveló que los animales tenían un comportamiento espacial diario circadiano y que sus movimientos estaban dirigidos mayormente en direcciones suroeste y noroeste que coincidían con la dirección de las curvas de nivel y los límites de la zona de pastoreo, sugiriendo que las ovejas pueden tener un mapa cognitivo de la zona de pastoreo (Plaza et al., 2022). Como se demostró, los cambios en las condiciones de pastoreo pueden modificar las conductas naturales de los animales.

El primer estudio científico sobre alineación magnética en mamíferos muestra que la orientación axial del cuerpo de cada animal dentro de un rebaño durante el descanso y el pastoreo se desvía significativamente del instinto que genera la magnetorrecepción en las proximidades de los parques eólicos (Begall et al., 2008). En el estudio mencionado, se utilizaron imágenes aéreas de Google Earth recopiladas de diferentes países en los seis continentes demostrando que el ganado prefiere alinear sus cuerpos a lo largo del eje Norte-Sur (Begall et al., 2008), hecho que se ve distorsionado en las proximidades de los parques eólicos.

Según lo descrito, el comportamiento de alineación depende de la densidad del rebaño durante el pastoreo. En un estudio posterior se registraron las posiciones de 2.235 individuos pertenecientes a 74 rebaños que se categorizaron según su densidad (atendiendo al contexto específico de su paisaje agroganadero). En rebaños bovinos con baja densidad (aproximadamente menos de seis animales por 1000 m²), los animales mostraron preferencia por la dirección Norte-Sur, mientras que en rebaños con densidad media (más de 6 animales, pero menos de 12 animales por 1000 m²) esta alineación se debilitó y la orientación corporal de los bovinos mantenidos en densidades más altas (más de 13 bovinos por 1000 m², lo que corresponde a una distancia de menos de 8 m entre individuos) era indistinguible de la aleatoria. Los autores argumentaron que la alineación magnética podría estar enmascarada por interacciones sociales en rebaños de alta densidad en la que los animales compiten por los recursos (Slaby et al., 2013), siendo en este caso una competencia por el espacio. Además, descubrieron que las distancias entre animales dentro de los rebaños (densidad del rebaño) afectan a su preferencia Norte-Sur, un nuevo fenómeno que da una idea de la importancia biológica de la alineación.

Las líneas eléctricas de alto voltaje interrumpen la alineación natural Norte-Sur de animales como vacas y cérvidos con el campo geomagnético. El ganado expuesto a campos magnéticos directamente debajo o en las proximidades de las líneas eléctricas se disponen en varias direcciones magnéticas exhibiendo distintos patrones de alineación, es decir, quedando aleatorizada su alineación natural y distorsionada su capacidad de orientación. En los aerogeneradores, las radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia se asocian a los equipos de producción y transformación, que están ubicados en la góndola a una altura de alrededor de 100 m y al transporte de electricidad. Este efecto perturbador

de los campos magnéticos de baja frecuencia disminuye con la distancia a las turbinas eólicas como también se mencionó para el impacto del ruido. Estos hallazgos constituyen una evidencia de impacto en grandes mamíferos al describirse cambios de comportamiento ante cambios en los campos magnéticos (Burda et al., 2009).

La sensibilidad del ganado a la corriente eléctrica y a los campos magnéticos es mayor que la de los humanos y varía entre individuos dentro de la misma especie, viéndose influenciada por las estaciones y el medio ambiente (aumento en el número de aparatos eléctricos, conductividad del equipo metálico en contacto con los animales y la humedad del suelo) (Lanier et al., 2000). En base a RRA, estos factores de riesgo alcanzarían mayor relevancia (riesgo mayor) en las zonas más húmedas.

El factor más determinante para que la electricidad produzca un daño en el animal es la intensidad de la corriente que circula por un tejido o fluido corporal. En animales se ha descrito sensación de hormigueo con intensidades eléctricas de 1 mA y percepción de dolor con 1-4 mA (Schulze et al., 2016). La resistencia eléctrica es alta para las aves de corral y el ovino con lana (al igual que sucede en los aturdimientos eléctricos al sacrificio; EFSA, 2021), y es más baja para las vacas y los cerdos, es decir, a los segundos les afecta más, presentando cambios de comportamiento como la evitación de la zona afectada. La resistencia de los humanos es de 2 a 10 veces mayor que la de los animales y además influye el hecho de que el humano va equipado con calzado aislante.

El ganado bovino puede detectar fácilmente cambios en las corrientes eléctricas de bajo nivel (Reinemann, 2012) que a menudo existen en las salas de ordeño, donde las condiciones de humedad y la conexión de la maquinaria a sus ubres hacen que el ganado cierre el circuito entre los dos polos del energizador, pasando la

electricidad por su cuerpo y recibiendo la descarga. Por tanto, el entorno inmediato que rodea al ganado puede favorecer la aparición de estas corrientes parasitarias (también denominadas “voltaje de contacto animal”).

Los campos electromagnéticos y las pérdidas eléctricas por acoplamientos entre instalaciones eléctricas y elementos metálicos (bebedero, cornadiza, entre otros) con aislamientos deficientes se manifiestan con descargas eléctricas recibidas por los animales al entrar en contacto con ambos puntos simultáneamente por lo que la corriente atraviesa el cuerpo del animal y vuelve al suelo a través de las extremidades (al establecerse una corriente entre las patas delanteras y traseras del animal) (Whiting, 2016).

Este fenómeno eléctrico también puede presentarse a medida que las estructuras metálicas se deterioran con el tiempo, lo que puede conducir a un efecto galvánico (tierra que comienza como conductor pobre y luego se convierte en un buen conductor de electricidad). Appleman y Gustafson (1985) establecieron que, siempre que los voltajes en el sistema neutro eléctrico de la granja permanezcan por debajo de 0,35 V, menos del 10 % de las vacas de leche de un rebaño perciben cualquier corriente eléctrica al entrar en contacto con el equipo conductor de puesta a tierra. A partir de 0,7 V observaron modificaciones del comportamiento y determinaron cambios en la respuesta endocrina de las vacas al alcanzar una intensidad eléctrica de al menos 8 mA.

El término corriente parasitaria suele aplicarse también a campos electromagnéticos, pero la exposición de los animales al campo electromagnético no permite establecer una asociación con síntomas patognomónicos para establecer un RRA. En realidad, las alteraciones observadas, como mastitis, cojera, y/o desequilibrios hormonales, pueden tener su origen en varias causas. Del mismo modo, los cambios de comportamiento observados

no son específicos de una perturbación eléctrica y/o magnética. Sin embargo, el hecho de que una vaca, que se supone que debe beber alrededor de 80 litros de agua por día sumergiendo su hocico en el agua, comience a beber como lo haría un gato, sugiere que las perturbaciones eléctricas pueden estar afectando al comportamiento del animal (Appleman y Gustafson 1985). Otra señal podría ser, como ya se ha mencionado, la negativa de un animal a ir a lugares específicos dentro de la granja con alto aparataje eléctrico (por ejemplo, a la instalación de ordeño) (Appleman y Gustafson, 1985).

El diagnóstico se basa en la observación de los cambios de comportamiento y en la realización de mediciones eléctricas. Para su prevención, se recomiendan revisiones periódicas de los niveles de corriente eléctrica, especialmente cuando se produzcan cambios en los sistemas eléctricos en el entorno donde se mantienen los animales.

5) Efectos de cambio del uso del hábitat disponible por los animales

El uso del hábitat difiere según la especie animal. Los herbívoros silvestres (como el corzo y la liebre europea) evitan las proximidades de los parques eólicos y la proximidad a las turbinas (Łopucki et al., 2017). Los niveles de ruido altos y permanentes pueden ser lo suficientemente molestos para que estas especies transiten por esas zonas con menos frecuencia y pasen menos tiempo por allí. En el caso de otros mamíferos herbívoros con fuerte comportamiento social, que operan mediante la formación de grupos, se observa un mayor efecto de estas estructuras y una reducción de los patrones de movimiento y de la capacidad de utilización de los pastos (Skoogland, 1984; Reimers et al., 2014).

En la puesta en funcionamiento de un parque eólico, el impacto más descrito es el cambio de entorno por parte de los animales silves-

tres, pero debe considerarse que las especies de ganadería no pueden evitar el lugar donde habitan o pastan. Por tanto, al estar en áreas acotadas y no tener capacidad para seleccionar otras áreas de pastoreo para minimizar el estrés, el ganado desarrolla una alteración mayor que la de los animales silvestres y, por tanto, el término más correcto es una modificación de curso más crónico en el uso del hábitat, donde el uso real de la tierra que empleen los animales será menor que el disponible. Su comportamiento natural (alimentación, descanso y comportamiento social durante la actividad del pastoreo) puede verse dificultado por su capacidad de conseguir alimento en zonas que ya no consideren seguras. En especies más gregarias (como es el caso de los rumiantes domésticos), se observa una mayor vulnerabilidad a estas estructuras y una reducción de los patrones de movimiento y de utilización de los pastos (Elgar, 1989). Es necesario mencionar que, además, la presión de pastoreo aumentará en las áreas más lejanas posibles a estas estructuras provocando sobrepastoreo y resultando, en cualquier caso, en una reducción en cómputo total del pastoreo por parte de los animales (Larsen, 2002). El sobrepastoreo reduce la utilidad, la productividad y la biodiversidad de la tierra y es una de las causas principales de erosión. El sobrepastoreo también puede causar la propagación de especies invasoras, de plantas no nativas y malezas.

Un estudio que se realizó para observar las consecuencias de someter a vacas en pastoreo a altas cargas ganaderas, sobre la temperatura subcutánea, la frecuencia cardíaca y su actividad, aportó información sobre el efecto de la adaptación de las vacas que pasan de bajas a altas cargas ganaderas. Si bien no encontraron diferencias significativas entre ambas, sí se observó un efecto de estas diferentes condiciones de espacio y cargas ganaderas en los ritmos circadianos de la temperatura subcutánea y la frecuencia cardíaca, lo que demuestra que aunque de

forma clínica no se adviertan translocaciones de sus estándares fisiológicos, sí cambian las rutinas naturales de fluctuación diaria (Palacios *et al.*, 2021).

En la fase de funcionamiento de los parques eólicos se ha registrado un impacto adverso más fuerte en la selección del hábitat que en la fase de construcción (Schöll y Nopp-Mayr, 2021). No obstante, en el caso de animales domésticos, deberíamos referirnos a uso del hábitat puesto que como se ha mencionado tienen limitada su capacidad de seleccionar el mismo. La información sobre la topografía y el tipo de cobertura vegetal del suelo junto con las posiciones de las turbinas eólicas podría ayudar a identificar hábitats sensibles y mejorar la planificación y ubicación de los parques eólicos.

Tras los trabajos de construcción de un parque eólico se ha descrito una rápida habituación a la perturbación en animales carnívoros salvajes. Sin embargo, la capacidad de adaptación varía según la especie, el sexo, la edad, el individuo, la época del año, el tipo y la frecuencia de las perturbaciones, por lo que, en general, no se puede presuponer la adaptación de los animales domésticos, que son además animales depredados (y no depredadores), ya que cuentan con mayores niveles de alarma (defensa contra la depredación) (Moreno Grande *et al.*, 2016).

Efectos de los huertos solares sobre la ganadería extensiva

Los paneles solares colocados en los huertos fotovoltaicos suelen describirse en la totalidad de los pocos estudios científicos disponibles como una herramienta para zonas degradadas (tierras con baja productividad agrícola) que puede generar sinergias con la ganadería (Nordberg *et al.*, 2021). Para que las ventajas sean mayores que los inconvenientes parece ser además fundamental evitar la falta de planificación, el uso indiscriminado y las instalaciones en zonas de alto valor agrícola o medioambiental.

Los trabajos sobre la coexistencia de paneles solares y ganadería se han realizado mayoritariamente en ganado ovino en contextos específicos. En zonas tropicales en Brasil, la sombra de los paneles solares parece reducir el impacto de la radiación solar sobre los animales en pastoreo (Maia *et al.*, 2020). La sombra de los paneles solares reduce la carga de calor radiante en los animales en un 30 %, la temperatura de la superficie de la lana de las ovejas en 10 °C y la temperatura de la piel de las ovejas en 1,5 °C, lo que contribuye a reducir su estrés térmico (Fonsêca *et al.*, 2023).

En contextos de pastoreo de ganado ovino en Estados Unidos, los paneles solares parecen ser un recurso para mejorar el aprovechamiento y la composición de la vegetación de pastos permanentes, cuya digestibilidad y contenido de proteína bruta se vería beneficiada por la presencia de sombra y humedad del suelo (Kampherbeek *et al.*, 2023). En ese mismo estudio, se comprobó que un pastoreo rotacional intensivo con una alta carga ganadera durante un día (800 ovejas/hectárea) provocaba un menor tiempo de pastoreo medio de los animales a lo largo de 16 días de estudio, respecto a un aprovechamiento con la misma carga ganadera pero en un intervalo rotacional de cuatro días. Los autores atribuyeron estos hallazgos a las condiciones de senescencia del forraje del estudio, que mostraba una baja calidad nutritiva media (70-75 % de fibra neutro-detergente y 4-8 % de proteína bruta), que fue mitigada por las ovejas con los intervalos de aprovechamiento de cuatro días, ya que pudieron realizar una mayor actividad de exploración y selección de especies y partes del forraje más palatables para su consumo voluntario. Las parcelas con paneles solares parecen mejorar el tiempo de descanso (animal acostado) y rumia en de-

trimento del tiempo de reposo de pie, independientemente de la intensidad de la rotación de uso. Esta modificación de la conducta podría indicar una mejora del bienestar animal, que a su vez se vería beneficiado por la posibilidad de que las ovejas puedan rascarse contra los postes en los que se montan los paneles solares (Kampherbeek *et al.*, 2023).

En una revisión bibliográfica sobre el uso compartido de la tierra entre paneles solares y producción forrajera, Mamun *et al.* (2022) identificaron que algunos estudios mostraban una menor temperatura del suelo e incidencia de radiación solar fotosintética debajo de los paneles los cuales, a su vez, ofrecían sombra al ganado. En dicha revisión, los autores argumentaron que el pastoreo era una técnica de interés para controlar la vegetación, pero que los costes de la instalación fotovoltaica podrían aumentar al tener que elevar la altura de los paneles para que pudieran acceder los animales.

En este sentido, Zaplata (2023) expuso que los parques solares cuya vegetación se aprovecha mediante pastoreo requieren además de una mayor inversión en vallados para proteger al ganado de depredadores silvestres, favoreciendo así su coexistencia y la conexión entre la generación de energía renovable, la preservación de la biodiversidad y las demandas sociales.

Andrew *et al.* (2021) evaluaron en dos años naturales el efecto de placas solares (separadas 6 m entre líneas) sobre la producción forrajera de una mezcla pratense de gramíneas y leguminosas y el rendimiento y consumo de agua de corderos destetados cebados en pastoreo. A pesar de la reducción de un 38 % de la oferta de forraje en las parcelas de placas solares, esta diferencia se compensó por una mayor calidad del forraje (mayor contenido de proteína bruta y menor contenido de carbohidratos estructurales), que permitió mantener la misma capacidad de carga ganadera entre parcelas. Además, el pastoreo en par-

celas con placas solares permitió reducir el consumo de agua de los corderos, ya que éstos pudieron mitigar mejor su estrés térmico.

Para mejorar la calidad de los pastos integrados en la tierra ocupada por paneles solares, se ha propuesto, además, la siembra de mezclas pratenses con especies melíferas (con flor) que favorezcan la presencia de los polinizadores y mejoren los servicios ecosistémicos de esas parcelas (Meyer *et al.*, 2023).

También se ha considerado que la coexistencia de pastoreo en terrenos con instalaciones de placas solares (sistema agrovoltaico) reduce ligeramente el impacto sobre el calentamiento global, ya que el pasto reemplaza parcialmente la necesidad de cultivos para la fabricación de piensos compuestos (como los cereales o la soja) y produce electricidad al mismo tiempo (Handler y Pearce, 2022). Más recientemente, se ha propuesto que los sistemas agrovoltaicos pueden permitir afrontar mejor las fluctuaciones inter-anales de cosecha en un contexto de cambio climático con más eventos extremos, al amortiguar mejor los efectos negativos de las heladas y las altas temperaturas sobre los cultivos y pastos, a la vez que reduciría su consumo de agua (Widmer *et al.*, 2024).

En el caso del bovino, Faria *et al.* (2023) evaluaron el uso de placas solares (3 m de altura mínima) como instalación de sombra para novillas (95 m² de pasto/m² de placa). Las novillas descansaron y rumiaron más tiempo debajo de las placas solares, especialmente en los períodos de mayor radiación, en los que además pudieron reducir su temperatura corporal y frecuencia respiratoria en comparación con las parcelas sin sombra. En ese trabajo, se estimó además la emisión de metano por parte de las novillas y se calculó que para compensar dicha emisión de gases mediante energía eléctrica renovable serían necesarios 4,1 m² de placas solares por animal, con una capacidad de cada módulo fotovoltaico de 335 vatios pico (Wp) y una eficiencia de 16,7 %.

Un último aspecto a considerar, en relación a la introducción del ganado en las instalaciones fotovoltaicas, es que las ganaderías cercanas a estas instalaciones tendrán acceso a zonas de pastos a las que antes no podían acceder, lo que conllevará una disminución de la compra de alimentos, principalmente forrajes, externos a la explotación, implicando esto una reducción del uso de energía no renovable y una disminución en las emisiones de gases efecto invernadero derivadas de la recolección, conservación y transporte hasta la explotación de estos alimentos, que ahora se estarían evitando (Mena et al., 2024).

Recomendaciones para la evaluación de los riesgos potenciales de exposición ambiental frente a estructuras asociadas a las energías renovables

En base a estos estudios previos, los autores insisten en que los impactos ambientales en las especies ganaderas no han sido evaluados con una visión integral. Aunque existe algu-

na información del efecto separado de diferentes tipos de factores perturbadores, hay incertidumbre sobre el efecto acumulativo (exposición multifactorial) a nivel individual del animal y de rebaño (EFSA, 2009). Es asimismo importante evaluar los efectos que también dependen del tamaño del proyecto y si existen o no otros proyectos colindantes, algo que parece no tenerse suficientemente en cuenta. Esta cuestión debería revisarse en España, sirva de ilustración la Figura 1 donde se pueden ver las ubicaciones de huertos solares y parques eólicos.

De alguna manera, la evaluación de riesgo debe contemplar de forma independiente la exposición al agente físico en cuestión (nivel de exposición y la parte atribuible de la exposición), la cronología de los trastornos, el diagnóstico diferencial y la documentación bibliográfica del vínculo entre el agente físico y el trastorno. Los autores han identificado en la Tabla 2 una propuesta de evaluación de impactos, medidas a realizar y umbrales de riesgos a partir de la bibliografía.

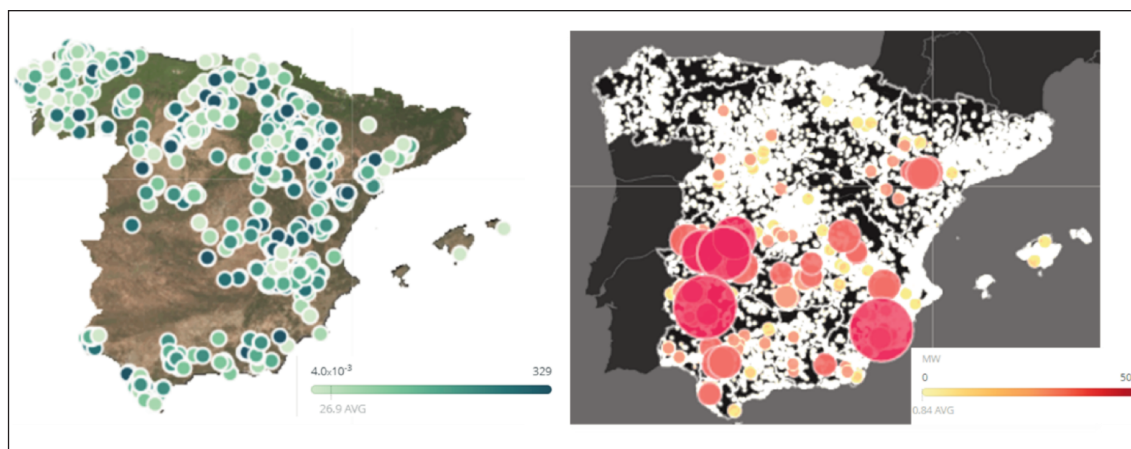


Figura 1. Instalaciones eólicas (izquierda) y fotovoltaicas (derecha) en España (avg = media de aerogeneradores o potencia eléctrica en MW) (Red Eléctrica de España, 2023).

Figure 1. Wind (left) and photovoltaic (right) facilities in Spain (avg = average number of wind turbines or electrical power in MW) (Red Eléctrica de España, 2023).

Tabla 2. Propuesta de evaluación de impactos, medidas a realizar y umbrales de riesgos a partir de la bibliografía.
Table 2. Proposal of impact assessment points, measures to be carried out and risk thresholds described.

Impacto	Sensores y medidas a realizar	Umbral del riesgo
Ruido/daño visual de las turbinas en operación	Medidas de sonido con sonómetro a 1 m de altura sobre el suelo. Distancia a la que se localizan de los animales respecto a los aerogeneradores/huertos solares.	Ruido <85 dB (decibelios) (Real Decreto 159/2023).
Electromagnetismo	Medidores de campo magnético a 1 m de altura, desde las turbinas/ placas solares (y de sus líneas eléctricas) hasta 200 m de distancia	Campo magnético <1 mG (miligauss) (McCallum et al., 2014).
Cambios de hábitat debajo de las turbinas/huertos solares	Análisis de circuitos de pastoreo del ganado. Ocupación del espacio. Reparto de actividades de comportamiento diario y estereotipias.	Reducción del pastoreo y del valor nutritivo de la vegetación debajo y alrededor de las instalaciones.

Los efectos sobre los mamíferos terrestres (ya sean silvestres o domésticos) rara vez se incluyen en las evaluaciones de impacto ambiental de los parques eólicos, lo que a su vez tiene el efecto de que se generan pocos conocimientos nuevos en los programas de monitorización o de estudio ambiental. A pesar de las investigaciones realizadas, no suele haber un seguimiento riguroso y documentado de las medidas correctoras y esta situación tan perjudicial sigue pesando sobre la población de animales presentes en las zonas donde se instalan las estructuras de generación de energías renovables.

En la evaluación del riesgo para el bienestar animal se debe considerar que pueden concurrir simultáneamente varios factores dentro de un mismo escenario de exposición y que, además, cada factor de riesgo podría afectar a uno o varios de los cuatro principios de bienestar (buena salud, buen alojamiento, buena alimentación y comportamiento ade-

cuado). Por medio de los efectos físicos más documentados que se presentan en esta revisión, se verán también comprometidos los Cinco Dominios para el bienestar animal propuestos por Mellor (2017): niveles de alimentación (Dominio 1) que minimizan el hambre y sed; que se le proporcione un ambiente adecuado (Dominio 2); que el animal esté libre de estrés físico (Dominio 3); que el animal sea capaz de mostrar la mayoría de sus patrones normales de conducta (Dominio 4); que el animal no experimente ni miedo ni distrés porque se garantizan las condiciones necesarias para evitar el sufrimiento mental (Dominio 5).

Las ganaderías disponen de mecanismos muy limitados para minimizar el impacto de los factores de riesgo de las infraestructuras de aerogeneradores. Cualquier estrategia de mitigación es inherente al propio parque eólico (modificar la ubicación y distancia de los parques eólicos a las ganaderías).

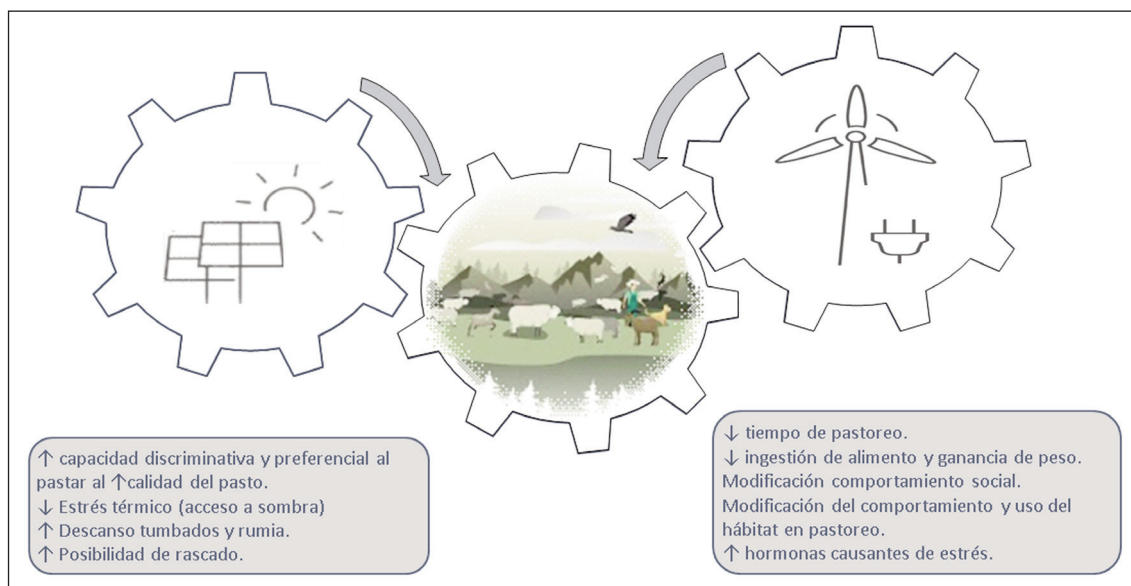


Figura 2. Impacto sobre la salud y bienestar animal de especies ganaderas en sistemas extensivos (medidos con indicadores basados en el animal y en el comportamiento ingestivo de animales que pastorean) a partir de instalaciones para la producción de energía renovable (aerogeneradores y paneles solares). Síntesis a partir de la bibliografía.

Figure 2. The impact of renewable energy installations (wind turbines and solar panels) on the health and welfare of livestock species in extensive systems (measured using indicators based on animal behaviour and grazing patterns). Synthesis from literature sources.

Entre las mayores implicaciones para avanzar en el estado del arte se especifica que la investigación que estudie los efectos de las energías renovables en el ganado requerirá proyectos integradores que tendrán que considerar los efectos multifactoriales de la exposición y si los efectos son sólo biológicos o si los eventos adversos para la salud pueden ser acumulativos y documentados de forma científica. Convendría enumerar los criterios que constituyen requisitos indispensables, velar por el cumplimiento de las buenas prácticas ganaderas, el cumplimiento de la normativa sanitaria, la eficacia del control previo de las explotaciones y los procedimientos de diagnóstico veterinario. Por ejemplo, se han comenzado a realizar peritajes de impacto de aerogeneradores en Francia (Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria de la Alimenta-

ción) y EEUU (Reinemann, 2012) en los que se han referido a los aspectos zootécnicos, veterinarios y eléctricos, así como a medidas de infrasonidos, una evaluación del contexto geológico y un análisis de las aguas de perforación (conductividad subsuelo) para realizar una evaluación más integral. En estas primeras experiencias se recomienda establecer un protocolo de evaluación normalizado para poder hacer frente rápidamente a cualquier situación similar que se produzca en una explotación. Esto debería permitir investigar las causas de los trastornos de forma global y no selectiva, integrando no sólo los agentes físicos sino también los aspectos sanitarios y zootécnicos.

Para mitigar los efectos de dichas estructuras sobre la ganadería deberían elaborarse es-

trategias de mitigación en la planificación de los nuevos parques eólicos y solares. Se están desarrollando sistemas inteligentes en base a radares meteorológicos en los parques eólicos para disminuir las colisiones con las aves silvestres, con tecnología de inteligencia artificial, que detectan el individuo, la especie a la que pertenece y su posible trayectoria, con el fin de detener el aerogenerador si es necesario (Cohen et al., 2022). Esta tecnología podría usarse también para reducir los impactos en el ganado de pastoreo libre.

Conclusiones

La bibliografía relacionada con el efecto de las estructuras físicas asociadas a las energías renovables y líneas eléctricas y su impacto en los animales domésticos es muy limitada. De acuerdo a los resultados de la revisión realizada y considerando RRA en el bienestar animal, existen múltiples agentes físicos y factores de riesgo y estrés involucrados y múltiples consecuencias para el animal.

Los agentes físicos asociados a estas estructuras pueden estar presentes durante un periodo determinado (exceptuando los ruidos repentinos) a diferentes niveles en periodos prolongados (como los parpadeos de sombras por el movimiento de las aspas) o ser factores presentes todo el tiempo (ruidos continuos, alteraciones campos magnéticos).

La investigación con enfoque multidisciplinar debe tener en cuenta tanto los agentes físicos como los aspectos sanitarios y zootécnicos. Las infraestructuras eólicas y solares podrían ejercer una perturbación de los animales domésticos manejados al aire libre.

En el caso de los aerogeneradores, las condiciones de la ubicación geográfica en la que se instalarán son determinantes en la severidad de los factores de riesgo que van a afectar a los animales. Las estrategias de mitigación deberían considerar la ubicación, magnitud y

distancia a las explotaciones ganaderas, pues los factores de riesgo son inherentes a la ubicación geográfica y estructura de estos elementos y por tanto son clave en la potencial severidad de los riesgos que afectan al bienestar animal.

La instalación de paneles solares debería considerar la posibilidad de integrar especies ganaderas que aprovechen al máximo la cobertura vegetal existente bajo las infraestructuras y, solo así, se podría mejorar el bienestar de los animales mediante un aporte de sombra que reduzca el estrés térmico e incremente la calidad del forraje y el tiempo de pastoreo.

Se recomienda mejorar el conocimiento de la sensibilidad del animal a nivel individual y de los posibles riesgos sobre la ganadería, sabiendo que pueden existir diferencias según el sistema de manejo. Asimismo se recomienda desarrollar protocolos para evaluar el bienestar animal utilizando métodos de análisis digitales (cámaras, dispositivos de seguimiento, y geoposicionamiento, entre otros), lo que permitirá una mayor precisión en las medidas y, por consiguiente, en la evaluación del efecto.

Referencias bibliográficas

- Agnew R.C.N., Smith V.J., Fowkes R.C. (2016). Wind turbines cause chronic stress in badgers (*Meles meles*) in Great Britain. *Journal of Wildlife Diseases* 52(3): 459-67. <https://doi.org/10.7589/2015-09-231>.
- Algers B., Jensen P. (1991). Teat stimulation and milk production during early lactation in sows: Effects of continuous noise. *Canadian Journal of Animal Science* 71: 51-60. <https://doi.org/10.4141/cjas91-006>.
- Andrew A.C., Higgins C.W., Smallman M.A., Graham M., Ates S. (2021). Herbage yield, lamb growth and foraging behavior in agrivoltaic production system. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5: 659175. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2021.659175>

- Appleman R.D., Gustafson R.J. (1985). Source of stray voltage and effect on cow health and performance. *Journal of Dairy Science* 68(6): 1554-1567. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80994-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80994-2).
- Arnold N.A., Ng K.T., Jongman E.C., Hemsworth P.H. (2007). The behavioural and physiological responses of dairy heifers to tape recorded milking facility noise with and without a pre-treatment adaptation phase. *Applied Animal Behaviour Science* 106: 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.07.004>.
- Barral M.Á., Ruíz Díez A., Prados M.-J., García-Marín R., Delicado A. (2023). Renewable energies and land use changes in the South of the Iberian Peninsula: a geographical interpretation of the national energy policies. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (97): 1-46. <https://doi.org/10.21138/bage.3356>.
- Begall S., Cervený J., Neef J., Vojtech O., Burda H. (2008). Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 13451-13455. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803650105>.
- Broom D.M. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142: 524-526. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(86\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0).
- Brouček J. (2014). Effect of noise on performance, stress, and behavior of animals. *Slovak Journal of Animal Science* 47(2):111-123.
- Brown C.L., Hardy A.R., Barber J.R., Frstrup K.M., Crooks K.R., Angeloni L.M. (2012). The effect of human activities and their associated noise on ungulate behavior. *PLoS ONE* 7(7): e40505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040505>.
- Burda H., Begall S., Cervený J., Neef J., Nemec P. (2009). Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *The Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(14): 5708-5713. <https://doi.org/10.1073/pnas.0811194106>.
- Burn C.C. (2008). What is it like to be a rat? Rat sensory perception and its implications for experimental design and rat welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 112: 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.02.007>.
- Cohen E.B., Buler J.J., Horton K.G., Loss S.R., Cabrera-Cruz S.A., Smolinsky J.A., Marra P.P. (2002). Using weather radar to help minimize wind energy impacts on nocturnally migrating birds. *Conservation Letters* 15: e12887. <https://doi.org/10.1111/conl.12887>.
- Colás Laguardia M.E. (2023). El principio de intervención mínima del derecho penal a través del estudio de los principales bienes jurídicos penalmente protegidos que pueden verse afectados por el impacto de los parques eólicos terrestres. En: *Vulnerabilidades y nuevas demandas sociales: un enfoque interdisciplinar desde las organizaciones* (Ed. Porto Pedrosa L., Sanagustín Fons M.V.), pp. 223-233. Dykinson, Madrid, España.
- D'Angelo G.J., Glasser A., Wendt M., Williams G.A., Osborn D.A., Gallagher G.R., Warren R.J., Miller K.V., Pardue M.T. (2008). Visual specialization of an herbivore prey species, the white tailed deer. *Canadian Journal of Zoology* 86: 735-743. <https://doi.org/10.1139/Z08-050>.
- ECDC (2019). Operational tool on rapid risk assessment methodology. European Centre for Disease Prevention and Control Estocolmo, Suecia. 18 pp.
- EFSA (2009). Fostering harmonised risk assessments approaches on animal health and welfare issues in the Member States. *EFSA Journal* 7(10): 1344. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1344>.
- EFSA (2021). Welfare of sheep and goats at slaughter. *EFSA Journal* 19(11): e06882. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6882>.
- Elgar M.A. (1989). Predator vigilance and group size in mammals and birds: A critical review of the empirical evidence. *Biological Reviews* 64(1): 13-33. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1989.tb00636.x>.
- Escribano-Avila G., Pettorelli N., Virgós E., Lara-Romero C., Lozano J., Barja J., Cuadra F.S., Puerta M. (2013). Testing Cort-Fitness and Cort-Adaptation hypotheses in a habitat suitability gradient for roe deer. *Acta Oecologica* 53: 38-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2013.08.003>.
- Farboud A., Crunkhorn R., Trinidad A. (2013). 'Wind turbine syndrome': fact or fiction?. *The Journal of Laryngology & Otology* 127: 222-226. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022215112002964>.

- Faria A.F.P.A., Maia A.S.C., Moura G.A.B., Fonsêca V.F.C., Nascimento S.T., Milan H.F.M., Gebremedhin K.G. (2023). Use of solar panels for shade for Holstein heifers. *Animals* 13(3): 329. <https://doi.org/10.3390/ANI13030329>.
- Fonsêca V.F.C., Culhari E.A., Moura G.A.B., Nascimento S.T., Milan H.M., Neto M.C., Maia A.S.C. (2023). Shade of solar panels relieves heat load of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 265: 105998. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105998>.
- Gygax L., Nosal D. (2006). Short communication: contribution of vibration and noise during milking to the somatic cell count of milk. *Journal of Dairy Science* 89: 2499-2502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72324-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72324-4).
- Handler R., Pearce J.M. (2022). Greener sheep: Life cycle analysis of integrated sheep agrivoltaic systems. *Cleaner Energy Systems* 3: 100036. <https://doi.org/10.1016/J.CLES.2022.100036>.
- Harrison R.V. (2015). On the biological plausibility of Wind Turbine Syndrome. *International Journal of Environmental Health Research* 25(5): 463-468. <https://doi.org/10.1080/09603123.2014.963034>.
- Head H.H., Kull R.C.Jr., Campos M.S., Bachman k.C., Wilcox C.J., Cline L.L., Hayen M.J. (1993). Milk yield, milk composition, and behavior of Holstein cows in response to jet aircraft noise before milking. *Journal of Dairy Science* 76: 1558-1567. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77489-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77489-5).
- Heesy C.P. (2004). On the relationship between orbit orientation and binocular visual field overlap in mammals. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular Cellular and Evolutionary Biology* 281(1):1104-10. <https://doi.org/10.1002/ar.a.20116>.
- Heffner H.E., Heffner R.S. (1993). Auditory perception. In: *Farm Animals and the Environment* (eds. Phillips C.J.C., Piggins D.), pp. 159-184. CABInternational, Wallingford, UK.
- Helldin J.O., Jung J., Neumann W., Olsson M., Skarin A., Widemo F. (2012). The impacts of wind power on terrestrial mammals. *Naturvårdsverket report no 6499 (en sueco)*. Swedish Environmental Protection Agency. 53 pp.
- Jakob-Hof R., Kingan M., Fenemore C., Schmid G., Cockrem J.F., Crackle A., Van Bommel E., Connor R., Descovich K. (2019). Potential impact of construction noise on selected zoo animals. *Animals* 9(8): 504. <https://doi.org/10.3390/ani9080504>.
- Kampherbeek E.W., Webb L.E., Reynolds B.J., Sista S.A., Horney M.R., Ripoll-Bosch R., Dubowsky J.P., McFarlane Z.D. (2023). A preliminary investigation of the effect of solar panels and rotation frequency on the grazing behavior of sheep (*Ovis aries*) grazing dormant pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 258: 105799. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105799>.
- Karwowska M., Mikołajczak J., Dolatowski Z.J., Borowski S. (2015). The effect of varying distances from the wind turbine on meat quality of growing-finishing pigs. *Annals of Animal Science* 15(4): 1043-1054. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0051>.
- Lanier J.L., Grandin T., Green R.D., Avery D., McGee K. (2000). The relationship between reaction to sudden, intermittent movements and sounds and temperament. *Journal of Animal Science* 78: 1467-1474. <https://doi.org/10.2527/2000.7861467x>.
- Larsen M. (2002). Konsekvenser av vindkraft for rennaringen i Jamtlands lan– en pilotstudie [Consecuencias de la energía eólica para la cría de renos en el condado de Jamtlands: un estudio piloto]. (*en sueco*). Mitthögskolan. 56 pp.
- Lindkvist S., Ferneborg S., Ståhlberg K., Bänkestad D., Ekesten B., Agenäs S., Ternman E. (2023). Effect of light intensity, spectrum, and uniformity on the ability of dairy cows to navigate through an obstacle course. *Journal of Dairy Science* 106(11): 7698-7710. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23469>.
- Łopucki R., Klich D., Gielarek S. (2017). Do terrestrial animals avoid areas close to turbines in functioning wind farms in agricultural landscapes? *Environmental Monitoring and Assessment* 189: 343. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6018-z>.
- Maia A.S.C., Culhari E.A., Fonsêca V.F.C., Maia M.H.F., Gebremedhin K.G. (2020). Photovoltaic

- panels as shading resources for livestock. *Journal of Cleaner Production* 258: 120551. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120551>.
- Mamun M.A.A., Dargusch P., Wadley D., Zulkarnain N.A., Aziz A.A. (2022). A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 161: 112351. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>.
- Martínez-Tossas L.A., Sakievich P., Churchfield M., Meneveau C. (2023). Generalized filtered lifting line theory for arbitrary chord lengths and application to wind turbine blades. *Authorea*. <https://doi.org/10.22541/au.167715703.38747382/v1>.
- McCallum L.C., Whitfield Aslund M.L., Knopper L.D., Ferguson G.M., Ollson C.A. (2014). Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada: is there a human health concern? *Environmental Health* 13: 9. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-9>.
- Mellor D.J. (2017). Operational Details of the Five Domains Model and its key applications to the assessment and management of animal welfare. *Animals* 7(8): 60. <https://doi.org/10.3390/ani7080060>.
- Mena Y., Morales-Jerrett E., Soler-Montiel M., Perez-Neira D., Mancilla-Leyton J.M. (2024). Energetic and monetary analysis of efficiency in family-owned dairy goat production systems in Andalusia (Southern Spain). *Animals* 14: 104. <https://doi.org/10.3390/ani14010104>.
- Meyer M.H., Dullau S., Scholz P., Meyer M.A., Tischew S. (2023). Bee-friendly native seed mixtures for the greening of solar parks. *Land* 12: 1265. <https://doi.org/10.3390/land12061265>.
- Molitorisová A., Burke C. (2022). Farm to fork strategy: Animal welfare, EU trade policy, and public participation. *Applied Economic Perspectives and Policy* 45(2): 881-910. <https://doi.org/10.1002/aepp.13326>.
- Moreno Grande A., Yllera Fernández M.M., Puerta Villegas J.L., Blanco-Penedo I., Lima Cerqueira J., Araújo J.P., Camiña García M., Cantalapiedra Álvarez J. (2016). Benestar Animal. Comportamento dos animais de produção domésticos e de companhia. Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural e do Mar. 124 pp.
- Morgan K.N., Tromborg C.T. (2007). Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102: 262-302. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.032>.
- Mostegl N.M., Pröbstl-Haidera U., Haider W. (2017). Spatial energy planning in Germany: Between high ambitions and communal hesitations. *Landscape and Urban Planning* 167: 451-462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.013>.
- Nordberg E.J., Caley M.J., Schwarzkopf L. (2021). Designing solar farms for synergistic commercial and conservation outcomes. *Solar Energy* 228(1): 586-593. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.090>.
- OECD (2012). Linking Renewable Energy to Rural Development. OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, Paris, Francia. 352 pp. <https://doi.org/10.1787/9789264180444-en>
- OIE (2018). EU comments on the OIE Terrestrial and Aquatic Codes and Manuals. Ref. Ares 6394899.
- Olczak K., Penar W., Nowicki J., Magiera A., Kloczek C. (2023). The role of sound in livestock farming-selected aspects. *Animals* 13: 2307. <https://doi.org/10.3390/ani13142307>.
- Otten W., Kanitz E., Puppe B., Tuchscherer M., Brüssow K.P., Nürnberg G., Stabenow B. (2004). Acute and long term effects of chronic intermittent noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenomedullary axis in pigs. *Animal Science* 78: 271-283. <https://doi.org/10.1017/S1357729800054060>.
- Palacios C., Plaza J., Abecia J.A. (2021). A high cattle-grazing density alters circadian rhythmicity of temperature, heart rate, and activity as measured by implantable bio-loggers. *Frontiers in Physiology* 1134. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.707222>.
- Pedersen E., van den Berg F., Bakker R., Bouma J. (2009). Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *Journal of the Acoustical Society of America* 126(2): 634-643. <https://doi.org/10.1121/1.3160293>.
- Phillips C.J.C. (2009). Housing, handling and the environment for cattle. En: *Principles of Cattle*

- Production, 2ª edición (Ed. Phillips C.J.C.), pp. 95-128. CABI Digital Library. <https://doi.org/10.1079/9781845933975.0095>
- Plaza J., Palacios C., Abecia J.A., Nieto J., Sánchez-García M., Sánchez N. (2022). GPS monitoring reveals circadian rhythmicity in free-grazing sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 251: 105643. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105643>.
- PNIEC (2020). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/plan-nacional-integrado-energia-clima/plannacionalintegradodeenergiasclima2021-2030_tcm30-546623.pdf (consultado: 19 septiembre 2024).
- Pophof B., Henschenmacher B., Kattinig D.R., Kuhne J., Vian A., Ziegelberger G. (2023). Biological effects of electric, magnetic, and electromagnetic fields from 0 to 100 MHz on Fauna and flora: workshop report. *Health Physics* 124(1): 39-52. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001624>.
- Rabin L.A., McCowan B., Hooper S.L., Owings D.H. (2003). Anthropogenic noise and its effect on animal communication: an interface between comparative psychology and conservation biology. *International Journal of Comparative Psychology* 16: 172-192. <https://doi.org/10.4686/7/C4F59P>.
- Rabin L.A., Coss R.G., Owings D.H. (2006). The effects of wind turbines on antipredator behaviour in California ground squirrels (*Spermophilus beecheyi*). *Biological Conservation* 131: 410-420. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.016>.
- Real Decreto 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción. Boletín Oficial del Estado, núm. 250, de 19 de octubre de 2006, pp. 36317-36323. <https://www.boe.es/eli/es/l/2006/10/18/32>.
- Real Decreto 159/2023, de 7 de marzo, por el que se establecen disposiciones para la aplicación en España de la normativa de la Unión Europea sobre controles oficiales en materia de bienestar animal, y se modifican varios reales decretos. Boletín Oficial del Estado, núm. 57, de 8 de marzo de 2023. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/03/07/159/con>
- Red Eléctrica de España, (2023) Mapas de Interés. disponible en <https://www.esios.ree.es/es/mapas-de-interes/> (consultado: 10 septiembre de 2024).
- Reimers E., Tsegaye D., Colman J.E., Eftestøl S. (2014). Activity patterns in reindeer with domestic vs. wild ancestry. *Applied Animal Behaviour Science* 150: 74-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2013.10.010>.
- Reinemann D.J. (2012). Stray voltage and milk quality: a review. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 28(2): 321-345. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.008>.
- Schöll E.M., Nopp-Mayr U. (2021). Impact of wind power plants on mammalian and avian wildlife species in shrub- and woodlands. *Biological Conservation* 256: 109037. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109037>.
- Schulze C., Peters M., Baumgärtner W., Wohlsein P. (2016). Electrical injuries in animals: causes, pathogenesis, and morphological findings. *Veterinary Pathology* 53(5): 1018-1029. <https://doi.org/10.1177/0300985816643371>.
- Shannon G., McKenna M.F., Angeloni L.M., Crooks K.R., Fristrup K.M., Brown E., Warner K.A., Nelson M.D., White C., Briggs J., McFarland S., Wittemyer G. (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews* 91: 982-1005. <https://doi.org/10.1111/brv.12207>.
- Shepherd D., McBride D., Welch D., Dirks K.N., Hill E.M. (2011). Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise Health* 13(54): 333-339. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.85502>.
- Silva L., Sareen S. (2021). Solar photovoltaic energy infrastructures, land use and sociocultural context in Portugal. *Local Environment* 26(3): 347-363. <https://doi.org/10.1080/13549839.2020.187091>.
- Skarin A., Sandström P., Alam M. (2018). Out of sight of wind turbines-Reindeer response to wind farms in operation. *Ecology and Evolution* 8(19): 9906-9919. <https://doi.org/10.1002/ece3.4476>.
- Skogland T. (1984). Wild reindeer foraging-niche organization. *Holarctic Ecology* 7: 345-379.

- Slaby P., Tomanova K., Vacha M. (2013). Cattle on pastures do align along the North-South axis, but the alignment depends on herd density. *Journal of Comparative Physiology A Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 199(8):695-701. <https://doi.org/10.1007/s00359-013-0827-5>.
- Whiting T.L. (2016). Pain in human and non-human animals caused by electricity. *Canadian Veterinary Journal* 57(8): 883-886.
- Widmer J., Christ B., Grenz J., Norgrove L. (2024). Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 192: 114277. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2023.114277>.
- Zaplata M.K. (2023). Solar parks as livestock enclosures can become key to linking energy, biodiversity and society. *People and Nature* 5(5): 1457-1463. <https://doi.org/10.1002/PAN3.10522>.
- (Aceptado para publicación el 16 de septiembre de 2024)

Efectos del enriquecimiento ambiental en la producción, salud y comportamiento de conejos de carne.

Revisión sistemática

Patricia Katusca Cumbe-Nacipucha^{1,*}, Erik Sandor Valencia-Kanut²,
Karen Melissa Cardona-Gómez³ y Juan Carlos Domínguez-Tejerina²

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Guayaquil, Ecuador.

² Universidad de León, Facultad de Veterinaria, León, España.

³ Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá D.C, Colombia.

Resumen

La aplicación de técnicas de enriquecimiento ambiental en la producción de carne puede ofrecer beneficios significativos para el bienestar animal, garantiza una producción eficiente y sostenible, reduce comportamientos indeseables y mejora la salud de los animales. El objetivo del presente trabajo fue analizar de forma sistemática los tipos de enriquecimiento ambiental y su efecto sobre la producción, la salud y el comportamiento en conejos de carne en sistema intensivo. Se realizó una búsqueda electrónica de artículos según la metodología de revisión sistemática PRISMA. Se seleccionaron artículos de la base de datos Scopus, PubMed, Web of Science y otras bases de datos en lengua inglesa de los últimos cinco años, y se siguieron criterios de inclusión y exclusión. Los resultados sugieren que las diversas técnicas de enriquecimiento ambiental, solas o combinadas, podrían tener efectos beneficiosos en la producción con el aumento de peso y mejor calidad de pelaje. Efectos en la salud, al reducir las lesiones, mejorar el sistema inmunológico, la función digestiva y disminuir el estrés. En lo que se refiere a los efectos en el comportamiento, aumenta el comportamiento exploratorio, el ejercicio físico, reduce la agresividad, permite la manifestación de comportamientos propios de la especie y disminuye los comportamientos estereotipados. Por tanto, las investigaciones sobre la combinación de diferentes tipos de enriquecimiento ambiental podrían proporcionar información valiosa para mejorar el bienestar y la producción de conejos.

Palabras clave: *Oryctolagus cuniculus*, rendimiento reproductivo, ganancia de peso, bienestar, estrés, PRISMA.

Effects of environmental enrichment on production, health and behaviour of meat rabbits.

Systematic review

Abstract

The application of environmental enrichment techniques in meat production can offer significant benefits for animal welfare, ensure efficient and sustainable production, reduce undesirable behaviours and improve animal health. The aim of this study was to systematically analyse the types of environmental en-

* Autor para correspondencia: patricia.cumben@ug.edu.ec

Cita del artículo: Cumbe-Nacipucha P.K., Valencia-Kanut E.S., Cardona-Gómez K.M., Domínguez-Tejerina J.C. (2025). Efectos del enriquecimiento ambiental en la producción, salud y comportamiento de conejos de carne. Revisión sistemática. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 39-55. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.015>



richment and their effect on production, health and behaviour in meat rabbits in an intensive system. An electronic search for articles was carried out using the PRISMA systematic review methodology. Articles were selected from Scopus, PubMed, Web of Science, and other databases in the English language from the last five years, and inclusion and exclusion criteria were followed. The results suggest that the various environmental enrichment techniques alone or in combination could have beneficial effects on production with weight gain and improved coat quality. Health effects, by reducing injuries, improved immune system, digestive function, and reduced stress. In terms of behavioural effects, it increases exploratory behaviour, physical exercise, reduces aggression, allows the display of species-specific behaviours, and decreases stereotypical behaviour. Therefore, research on the combination of different types of environmental enrichment could provide valuable information to improve the welfare and production of rabbits.

Keywords: *Oryctolagus cuniculus*, reproductive performance, weight gain, welfare, stress, PRISMA.

Introducción

El género *Oryctolagus* y especie *cuniculus* se destaca por tener propiedades nutricionales ideales para el consumo, por lo que se considera una opción económica de ganado debido a su tamaño pequeño, espacio reducido de crianza, bajo consumo de alimento y menor requerimiento de labores operativas en comparación de otras especies de producción. La carne de conejo es muy apreciada por el alto valor nutritivo, contiene excelentes niveles de proteína (Ebeid et al., 2022), y es baja en grasa, lo que la convierte en una alternativa alimenticia saludable en comparación con la carne de pollo, bovina y porcina (Nistor et al., 2013). A nivel mundial, la producción de carne de conejo durante el año 2020 fue de 893.631 toneladas, con una elevada estimación productiva en Asia 67,5 %, seguido por Europa 19,6 %, África 11,12 % y América 1,7 % (FAOSTAT, 2022).

La crianza de conejos para la producción de carne se realiza comúnmente en sistemas intensivos debido a la facilidad para organizar los tiempos de producción y optimización del espacio, teniendo en cuenta los principios básicos de bienestar animal (buena alimentación, buen alojamiento, buena salud y comportamiento apropiado; según Welfare Quality®) puesto que pueden presentarse problemas de bienestar animal en las diver-

sas etapas productivas con efectos adversos sobre la producción, la salud y el comportamiento del animal (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) et al., 2020). Según Dalmau et al. (2020), los principales problemas que afectan el bienestar de los conejos en producción de carne son: ausencia de plataformas, espacio disponible reducido, baja altura de la jaula, falta de protección de las hembras en jaulas individuales adyacentes a otras hembras y ausencia de material de enriquecimiento. Además, numerosos problemas de salud como diarrea, pododermatitis ulcerosa, mastitis, dermatomicosis en hembras y diarrea en las camadas son otros problemas que pueden afectar la producción de conejos (Pasqualin et al., 2021). En las granjas, las conejas se encuentran constantemente en estado de gestación y lactancia; en este último período muestran mayor agresividad, principalmente en los períodos pre y post parto, lo que puede incrementar las tasas de infanticidio y lesiones (Dal Bosco et al., 2019; Machado et al., 2019).

La producción de conejos en ambientes estériles o en instalaciones inapropiadas en su diseño (Trocino et al., 2019 y 2022) dificulta la expresión de comportamientos propios de la especie como los contactos sociales, el descanso, la construcción de nidos, el ocultamiento, la exploración, la búsqueda de alimento y el roer. Si no se satisfacen estas

necesidades se produce estrés, con el riesgo de presentar estereotipias y agresión. Por lo tanto, compromete el bienestar del animal y, como consecuencia, la disminución en la economía de la granja.

El enriquecimiento ambiental ha sido utilizado como una estrategia para mejorar el bienestar animal en granjas de producción (Bolt y George, 2019; van de Weerd e Ison, 2019; Xu et al., 2022; Jacobs et al., 2023). Según Sztainberg y Chen (2010), el enriquecimiento ambiental facilita una mayor estimulación sensorial, cognitiva y motora en relación con las condiciones de alojamiento en jaulas estándar. En conejos se han utilizado diferentes tipos de enriquecimiento como cajas, tubos de ocultación, plataformas elevadas, alimentos adicionales como paja, cubos de alfalfa o palos de madera para satisfacer la necesidad de masticación de los animales. Además, el enriquecimiento ambiental aumenta la expresión de los comportamientos específicos de la especie (Huang et al., 2021a), lo cual es muy importante para asegurar el bienestar en la crianza de conejos en sistemas intensivos.

Cabe mencionar que, el uso de enriquecimiento ambiental no está determinado en las leyes de todo el mundo, sin embargo, existen organizaciones acreditadas que regulan el enriquecimiento ambiental como la RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals; Taylor et al., 2023). Además, la EFSA de la Unión Europea emite recomendaciones científicas para la cría de conejos de carne en donde se considera el enriquecimiento ambiental (AHAW et al., 2020).

Es primordial revisar las diversas técnicas de enriquecimiento ambiental en conejos para responder las siguientes preguntas: ¿Qué tipos de enriquecimiento ambiental provocan un efecto positivo en el bienestar de los conejos de producción de carne? ¿Cuáles son los enriquecimientos ambientales que mejores resultados han mostrado para cada una

de las diferentes etapas de producción de conejos de carne?

El objetivo general del presente trabajo es analizar de forma sistemática los tipos de enriquecimiento ambiental y el efecto sobre la producción, la salud y el comportamiento en conejos de carne de sistema intensivo. Todo ello, con la intención de proporcionar a los productores y profesionales del sector de conejos información sobre diferentes alternativas de enriquecimiento ambiental, y así, contribuir al bienestar de conejos en producción intensiva.

Metodología

Se realizó una búsqueda electrónica y sistemática de artículos siguiendo la metodología de revisión sistemática establecida en las guías internacionales PRISMA (Page et al., 2021).

Origen de la información y estrategia de búsqueda

Se identificaron estudios relevantes utilizando bases de datos en línea, como Scopus, PubMed, Web of Science y otras. Se eligieron estas bases de datos por incluir artículos científicos revisados por pares que han pasado un riguroso proceso de revisión. La búsqueda se limitó al periodo de enero de 2018 a diciembre de 2022 (5 años). Se realizaron búsquedas utilizando el operador booleano con los siguientes términos: "environmental" AND "enrichments" AND "welfare" AND "behaviour" AND "rabbits". Los términos se incorporaron en los buscadores de diversas revistas indexadas para identificar los artículos. Se utilizó el software zotero para administrar las referencias bibliográficas y almacenar y organizar los artículos científicos obtenidos en las búsquedas. Los resultados se tabularon y analizaron en Excel.

Criterio de elegibilidad

Criterios de inclusión

1. Artículos de investigación con resultados experimentales sobre los tipos y efectos de enriquecimiento ambiental en conejos de producción.
2. Artículos de investigación con resultados experimentales sobre las etapas productivas en las que se aplica cada método de enriquecimiento ambiental.
3. Artículos de investigación con tratamientos experimentales específicos y controlados.
4. Artículos escritos en idioma inglés.
5. Artículos publicados entre enero de 2018 y diciembre de 2022.

Criterios de exclusión

1. Artículos duplicados, informes, guías, manuales, capítulos de libros, disertaciones, documentos de conferencias o congresos y notas técnicas.
2. Estudios experimentales que no describen ningún efecto productivo, fisiológico o de comportamiento.
3. Estudios realizados en conejos en sistema extensivo.
4. Estudios en conejos de laboratorio y compañía.
5. Estudios en especies animales diferentes a la especie objetivo.
6. Artículos de revisión.
7. Artículos sin tratamientos experimentales.

Extracción de datos

Después de eliminar los artículos duplicados, se examinaron títulos y resúmenes de forma independiente y se eliminaron artículos según los criterios de exclusión. Luego, se revisaron los textos completos de los estudios seleccionados. El cribado se realizó sobre la base de los criterios de inclusión predeterminados.

Se crearon tablas para extraer, recopilar y organizar la información de cada artículo. La información contenida en tablas fue tipos de enriquecimiento ambiental: social (permite interacción entre individuos), ocupacional (adición de objetos para entretener), físico (modificación en la infraestructura), sensorial (promueve el uso de uno o más sentidos) y nutricional (suplemento para proveer carencias), descripción del enriquecimiento, etapa productiva (engorde y la reproducción), efectos (producción, salud o comportamiento) y referencia (autor, año de publicación).

Para el análisis se empleó la técnica de revisiones sistemáticas con enfoque deductivo. Esto implicó examinar los diferentes tipos de enriquecimiento ambiental empleados en las diversas etapas productivas (hembras reproductoras y gazapos de engorde) y evaluar los beneficios a nivel productivo, de salud y comportamiento en conejos de carne (ver etapas Figura 2).

Distribución de datos

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la búsqueda en las bases de datos de artículos científicos (Moher et al., 2009). Se obtuvieron 69 documentos correspondientes al periodo de tiempo entre 2018 y 2022. Después de excluir duplicados ($n = 12$), quedaron 57 registros. Luego, se revisaron títulos y resúmenes, y se excluyeron estudios en conejos de laboratorio, estudios sin tratamientos experimentales, estudios en especies diferentes, revisiones, guías, manuales y notas técnicas, estudios piloto y estudios en sistemas extensivos. De este filtro se obtuvieron 11 artículos, que se revisaron para corroborar que cumplieran con los criterios de inclusión. Estos artículos se consideraron para la revisión sistemática. Todos los artículos señalaban estudios con diversos tipos de enriquecimiento ambiental y al menos un efecto en conejos de producción.

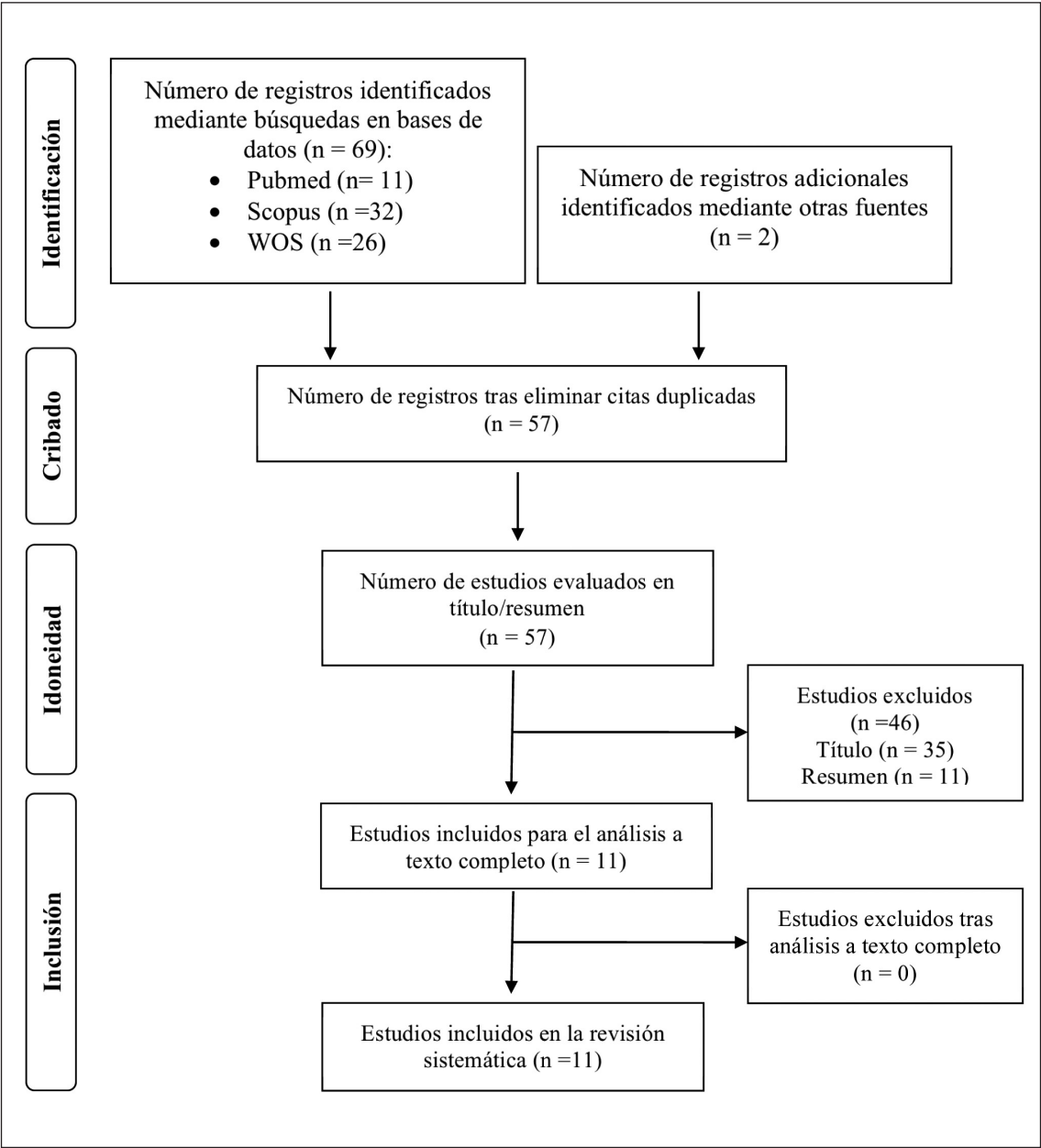


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles.
Figure 1. PRISMA Flow Diagram in four stages.

Resultados

Los estudios examinados en esta revisión utilizaron enriquecimiento ambiental de tipo físico, social, ocupacional, sensorial y nutricional en la producción de conejos de engorde, así como en conejas reproductoras (Figura 2).

Todos los estudios tenían el objetivo explícito de mejorar las condiciones de vida de los conejos en sistemas intensivos de producción. Por lo tanto, diseñaron experimentos con diversos tipos de enriquecimiento ambiental. Algunos estudios combinaron más de dos tipos de enriquecimiento ambiental. De los artículos examinados en esta revisión, el 27,27 % fue enriquecimiento de tipo ocupacional y sensorial, el 18,18 % combinó enriquecimiento físico y social. De igual forma, el 18,18 % combinó enriquecimiento físico, social y ocupacional. La combinación físico, ocupacional y nutricional fue de 9,09 %. Así mismo, en la combinación físico, social, ocupacional, y nutricional el porcentaje fue de 9,09 %. Además, tanto para el enriquecimiento físico como para el enriquecimiento nutricional fue de 9,09 %.

Los estudios de enriquecimiento de tipo físico consistían en modificaciones en el diseño de las jaulas, mientras que en el enriquecimiento social se realizaron modificaciones a las jaulas, de forma que permitieran la interacción entre conejos y, con ello, la socialización. El enriquecimiento ocupacional consistía en la aplicación de diversos objetos y sustratos para la manipulación y expresión de los comportamientos naturales de la especie como juguetes, trozos de madera y/o rascadores. El enriquecimiento nutricional se realizó con bloques de heno o forraje compacto que brinda a los conejos la oportunidad adicional de obtener nutrientes esenciales en su dieta.

Todos estos estudios provocaron de manera diferenciada efectos (Figura 2) tanto positivos como negativos en la salud, producción y comportamiento de conejos de producción cárnica.

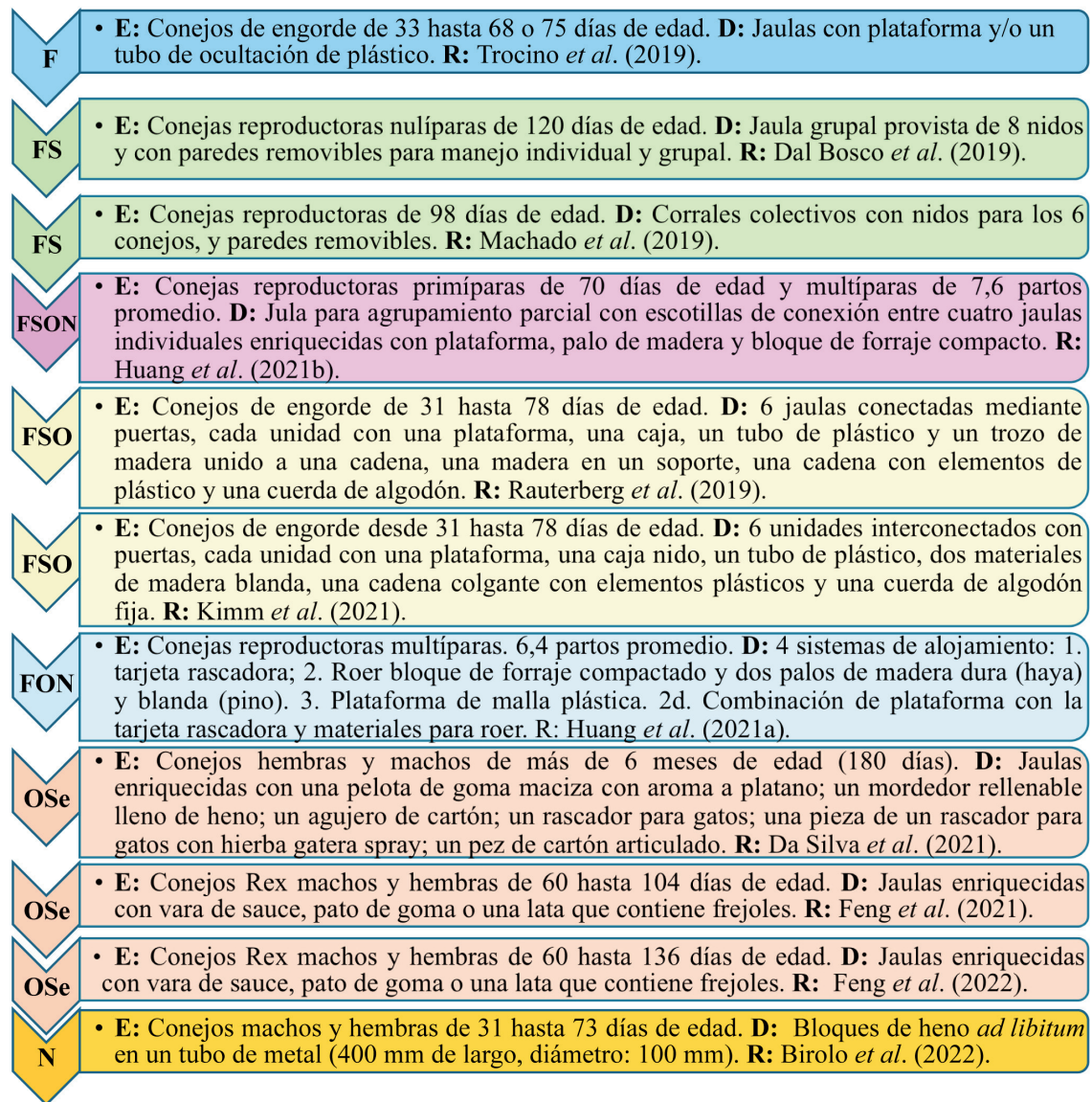
En todos los estudios consultados de enriquecimiento ambiental en la producción de conejos (Tabla 1) hubo grupos de tratamiento con la aleatorización de los animales para cada experimento. El 72,72 % de las publicaciones analizadas consideraron la variable producción. En cambio, el 45,45 % de las publicaciones analizadas consideraron la variable salud en el estudio. En referencia al comportamiento, el 63,63 % de las publicaciones analizadas consideraron la variable comportamiento como efecto del enriquecimiento ambiental aplicado en las jaulas de producción.

Discusión

En el presente estudio, se analizaron diferentes tipos de enriquecimiento ambiental en diversas etapas del proceso productivo y el efecto en la producción, salud y comportamiento de conejos de carne en sistemas de producción intensiva; se presentan los aspectos más relevantes de las fuentes bibliográficas revisadas y el análisis crítico de los mismos.

Efectos Productivos

En estudios de enriquecimiento físico realizado por Trocino et al. (2019), observaron que la colocación de una plataforma en las jaulas de conejos de engorde no tuvo un efecto significativo en la producción, pero la introducción de un tubo de escondite provocó un efecto adverso, ya que el crecimiento de los conejos se redujo. El tubo de plástico utilizado en el estudio tenía un diámetro de 20 cm y una longitud de 50 cm. Aunque inicialmente los conejos pudieron haber utilizado el tubo como refugio, posteriormente pudo haberse convertido en un obstáculo generador de estrés, lo cual afectó el peso de los animales. Sin embargo, los autores concluyen que se requieren más estudios para determinar las características óptimas de los tubos en las jaulas de producción grupal de co-



E: Etapa productiva; D: Descripción del enriquecimiento; R: Referencia. Tipos de enriquecimiento: F: Físico; FS: Físico y social; FSON: Físico, social, ocupacional y nutricional; FSO: Físico social y ocupacional; FON: Físico, ocupacional y nutricional; OSe: Ocupacional y sensorial; N: Nutricional.

Figura 2. Tipos de enriquecimiento y etapas productivas en conejos.

Figure 2. Types of enrichment and productive stage in rabbits.

Tabla 1. Efectos del enriquecimiento ambiental en conejos de carne.

Table 1. Effects of environmental enrichment in meat rabbits.

Tipos de EA	Pro	Sa	Comp	Referencia
Físico	–	–	+	Trocino <i>et al.</i> , 2019
Físico y social	+	NC	+	Dal Bosco <i>et al.</i> , 2019
Físico y social	–	NC	NC	Machado <i>et al.</i> , 2019
Físico, social, ocupacional y nutricional	–	–	NC	Huang <i>et al.</i> , 2021b
Físico, social y ocupacional	+	–	NC	Rauterberg <i>et al.</i> , 2019
Físico, social y ocupacional	NC	NC	+	Kimm <i>et al.</i> , 2021
Físico, ocupacional y nutricional	SD	NC	+	Huang <i>et al.</i> , 2021a
Ocupacional y sensorial	+	+	NC	Feng <i>et al.</i> , 2021
Ocupacional y sensorial	NC	+	+	Feng <i>et al.</i> , 2022
Ocupacional y sensorial	NC	NC	+	Da Silva <i>et al.</i> , 2021
Nutricional	+	NC	+	Birolo <i>et al.</i> , 2022

EA: Enriquecimiento ambiental; Pro: Producción; Sa: Salud; Comp: Comportamiento; +: efectos positivos; –: efectos negativos; NC: variable no considerada; SD: sin diferencias.

nejos en crecimiento (Trocino *et al.*, 2019), así como la ubicación más apropiada dentro de las jaulas de producción. Por otro lado, se ha reportado en estudios previos que las plataformas no tienen influencia sobre los parámetros productivos de conejos en crecimiento (Lang y Hoy, 2011; Matics *et al.*, 2018). Por tanto, las plataformas elevadas y tubos de escondite parecen no mejorar los parámetros productivos de los conejos en crecimiento.

En cambio, el enriquecimiento físico y social mediante el alojamiento en grupo de conejas reproductoras en jaulas con paredes desmontables para la interacción social, ha demostrado mejorar los parámetros reproductivos en comparación con el alojamiento grupal permanente (Dal Bosco *et al.*, 2019). Cabe señalar, que las paredes desmontables permiten individualizar las conejas cuatro días antes del parto (para evitar molestias de

parte de otras hembras) y, a su vez, permiten reagrupar las hembras con sus crías una semana después. En un alojamiento grupal, la competencia por recursos y territorio aumenta el estrés social lo que, a su vez, deriva en resultados bajos en los parámetros reproductivos. No obstante, las conejas en alojamiento individual presentaron una mayor receptividad, una mayor tasa de fertilidad, un mayor número de crías nacidas vivas y una más alta producción de leche (Dal Bosco *et al.*, 2019). Así mismo, Braconnier *et al.* (2020) mencionan que el alojamiento en semigrupos de conejas reproductoras reduce la producción y el éxito reproductivo en comparación con el alojamiento individual. Esto es porque el alojamiento individual puede proporcionar un entorno sin eventos agresivos, lo que podría ser más beneficioso para la salud reproductiva de las conejas, aunque sin la expresión del comportamiento gregario.

En otro estudio, Machado *et al.* (2019) observaron que la agrupación de hembras en jaulas colectivas con paredes móviles disminuyó el consumo de alimento, lo que posiblemente provocó una alta pérdida de grasa perirrenal después del agrupamiento y, como consecuencia, una baja producción de leche al día siguiente del agrupamiento. La agresividad y el consecuente estrés posterior al agrupamiento conllevan a un menor consumo de alimento de la coneja reproductora, lo que puede resultar en un menor peso de los gazapos. Asimismo, se ha observado que el menor consumo de alimento en los corrales colectivos después del reagrupamiento puede afectar la producción diaria de leche y, por tanto, el crecimiento de las camadas (Zomeño *et al.*, 2018). Aunado a lo anterior, la capacidad limitada de ingesta de alimento moviliza mayores cantidades de reservas de grasa para satisfacer la enorme demanda de energía tanto para la producción de leche como para su propio crecimiento (Machado *et al.*, 2019). Por lo tanto, se propone realizar mayor investigación en estrategias de manejo del agrupamiento y alimentación en conejas reproductoras en jaulas colectivas.

El uso de enriquecimiento físico, social, ocupacional y nutricional en conejas reproductoras alojadas a tiempo parcial reduce el tamaño de camada al destete durante el periodo de agrupación (Huang *et al.*, 2021b). Esto puede deberse a que en el largo periodo de agrupamiento, las constantes interacciones agresivas afectaron el rendimiento reproductivo.

Por otro lado, con respecto al enriquecimiento físico, social y ocupacional en conejos de engorde, Rauterberg *et al.* (2019) encontraron que este modelo de enriquecimiento ambiental combinado incrementó la ganancia diaria de peso y el peso final de los conejos. Mohammed y Nasr (2016) observaron que el enriquecimiento de la jaula con palos de madera de manzano o sauce para roer aumentó

el peso corporal final y algunos rasgos de la canal, durante la cría intensiva de conejos. Sin embargo, Rauterberg *et al.* (2019) también observaron una alta mortalidad posiblemente relacionada al exceso de suciedad por la estructura del suelo plástico compuesto por listones de 11 mm separados por espacios de 11 mm. Otros estudios han informado sobre problemas de contaminación y heridas causados por pisos con listones de 10 mm de ancho y 50 % de perforación (Masthoff y Hoy, 2019). Por su parte Dalle Zotte *et al.* (2009) también mencionan que la rápida contaminación del piso de red de plástico se asocia con mayores problemas de salud y mortalidad. No obstante, se ha observado que pisos con listones de plástico de 5 mm y ranuras de 13 mm, con 75 % de perforación, parecen promover una mejor limpieza y reducir las lesiones en conejos de engorde (Masthoff y Hoy, 2019). Tras la revisión de estos estudios, consideramos que se requiere investigación que compare simultáneamente diferentes tipos de suelos plásticos en términos de contaminación, lesiones, problemas de salud y mortalidad en conejos de engorde.

En lo que se refiere a enriquecimiento ocupacional y sensorial, se ha encontrado que la presencia de una lata (convencional de 10 cm de largo) que contiene frijoles (provocan que la lata emita una serie de sonidos al rosarla) en las jaulas de conejos de engorde puede incrementar la ganancia de peso diaria y mejorar la eficiencia alimenticia (Feng *et al.*, 2021). Además, estos autores observaron que los conejos que tenían acceso a la lata con frijoles presentaban una carne más tierna y enrojecida, lo cual también se observó con los conejos expuestos a un pato de goma. La actividad física de los conejos puede influir en la composición de su carne. Según Lebas *et al.* (1997) los conejos con mayor actividad física, que tienen más oportunidades de movimiento y ejercicio, suelen desarrollar una proporción relativamente mayor de fibras muscula-

res rojas (oxidativas y ricas en mioglobina) en comparación con las fibras musculares blancas (pobres en mioglobina). Es decir, la actividad generada por el enriquecimiento ocupacional y sensorial podría contribuir a la mejora de la calidad de la carne de los conejos.

Además, se ha encontrado que la lata que contenía frijoles promovió el desarrollo de los folículos pilosos primarios y secundarios en conejos (Feng et al., 2021). Es muy conocido que el estrés afecta el pelaje de los animales, ya que; puede provocar su pérdida e inhibir el crecimiento, al activar la dependencia de la sustancia P de los macrófagos o mastocitos en el contexto del eje del folículo piloso (Arck et al., 2001). La interacción y los sonidos generados por la lata con frijoles probablemente contribuyeron a reducir el estrés. Estudios han demostrado que la música, reduce significativamente el cortisol fecal en conejos de laboratorio (Peveler y Hickman, 2018). Los sonidos generados durante la interacción con las latas que contenían frijoles podrían ser beneficiosos, por lo que sería interesante realizar más investigaciones sobre el uso de sonidos como enriquecimiento ambiental en conejos de producción de carne.

En el contexto del enriquecimiento nutricional, la presencia de bloques de heno "*ad libitum*" en las jaulas de conejos de engorde puede incrementar la ganancia de peso diaria e incluso aumentar el peso al sacrificio (Birolo et al., 2022). Los conejos no solo muerden los bloques de heno, sino que también los consumen activamente. El consumo de bloques de heno comprimido fue de 1,3 g/día por conejo (Birolo et al., 2022). El mordisqueo se ha relacionado con los mecanismos digestivos y el sistema nervioso, lo que puede reducir el estrés y promover el flujo intestinal, la digestión y la salud general de los conejos (Kermauner et al., 2004). Es decir, que los bloques de heno parecen contribuir al aumento de peso y la eficiencia alimenticia de los conejos de engorde.

Efectos en la salud

El enriquecimiento físico con plataforma en las jaulas de conejos de engorde ha sido asociado con la aparición de lesiones (Trocino et al., 2019). Estas lesiones podrían estar relacionadas con la densidad de conejos en las jaulas con plataforma puesto que, un mayor número de conejos en un espacio limitado puede aumentar la competencia por recursos y el riesgo de lesiones debido a peleas o interacciones agresivas (Valuska y Mench, 2013). Sin embargo, es importante tener en cuenta que las observaciones solamente se realizaron un día antes del faenamiento, esto puede limitar la comprensión de la ocurrencia y gravedad de las lesiones a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es crucial considerar una densidad de población adecuada al implementar enriquecimiento físico en las jaulas, para garantizar el bienestar y la salud de los conejos. Además, el uso de las plataformas puede generar una mayor competencia por los espacios elevados, lo que puede conducir a confrontaciones y agresiones entre los conejos, resultando en lesiones como arañazos y heridas.

En el enriquecimiento físico, social, ocupacional y nutricional, se ha observado que el sistema de alojamiento en grupo a tiempo parcial tiene consecuencias negativas para la salud de las hembras reproductoras, con un aumento en la ocurrencia de lesiones (Huang et al., 2021b). Estas lesiones podrían haberse producido debido a las peleas que surgieron como resultado de los intentos de establecer una jerarquía social en el grupo. Es importante considerar, que las agresiones y el estrés crónico pueden llevar a problemas de salud a largo plazo, como trastornos del sistema inmunológico y comportamentales.

En lo referente al enriquecimiento físico, social y ocupacional, se observó en un nuevo sistema de alojamiento, que los conejos de engorde presentaban una menor incidencia de lesiones cutáneas en comparación con los

conejos alojados en el sistema convencional (Rauterberg et al., 2019). Este resultado podría atribuirse al diseño de las instalaciones, que incluye una caja de retirada adicional, la socialización previa de los conejos en la misma jaula desde el nacimiento, y los elementos de enriquecimiento ocupacional, lo que contribuyó a una menor incidencia de lesiones. Cabe mencionar que, en el destete, únicamente se retiró a las madres de las jaulas, y las crías permanecieron en ellas hasta la finalización de la etapa de engorde. Estos factores contribuyen a la reducción de comportamientos agresivos o competitivos y de estrés, lo que a su vez disminuye el riesgo de lesiones en los conejos. Sin embargo, Rauterberg et al. (2019) mencionan que los conejos alojados en el nuevo sistema mostraron un peor estado de higiene de las patas que en el sistema convencional. El diseño de las instalaciones y posiblemente el tipo de piso utilizado pueden haber contribuido a este resultado. La acumulación de suciedad en las patas de los conejos puede ser un indicador de un ambiente menos higiénico y puede tener implicaciones para la salud y el bienestar de los animales.

En lo que respecta al enriquecimiento ocupacional y sensorial, proporcionado por las latas con frijoles, se observó un efecto positivo en la salud de los conejos, evidenciado por el incremento del peso del bazo y del ciego (Feng et al., 2021). Este incremento puede estar relacionado con dos posibles razones. En primer lugar, el enriquecimiento ambiental podría haber estimulado el sistema inmunológico de los conejos, puesto que, el bazo como órgano crucial del sistema inmunológico participa en la producción y maduración de células del sistema inmune (Bronte y Pittet, 2013). El aumento en el peso del bazo sugiere un mayor desarrollo y actividad de este órgano, lo que podría indicar una respuesta inmunológica más robusta en los conejos. En segundo lugar, el uso de la lata con frijoles podría promover el comportamiento exploratorio y la búsqueda

de alimento, favoreciendo una mejor digestión y absorción de nutrientes. Un ciego más pesado podría indicar una mayor actividad y desarrollo de la flora bacteriana beneficiosa en el intestino grueso, lo cual contribuiría a una función digestiva más eficiente. El consumo alto de fibra aumenta el peso del contenido cecal (Wu et al., 2018). Por lo cual, sería interesante realizar investigaciones adicionales para confirmar la relación entre el enriquecimiento ocupacional y sensorial, la respuesta inmunológica, el microbiota intestinal y el bienestar de los conejos.

Asimismo, en otro estudio se observó que los conejos en los grupos enriquecidos con vara de sauce, pato de goma y lata con frijoles mostraron niveles más altos de IGF-1 (Feng et al., 2022), una hormona relacionada con el crecimiento y el desarrollo. Estos hallazgos sugieren que el enriquecimiento ambiental puede estimular el crecimiento y el desarrollo saludable de los conejos. Además, el grupo que recibió la lata con frijoles mostró niveles elevados de dopamina (Feng et al., 2022), una hormona asociada con la sensación de bienestar, lo que indica que el enriquecimiento ambiental puede promover un estado emocional positivo en los conejos. Por otra parte, en todos los grupos enriquecidos se observaron niveles más bajos de cortisol, una hormona relacionada con el estrés (Feng et al., 2022). Asimismo, Buijs et al. (2011) mencionan que los conejos en medios enriquecidos presentaron niveles de glucocorticoides fecales bajos después del transporte. Por tanto, la reducción de los niveles de cortisol sugiere una disminución en la respuesta al estrés en los conejos que se beneficiaron del enriquecimiento ambiental.

Por otro lado, el enriquecimiento con la lata que contenía frijoles, tuvo un impacto significativo en la composición y diversidad de la microbiota cecal (Feng et al., 2022). Estos autores, identificaron bacterias como *Alloprevotella*, *Bifidobacterium*, *Enterobacteriaceae*,

Parabacteroides y Erysipelatoclostridium y se asociaron con niveles más bajos de cortisol en suero. Estos hallazgos sugieren una posible relación entre el enriquecimiento ambiental, el microbiota cecal y la regulación del estrés en los conejos. El enriquecimiento ambiental puede estimular comportamientos exploratorios y la masticación, aumentando con ello, la ingesta de fibra, de forma que, promueve la proliferación de bacterias fermentadoras de fibra, importantes para descomponer y fermentar los componentes de la dieta vegetal en ácidos grasos de cadena corta (Liu et al., 2022). Es decir, este tipo de enriquecimiento puede influir de manera positiva en la salud y el bienestar de los conejos.

Efectos en el comportamiento

En lo que refiere al enriquecimiento físico, se observó un comportamiento exploratorio muy manifiesto en las jaulas enriquecidas con plataforma durante una observación de 24 h (Trocino et al., 2019). Estas plataformas proporcionan a los conejos la oportunidad de explorar, saltar y trepar, comportamientos que son inherentes en su repertorio conductual. Las plataformas pueden ofrecer espacio adicional para el movimiento y el ejercicio físico, sin afectar la productividad y la salud de los conejos (Postollec et al., 2008; Matics et al., 2014 y 2018). Además, las plataformas permiten a los conejos descansar en posición estirada (Trocino et al., 2019). Las plataformas pueden brindar una sensación de seguridad y refugio para los conejos y tener una mejor vista del entorno, ayudando a evitar conflictos o amenazas. Por tanto, puede haber afectado la interacción social y la territorial, al reducir el número de encuentros agresivos (Trocino et al., 2019).

En los estudios de enriquecimiento físico y social, se observó que el alojamiento grupal en jaulas provistas de paredes internas removi-

bles disminuyó las conductas estereotipadas y la agresividad en conejas (Dal Bosco et al., 2019). Las paredes removibles permiten una mayor flexibilidad del espacio y la interacción social entre las conejas. Esta flexibilidad puede permitir separaciones temporales durante el período peri-parto, ya que proporciona a las conejas un entorno más tranquilo y seguro para la construcción del nido y la lactancia. Sin embargo, el alojamiento en grupo a tiempo parcial de conejas lactantes se asocia con la aparición de daños cutáneos de moderados a graves principalmente en los cuartos traseros, las orejas y la cabeza después del agrupamiento y antes del destete (Rommers y Greef, 2018). Los sistemas de alojamiento grupal continuo pueden desafiar el bienestar animal al aumentar la agresión y las lesiones entre hembras (Olivas et al., 2016; Gerencsér et al., 2019; Szendr et al., 2019). Munari et al. (2020) sugieren que las horas luz/oscuridad podrían influir en las agresiones de las conejas reproductoras, proponiendo agrupar a los animales durante el día, ya que los conejos son animales crepusculares. La separación temporal de las conejas puede reducir la competencia y el estrés social, lo que, a su vez, puede disminuir la agresividad entre las conejas.

El enriquecimiento físico, social y ocupacional en jaulas colectivas interconectadas, con las plataformas brindaron a los conejos un espacio para descansar, mientras que, las áreas abiertas permitieron la expresión de comportamientos locomotores y adoptar posiciones verticales (Kimm et al., 2021). Además, estos autores observaron que el material manipulable estimuló el comportamiento exploratorio, y redujo la frecuencia de agresiones y comportamientos estereotipados. Este hallazgo puede estar relacionado al manejo de los conejos desde el nacimiento, puesto que el diseño de las jaulas permitió el retiro de la madre en el destete y la posterior interconexión entre las jaulas. Las jaulas interconecta-

das permiten a los conejos mantener contacto visual y olfativo con otros individuos (Varga, 2014), ello puede ayudar a reducir el estrés y la territorialidad. Asimismo, retirar a la madre y permitir que los conejos interactúen entre sí favorece el establecimiento de jerarquías sociales de manera más natural y pacífica. El acceso a un entorno más enriquecido y con mayor espacio puede contribuir a reducir la agresión, ya que los conejos tienen más oportunidades de expresar comportamientos naturales.

En el enriquecimiento ambiental de tipo físico, ocupacional y nutricional, se ha observado un impacto significativo en el comportamiento de roer de las conejas, mediante la provisión de bloques de forraje compactados y palos de madera blanda principalmente, mientras que, los animales con plataforma no mostraron un efecto significativo en el comportamiento (Huang et al., 2021a). La ubicación de la plataforma en el centro de la jaula podría haber sido un factor que contribuyó a la falta de efecto en el comportamiento. Por lo tanto, es importante considerar el tipo de elementos de enriquecimiento y la ubicación adecuada al implementar plataformas en el entorno de los animales. Además, se ha observado que la locomoción y el comportamiento de ingesta aumentaron significativamente en hembras reproductoras, cuando había un bloque de roer disponible (Maertens et al., 2013).

Por otro lado, en los estudios de enriquecimiento ocupacional y sensorial, Da Silva et al. (2021) observaron que los elementos de enriquecimiento de cartón o caucho eran destruidos en diferentes niveles por los conejos. Sin embargo, estos autores observaron que únicamente el mordedor relleno de heno incrementó los comportamientos de interacción como morder y oler. Berthelsen y Hansen (1999) mencionan que el heno mejora el bienestar de los conejos enjaulados. Es decir que, la provisión de heno estimula el uso del mor-

dedor, lo cual, juega un papel importante en el comportamiento de los conejos y su interacción con los objetos de enriquecimiento.

El enriquecimiento ambiental con vara de sauce, pato de goma o una lata con frijoles promueve un comportamiento de forrajeo más activo y reduce los comportamientos estereotipados en los conejos según lo mencionado por Feng et al. (2022), al proporcionar estimulación del comportamiento natural, estimulación mental y física, y variación en el entorno. Así, se ha observado que el uso de palos de madera como enriquecimiento ambiental, disminuye las estereotipias (roer los barrotes de la jaula) y reduce los comportamientos agresivos en los conejos enjaulados (Princz et al., 2007). El enriquecimiento ocupacional con palos de madera palos de madera de manzano o sauce para roer redujo el comportamiento anormal y mejoró el bienestar de los conejos (Mohammed y Nasr, 2016). Sin embargo, otros investigadores, observaron que en jaulas mixtas de conejos, los comportamientos agresivos fueron más frecuentes, aunque el número de heridas en la piel fue menor en los conejos de jaulas enriquecidas con palos de madera (Bozicovich et al., 2016). Además, según Feng et al. (2022), la lata con frijoles incrementa el comportamiento de juego en los conejo. El entorno enriquecido brinda oportunidades para participar en actividades lúdicas, como saltar, correr y perseguirse. El juego es una parte importante del comportamiento natural de los conejos y les brinda oportunidades para socializar, liberar energía y mejorar su bienestar emocional.

En otro estudio con enriquecimiento nutricional, los conejos que tenían acceso a bloques de heno dedicaron más tiempo a roer y descansar en comparación con aquellos que no tenían acceso (Birolo et al., 2022). El comportamiento de roer es fundamental para los conejos, ya que les permite desgastar sus dientes en crecimiento continuo y estimular su actividad oral natural (Varga, 2014). Al pro-

porcionarles los bloques de heno, se les dio la oportunidad de satisfacer esta necesidad de masticación y roer placentera, lo que llevó a un mayor tiempo de descanso en los conejos, es decir, promovieron un comportamiento más relajado y tranquilo en los conejos. Además, Birolo *et al.* (2022) mencionan que durante el ensayo con los bloques de heno, no observaron comportamientos agresivos ni lesiones corporales, por lo cual, sería interesante un análisis específico para comprender mejor el impacto de los bloques de heno en la agresión y las lesiones en los animales.

Conclusiones

En la producción intensiva de conejos de carne, las técnicas de enriquecimiento ambiental tuvieron efectos positivos sobre la salud los parámetros productivos y el comportamiento.

En términos de producción, las combinaciones de enriquecimiento físico y social; el físico, social y ocupacional; y el nutricional favorecieron la reproducción, el incremento de folículos pilosos y el peso, respectivamente.

En referencia a los efectos en la salud, el enriquecimiento ocupacional y sensorial incrementó el microbiota, la dopamina, el peso del bazo y ciego.

En cuanto a los efectos en el comportamiento, el tipo de enriquecimiento físico, social, ocupacional, sensorial y nutricional incrementó los comportamientos propios de la especie, tales como rascar y roer, además, redujo las agresiones y los comportamientos estereotipados.

Por tanto, es importante considerar estos hallazgos, ya que pueden mejorar tanto la salud como el bienestar de los conejos de carne en sistemas de producción intensiva, lo que puede tener un impacto positivo en la cunicultura y en la literatura científica existente.

Referencias bibliográficas

- Arck P.C., Handjiski B., Hagen E., Joachim R., Klapp B.F., Paus R. (2001). Indications for a brain-hair follicle axis: Inhibition of keratinocyte proliferation and up-regulation of keratinocyte apoptosis in telogen hair follicles by stress and substance P. *The FASEB Journal* 15(13): 2536-2538. <https://doi.org/10.1096/fj.00-0699fje>
- Berthelsen H., Hansen L.T. (1999). The effect of hay on the behaviour of caged rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Animal Welfare* 8(2): 149-157. <https://doi.org/10.1017/S0962728600021485>
- Birolo M., Trocino A., Zuffellato A., Pirrone F., Bordinon F., Xiccato G. (2022). Use of gnawing hay blocks: effects on productive performance, behavior and reactivity of growing rabbits kept in parks with different sex-group compositions. *Animals* 12(9): 1212. <https://doi.org/10.3390/ani12091212>
- Bolt S.L., George A.J. (2019). The use of environmental enrichment on farms benefits animal welfare and productivity. *Livestock* 24(4): 183-188. <https://doi.org/10.12968/live.2019.24.4.183>
- Bozicovich T.F., Moura A.S.A., Fernandes S., Oliveira A.A., Siqueira, E.R.S. (2016). Effect of environmental enrichment and composition of the social group on the behavior, welfare, and relative brain weight of growing rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 182: 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.05.025>
- Braconnier M., Munari C., Gómez Y., Gebhardt-Henrich S. (2020). Grouping of breeding rabbit does at different time points: Effects on fertility, mortality and weight. *World Rabbit Science* 28(2): 73-80. <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13107>
- Bronte V., Pittet M.J. (2013). The spleen in local and systemic regulation of immunity. *Immunity* 39(5): 806-818. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2013.10.010>
- Buijs S., Keeling L.J., Rettenbacher S., Maertens L., Tuytens F.A.M. (2011). Glucocorticoid metabolites in rabbit faeces-Influence of environmental enrichment and cage size. *Physiology & Behavior* 104(3): 469-473. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.05.008>

- Da Silva K.G., Stange M.G., Pergorara M., Sotomaior C.S., Weber S.H., Borge, T.D., Costa L.B. (2021). Cardboard and rubber objects as means of environmental enrichment for rabbits. *World Rabbit Science* 29(2): 109-114. <https://doi.org/10.4995/WRS.2021.14193>
- Dal Bosco A., Mugnai C., Martino M., Szendr Z., Mattioli S., Cambiotti V., Cartoni Mancinelli A., Moscati L., Castellini C. (2019). Housing rabbit does in a combi system with removable walls: effect on behaviour and reproductive performance. *Animals* 9(8): 528. <https://doi.org/10.3390/ani9080528>
- Dalle Zotte A., Princz Z., Metzger Sz., Szabó A., Radnai I., Biró-Németh E., Orova Z., Szendr Zs. (2009). Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. *Livestock Science* 122(1): 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.021>
- Dalmau A., Moles X., Pallisera J. (2020). Animal welfare assessment protocol for does, bucks, and kit rabbits reared for production. *Frontiers in Veterinary Science* 7: 445. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00445>
- Ebeid T.A., Tmová E., Al-Homidan I.H., Ketta M., Chodová D. (2022). The potential role of feed restriction on productivity, carcass composition, meat quality, and muscle fibre properties of growing rabbits: A review. *Meat Science* 191: 108845. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108845>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Saxmose Nielsen S., Alvarez J., Bicout D.J., Calistri P., Depner K., Drewe J.A., Garin-Bastuji B., Gonzales Rojas J.L., Gortázar Schmidt C., Michel V., Miranda Chueca M.Á., Roberts H.C., Sihvonen L.H., Spooler H., Stahl K., Velarde Calvo A., Viltrop A., Buijs S., Edwards S., Candiani D., Mosbach-Schulz O., Van der Stede Y., Winckler C. (2020). Health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *EFSA Journal* 18(1): e05944. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5944>
- FAOSTAT. (2022). The Statistics División of the FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> (Consultado: 08/09/2022)
- Feng Y., Shi H., Gun S. (2021). Effects of environmental enrichment on growth performance, carcass traits, meat quality, and hair follicle development of Rex rabbits. *Animal Bioscience* 34(9): 1544-1551. <https://doi.org/10.5713/AJAS.20.0540>
- Feng Y., Fan H., Liang X., Wang X., Gao G., Gun S. (2022). Environmental enrichment changes rabbits' behavior, serum hormone level and further affects cecal microbiota. *PeerJ* 10: e13068. <https://doi.org/10.7717/peerj.13068>
- Gerencsér Z., Matics Z., Szabó R.T., Kustos K., Mikó A., Nagy I., Odermatt M., Atkári T., Szendr Z. (2019). Aggressiveness, mating behaviour and lifespan of group housed rabbit does. *Animals* 9(10): 708. <https://doi.org/10.3390/ani9100708>
- Huang Y., Bréda J., Savietto D., Debrusse A.M., Bonnemère J.M., Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. (2021a). Effect of housing enrichment and type of flooring on the performance and behaviour of female rabbits. *World Rabbit Science* 29(4): 275-285. <https://doi.org/10.4995/wrs.2021.15848>
- Huang Y., Breda J., Savietto D., Debrusse A.M., Combes S., Fortun-Lamothe L. (2021b). Part-time grouping of rabbit does in enriched housing: Effects on performances, injury occurrence and enrichment use. *Animal* 15(12): 100390. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100390>
- Jacobs L., Blatchford R.A., de Jong I.C., Erasmus M.A., Levengood M., Newberry R.C., Regmi P., Riber A.B., Weimer S.L. (2023). Enhancing their quality of life: environmental enrichment for poultry. *Poultry Science* 102(1): 102233. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102233>
- Kermauner A., Žgur S., Jordan D., Štuhec I. (2004). The influence of environmental enrichment with different kind of wood on carcass quality of individually caged rabbits. *Acta Agriculturae Slovenica Supplement* 1: 81-86.
- Kimm S., Rauterberg S.L., Bill J., Stracke J., Kemper N., Fels M. (2021). Use of space, active and resting behaviour in fattening rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) housed in a combi park system: A case study. *Animal Welfare* 30: 493-506. <https://doi.org/10.7120/09627286.30.4.012>

- Lang C., Hoy S. (2011). Investigations on the use of an elevated platform in group cages by growing rabbits. *World Rabbit Science* 19(2): 95-101. <https://doi.org/10.4995/wrs.2011.800>
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thebault R.G. (1997). The rabbit: Husbandry, health and production. (New revised version). *FAO Animal Production and Health Series* (FAO). pp. 274
- Liu B., Cui Y., Ali Q., Zhu X., Li D., Ma S., Wang Z., Wang C., Shi Y. (2022). Gut microbiota modulate rabbit meat quality in response to dietary fiber. *Frontiers in Nutrition* 9: 849429. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.849429>
- Machado L.C., Martínez-Paredes E., Cervera C. (2019). Performance of rabbit does housed in collective pens and individual cages. *World Rabbit Science* 27(4): 227-235. <https://doi.org/10.4995/wrs.2019.11540>
- Maertens L., Buijs S., Davoust C. (2013). Gnawing blocks as cage enrichment and dietary supplement for does and fatteners: Intake, performance and behaviour. *World Rabbit Science* 21(3): 185-192. <https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1195>
- Masthoff T., Hoy S. (2019). Investigations on the influence of floor design on dirtiness and foot pad lesions in growing rabbits. *Animals* 9(6): 354. <https://doi.org/10.3390/ani9060354>
- Matics Zs., Szendr Zs., Odermatt M., Gerencsér Zs., Nagy I., Radnai I., Zotte A.D. (2014). Effect of housing conditions on production, carcass and meat quality traits of growing rabbits. *Meat Science* 96(1): 41-46. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.001>
- Matics Z., Farkas T.P., Dal Bosco A., Szendr Z., Filiou E., Nagy I., Odermatt M., Paci G., Gerencsér Z. (2018). Comparison of pens without and with multilevel platforms for growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science* 17(2): 469-476. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1363640>
- Mohammed H., Nasr M. (2016). Growth performance, carcass traits, behaviour and welfare of New Zealand White rabbits housed in different enriched cages. *Animal Production Science* 57(8): 1759-1766. <https://doi.org/10.1071/AN15865>
- Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G., The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine* 6(7): e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Munari C., Mugnai D., Braconnier M., Toscano M., Gebhardt-Henrich S. (2020). Effect of different management protocols for grouping does on aggression and dominance hierarchies. *Applied Animal Behaviour Science* 227: 104999. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104999>
- Nistor E., Bampidis V., P cal N.P., Pentea M., Tozer J., Prundeanu H. (2013). Nutrient content of rabbit meat as compared to chicken, beef and pork meat. *Journal of Animal Production Advances* 3(4): 172. <https://doi.org/10.5455/japa.20130411110313>
- Olivas I., Villagrà A., Simarro L. (2016). Development and establishment of a protocol of an individual aggressiveness test in breeding does. *World Rabbit Science* 24(4): 321-326. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.3978>
- Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Moher D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery* 88: 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105906>
- Pasqualin D., Zomeño C., Santagiuliana M., Costa A., Trocino A., Lavazza A., Dorigo F., Bonfanti L., Birolo M., Xiccato G., Menegon F., Di Martino G. (2021). A protocol for measuring health and welfare of reproducing does and litters in rabbit farms. *World Rabbit Science Association, 12th World Rabbit Congress, 3-5 novembre, Nantes, France. Communication E-11, 4 pp.*
- Peveler J.L., Hickman D.L. (2018). Effects of music enrichment on individually housed male new zealand white rabbits. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science: JAA-LAS* 57(6): 695-697. <https://doi.org/10.30802/JAA-LAS-JAALAS-17-000153>

- Postollec G., Boilletot E., Maurice R., Michel V. (2008). The effect of pen size and an enrichment structure (elevated platform) on the performances and the behaviour of fattening rabbits. *Animal Welfare* 17: 53-59. <https://doi.org/10.1017/S0962728600031985>
- Princz Z., Orova Z., Nagy I., Jordan D., Štuhec I., Luzi F., Verga M., Szendr Z. (2007). Application of gnawing sticks in rabbit housing. *World Rabbit Science* 15(1): 29-36. <https://doi.org/10.4995/wrs.2007.607>
- Rauterberg S.L., Bill J., Kimm S., Kemper N., Fels M. (2019). Effect of a new housing system on skin lesions, performance and soiling of fattening rabbits: A German case study. *Animals* 9(9): 650. <https://doi.org/10.3390/ani9090650>
- Rommers J., De Greef K.H. (2018). Are combi parks just as useful as regular parks for fatteners for part-time group housing of rabbit does? *World Rabbit Science* 26(4): 299-305. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.9587>
- Szendr Z., Trocino A., Hoy S., Xiccato G., Villagrà A., Maertens L. (2019). A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: Reproducing does. *World Rabbit Science* 27(1): 1-14. <https://doi.org/10.4995/wrs.2019.10599>
- Sztainberg Y., Chen A. (2010). An environmental enrichment model for mice. *Nature Protocols* 5(9): 1535-1539. <https://doi.org/10.1038/nprot.2010.114>
- Trocino A., Zomeño C., Filiou E., Birolo M., White P., Xiccato G. (2019). The use of environmental enrichments affects performance and behavior of growing rabbits housed in collective pens. *Animals* 9(8): <https://doi.org/10.3390/ani9080537>
- Trocino A., Menegon F., Zomeño C., Pasqualin D., Cunial G., Xiccato G., Pirrone F., Bertotto D., Bortoletti M., Dorigo F., Lavazza A., Di Martino G. (2022). A pilot study about on-farm assessment of health and welfare in rabbits kept in different housing systems. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 936643. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.936643>
- Valuska A.J., Mench J.A. (2013). Size does matter: The effect of enclosure size on aggression and affiliation between female New Zealand White rabbits during mixing. *Applied Animal Behaviour Science* 149(1): 72-76. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.10.002>
- van de Weerd H., Ison S. (2019). Providing effective environmental enrichment to pigs: how far have we come? *Animals* 9(5): 254. <https://doi.org/10.3390/ani9050254>
- Varga M. (2014). Rabbit Basic Science. En: *Textbook of Rabbit Medicine* (Ed. Varga M.), pp. 3-108. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4979-8.00001-7>
- Wu Z., Zhou H., Li F., Zhang N., Zhu Y. (2018). Effect of dietary fiber levels on bacterial composition with age in the cecum of meat rabbits. *MicrobiologyOpen* 8(5): e00708. <https://doi.org/10.1002/mbo3.708>
- Xu D., Shu G., Liu Y., Qin P., Zheng Y., Tian Y., Zhao X., Du X. (2022). Farm environmental enrichments improve the welfare of layer chicks and pullets: a comprehensive review. *Animals* 12(19): 2610. <https://doi.org/10.3390/ani12192610>
- Zomeño C., Birolo M., Gratta F., Zuffellato A., Xiccato G., Trocino A. (2018). Effects of group housing system, pen floor type, and lactation management on performance and behaviour in rabbit does. *Applied Animal Behaviour Science* 203: 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.03.002>

(Aceptado para publicación el 19 de septiembre de 2024)

Estimación de la conducta de ingesta de concentrado en un cebadero de corderos utilizando sensores de proximidad

José Alfonso Abecia^{1,*}, Pelin Erden² y Francisco Canto¹

¹ Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza.

² Departamento de Obstetricia y Ginecología, Facultad de Veterinaria, Bursa Uludag University, Bursa, Turquía.

Resumen

Los sensores de proximidad registran un encuentro cuando otro dispositivo similar está dentro de una cierta distancia, pudiéndose fijar a un animal, proporcionando nuevas perspectivas sobre el comportamiento individual y las interacciones con otros animales o su entorno. El objetivo de este estudio fue testar la capacidad de estos sensores para cuantificar la conducta de ingesta de concentrado en un cebadero de corderos, así como determinar si sigue un ritmo circadiano de 24 h. El sistema de monitorización y los animales utilizados en este estudio incluían: “sensores de proximidad móviles” fijados a un collar en ocho corderos; “sensores estacionarios”, colocados dentro de dos comederos, que rastrean la proximidad de los móviles y la intensidad de la señal recibida; “puerta de enlace”, colocada cerca de los comederos, que almacena los registros que envían los sensores, y una aplicación para teléfono móvil. Durante 11 días, los corderos visitaron las tolvas $20,43 \pm 10,53$ veces/d (rango 8-35), con una media por hora de $1,95 \pm 0,30$ conductas de ingesta, y duración media de $7,88 \pm 0,80$ min, observándose tres picos entre la madrugada y el inicio de la mañana, entre las 6:00 y las 9:00, y otro al atardecer, a las 18:00, coincidiendo con el ocaso. El número de ingestas por hora demostró que sigue un ritmo circadiano de 24 h de duración. En conclusión, los sensores de proximidad utilizados parecen apropiados para documentar los hábitos de ingesta de concentrado de corderos en cebadero, y serían adecuados para otros comportamientos que impliquen acercarse a otros animales u objetos.

Palabras clave: Sensores, cebo, ovinos, ritmo circadiano.

Estimation of concentrate intake behavior in a lamb feeder using proximity sensors

Abstract

Proximity sensors detect an encounter when another similar device is within a certain distance, and they can be attached to an animal, providing new insights into individual behavior and interactions with other animals or their environment. The aim of this study was to test the ability of these sensors to quantify the concentrate feeding behavior in a lamb feedlot. The monitoring system and the animals used in this

* Autor para correspondencia: alf@unizar.es

Cita del artículo: Abecia J.A., Erden P., Canto F. (2025). Estimación de la conducta de ingesta de concentrado en un cebadero de corderos utilizando sensores de proximidad. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 56-68. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.017>



study included: "mobile proximity sensors" attached to a collar on eight lambs; "stationary sensors", placed inside two feeders, which scan the proximity of the mobile sensors and the received signal strength indicator; a "gateway" placed near the feeders, which stores the records sent by the stationary sensors; and a mobile phone application. The lambs visited the feeders 20.43 ± 10.53 times per day (range 8-35), with an hourly average of 0.82 ± 0.30 visits and an average duration of 7.88 ± 0.80 min. Three peaks were observed: between early morning and dawn, from 6 am to 9 am, and another at dusk, at 6 pm, coinciding with sunset. The number of feedings per hour followed a 24-hour rhythm. In conclusion, the proximity sensors used appear suitable for documenting the concentrate feeding habits of lambs in a feedlot and would be appropriate for other behaviors involving proximity to other animals or objects.

Keywords: Sensors, fattening, sheep, circadian rhythm.

Introducción

Los sensores de proximidad son dispositivos de biotelemetría novedosos, que pueden utilizarse para cuantificar las interacciones entre animales de manera no invasiva (Watson-Haigh et al., 2012). Estos pequeños dispositivos registran un encuentro cuando otro dispositivo está dentro de una cierta distancia, pudiéndose fijar a un animal, lo que puede proporcionar nuevas perspectivas sobre el comportamiento individual y las interacciones del animal con otros animales o su entorno (Kirkpatrick et al., 2021). En la especie ovina, los sensores de proximidad se han utilizado para estudiar interacciones entre parejas oveja-cordero (Broster et al., 2012), los efectos de la motivación alimentaria en la cohesión social entre ovejas (Freire et al., 2012), las interacciones sociales (Doyle et al., 2016), las asociaciones espaciales entre perros guardianes de ganado y el rebaño (Young et al., 2019), los efectos de la edad, el entorno y el manejo del rebaño en el comportamiento social (Ozella et al., 2020), y para documentar las relaciones sociales dentro de un grupo de ovejas y corderos (Ozella et al., 2022).

Existen diversos tipos de sensores de proximidad, como los basados en tecnología *Ultra High Frequency* (UHF), que transmiten su número de identificación y, simultáneamente, reciben señales de otros sensores dentro de un rango de distancias predefinido (Kour et

al., 2021). La tecnología de sistemas de localización en tiempo real (*Real-Time Location Systems*, RTLS) utiliza sensores y señales de radio para triangular una ubicación dentro de un sistema de coordenadas diseñado para un área de estudio (Shane et al., 2016). Otros sensores de proximidad intercambian paquetes de información mediante señales de radio de baja potencia (Ozella et al., 2020), siendo la intensidad de la señal de radio el indicador de la proximidad física. Finalmente, algunos sensores de proximidad, como los utilizados en el presente trabajo, están basados en la tecnología *Bluetooth Low Energy* (BLE) y registran directamente el contacto entre dos o más individuos, o individuos con objetos, proporcionando además la duración y la distancia entre los contactos. Estos dispositivos se han utilizado para estudiar una amplia variedad de interacciones. Recientemente, nuestro grupo ha utilizado este tipo de sensores para cuantificar la conducta de ingesta de agua (Abecia y Canto, 2024), pero no han sido empleados para estimar la conducta de ingesta de alimentos.

Los estudios con sensores para cuantificar la conducta de ingesta de alimentos en especies ganaderas han sido útiles para predecir su consumo real sin necesidad de una observación directa de los individuos, ya que monitorear estos comportamientos en sistemas intensivos es difícil, y más aún en extensivos. Tradicionalmente, estos comportamientos se

han monitoreado mediante observación directa o grabación en video, pero los sensores pueden eliminar esta necesidad de las observaciones visuales. La combinación de sensores estacionarios –unidades fijas que se colocan junto a estructuras, como bebederos o comederos–, y sensores fijados a los animales –normalmente en un collar–, ambos equipados con señales de radio o Bluetooth, proporcionan una nueva herramienta para documentar el comportamiento animal.

El objetivo de este estudio fue testar la capacidad de los sensores de proximidad para cuantificar la conducta de ingesta de concentrado en un cebadero de corderos.

Material y métodos

El trabajo se ha llevado a cabo en el cebadero de corderos Franco y Navarro (La Joyosa, Zaragoza) (41,73° N, 1,06° W), siguiendo procedimientos aprobados por el Comité de Ética para Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza. El cuidado y uso de los animales se realizaron de acuerdo con la Política Española de Protección Animal (Real Decreto 53/2013), que cumple con la Directiva 2010/63 de la Unión Europea sobre la protección de los animales utilizados para fines experimentales y otros fines científicos.

Descripción del sistema

El sistema de monitorización utilizado en este estudio (IoSA, Amberes, Bélgica) consta de los siguientes cuatro componentes: 1) “sensores de proximidad móviles” (0,9 g), alojados dentro de una caja de plástico (35 × 35 × 10 mm) y fijados a un collar (Figura 1) en ocho corderos machos (peso vivo ($\pm$ SD): 25,4 $\pm$ 2,5 kg; edad: 73 $\pm$ 10 d), que estaban programados como balizas que transmiten su identidad a 2) “sensores estacionarios”, alojados dentro de cajas de plástico (80 × 80 × 46 mm) y colocados cada uno de ellos dentro de sendos

comederos de madera (Figura 2) –aunque estos sensores pueden programarse tanto como emisores como receptores, para el presente trabajo fueron únicamente programados como receptores, para rastrear la proximidad de los sensores móviles, registrando tanto el día y la hora exacta de su proximidad, la identidad de los sensores móviles y el indicador de intensidad de la señal recibida (*Received Signal Strength Indicator* o RSSI) del contacto con los sensores móviles–, 3) una “Gateway” o puerta de enlace, insertada en una caja de plástico (130 × 70 × 100 mm), colocada sobre la pared del cebadero de corderos, cerca de los comederos (Figura 3), que dispone de una tarjeta *microSD* que almacena los registros que envían los sensores estacionarios mediante Bluetooth –estos registros se descargan posteriormente en un ordenador portátil mediante la tarjeta SD– y 4) una aplicación para teléfono móvil que permite la programación, el monitoreo en tiempo real y controla la descarga de datos de los sensores y la *gateway*.

El sistema utiliza la tecnología de Bluetooth de baja energía (BLE), que puede funcionar en entornos con alta interferencia. Los sensores y la *gateway* son alimentados por baterías recargables. La *gateway* incluye una unidad GPS que proporciona la fecha y hora de su localización y rastrea continuamente las señales de los sensores. Cuando un sensor estacionario que va registrando datos supera el umbral de descarga, se establece una conexión con la *gateway* y los datos se transfieren a ésta.

Animales e instalaciones

Los ocho corderos incluidos en el estudio formaban parte de un grupo que contenía un total de cien corderos, los cuales estaban alojados en un corral sin luz artificial y a los que se les ofrecía una ración concentrada *ad libitum*. Los corderos llevaron los collares durante once días (N = 507.085 contactos entre los sensores móviles y estacionarios).



Figura 1. Sensores de proximidad móviles dotados de tecnología Bluetooth Low Energy (0.9 g) (A) usados en el experimento, protegidos en el interior de una caja de plástico (35 x 35 x 10 mm) (B) e insertadas en un collar (C).

Figure 1. Mobile proximity loggers equipped with Bluetooth Low Energy technology (0.9 g) (A) used in the experiment, enclosed within a plastic case (35 x 35 x 10 mm) (B) and inserted into a collar (C).

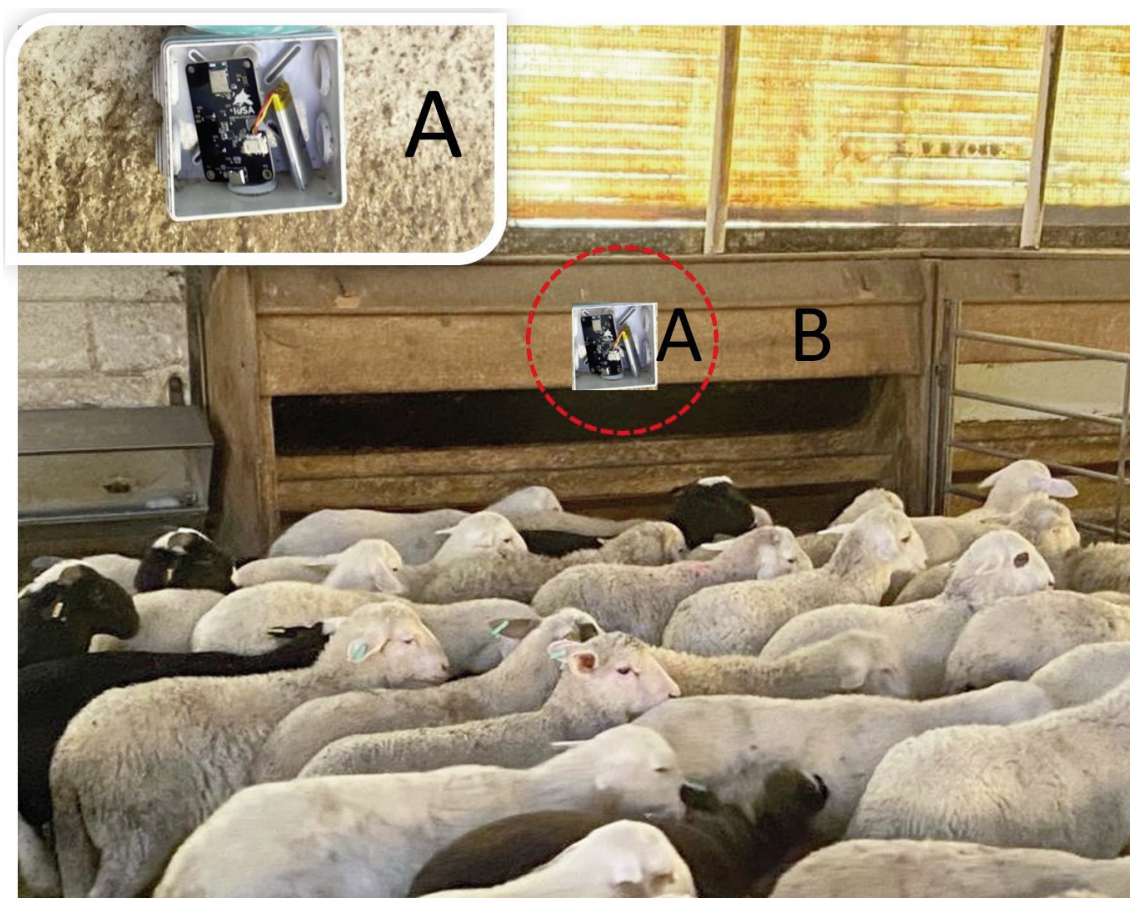


Figura 2. Sensores de proximidad estáticos dotados de tecnología Bluetooth Low Energy (0.9 g) (A) usados en el experimento, protegidos en el interior de una caja de plástico (80 x 80 x 46 mm), colocados cada uno de ellos en el interior de una tolva de madera (B) que contiene el alimento concentrado.

Figure 2. Static proximity loggers equipped with Bluetooth Low Energy technology (0.9 g) (A) used in the experiment, enclosed within a plastic case (80 x 80 x 46 mm), placed each one inside a wooden feeder (B) that contains the concentrated feed.

Validación del sistema

Antes de iniciar el experimento, para confirmar que el sistema puede distinguir entre un evento de ingesta de pienso y un animal que se acerca o permanece cerca de un comedero, se realizaron pruebas manuales con los ocho sensores móviles, sin estar sujetos a los animales. Los collares se mantuvieron du-

rante 2 min a una distancia <25 cm de los sensores estacionarios, que estaban fijados a la pared dentro del comedero. Se registraron las señales RSSI de esos contactos y se calcularon los valores medios, máximos y mínimos de las señales en las diferentes distancias para identificar la intensidad de la señal asociada con un evento de alimentación.

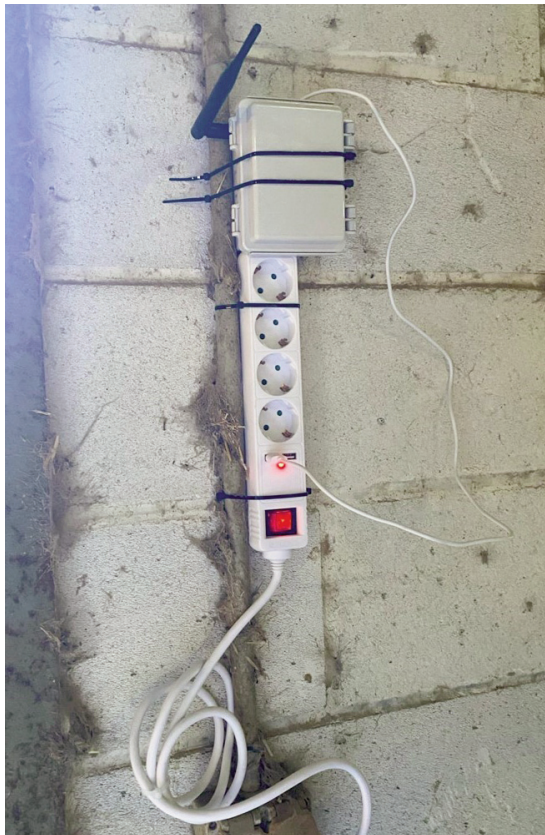


Figura 3. Gateway o puerta de enlace utilizada en el experimento, que contiene una tarjeta de memoria microSD para almacenar las lecturas de proximidad descargadas por los sensores estacionarios, colocada sobre la pared del cebadero de corderos.
 Figure 3. Gateway used in the experiment, containing a microSD memory card to store proximity readings downloaded by the stationary loggers, mounted on the wall of the lamb feeder.

Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó una depuración de los datos, para determinar si la señal de proximidad y sus señales anteriores y posteriores representaban un evento de ingesta de concentrado. Se consideró un umbral máximo de RSSI de -79 (valor máximo registrado en las pruebas de validación) para considerar un

evento de ingesta en comedero. Además de tenerse en cuenta los valores RSSI, se tuvo en cuenta que las señales seleccionadas tuvieran una continuidad, fueran todas registradas por el mismo sensor estacionario y formaran un patrón regular de permanencia en el comedero, por un espacio de al menos 1 min. Se calcularon el número medio de visitas al comedero por cordero y día (número total de visitas dividido por el número de días y por el número de corderos), así como la duración media de cada evento. Para ambos parámetros se calculó también su distribución horaria media a lo largo del día.

Los efectos del día (11 días) y del cordero (8 corderos), y sus interacciones, sobre el número de ingestas/h de concentrado y el tiempo empleado fueron evaluados estadísticamente basándose en un modelo multifactorial. Este incluyó el día, y el cordero como efectos fijos, utilizando el método de mínimos cuadrados (*General Lineal Model*) en SPSS v.26 (IBM Corp. Released, 2019). Dentro de los efectos fijos que mostraron diferencias, se identificaron significaciones mediante el test DSM (diferencia menos significativa). El modelo utilizado fue el siguiente: $y = xb + e$, donde "y" es el Nx1 vector de registros, "b" denota el efecto fijo en el modelo dentro de la matriz de asociación x, y "e" es el vector de efectos residuales. Las diferencias entre horas fueron analizadas mediante análisis de varianza.

La distribución horaria de eventos se ajustó a la curva de un ritmo circadiano de actividad de 24 h, obtenido mediante el método cosinor en la plataforma en línea Cosinor (Cosinor, 2019; Molcan, 2019). Se calculó el MESOR (*Midline Estimating Statistic of Rhythm*, que es el valor medio de la variable estimado sobre la curva ajustada); la amplitud (diferencia entre el valor máximo de la variable ajustada y el MESOR), y la acrofase (hora en la que la variable ajustada alcanza su valor máximo). Para confirmar la ritmicidad circadiana, una

prueba F comparó el modelo con la distribución real de los datos. Si se rechazaba la hipótesis nula ($P < 0,05$), los datos de entrada se ajustaban a un ritmo circadiano de 24 h.

Resultados

El valor RSSI medio, máximo y mínimo a la distancia probada entre los sensores móviles y los sensores estacionarios colocados en el interior de las tolvas fue -68 , -57 y -79 , con una desviación estándar (SD) media para todos los dispositivos de $4,99$ y un coeficiente de variación del $8,7\%$. La SD de todos los sensores presentó un rango de entre $1,4$ y $5,4$.

Se registraron un total de 507.085 contactos de proximidad durante el experimento, aunque solo un $6,9\%$ (34.853) dieron valores $\text{RSSI} \leq -79$, valor considerado para tener en cuenta una aproximación al comedero inferior a 25 cm y con una continuidad de al menos 1 min . Esto reveló que los corderos visitaron las tolvas para ingerir concentrado una media ($\pm\text{SD}$) de $20,43 \pm 10,53$ veces/d, con un rango de 8 - 35 . La media por hora fue de $1,95 \pm 0,30$ conductas de ingesta/h, con una duración media de cada ingesta de $7,88 \pm 0,80\text{ min}$. El tiempo medio pasado ingiriendo por hora fue de $3,47 \pm 1,02\text{ min}$, con un total de $2,68\text{ h}$ en las tolvas.

Tanto el cordero como el día de estudio mostraron ejercer un efecto significativo sobre el número de ingestas y el tiempo invertido ($P < 0,001$) (Tabla 1), mientras que no se observaron diferencias entre las horas del día (Figura 4). La Figura 4 muestra la distribución del número de ingestas de concentrado por hora, observándose tres picos entre la madrugada y el inicio de la mañana, entre las $6:00$ y las $9:00$, y otro al atardecer, a las $18:00$, coincidiendo con el ocaso. El tiempo medio pasado en las tolvas a lo largo del día se muestra en la Figura 5, donde se observa un mayor tiempo coincidiendo con el amanecer

y el atardecer; no se apreciaron diferencias significativas entre las horas del día.

La Figura 6 muestra el patrón circadiano del número de ingestas por hora, que presentó un ajuste estadístico a un ritmo de 24 h de duración ($P < 0,05$). Los animales presentaron un MESOR de $0,82$ ingestas/h, una amplitud de $0,19$, siendo la acrofase a las $22:43\text{ h}$.

Discusión

Diversos estudios han cuantificado el comportamiento de ingesta de alimento en ovinos mediante diferentes tecnologías, aunque, en nuestro conocimiento, este es el primer trabajo donde se estima el consumo de alimento concentrado en corderos en un cebadero mediante el uso de sensores de proximidad con tecnología BLE. Shane et al. (2016) estimaron el tiempo invertido por un grupo de terneros comiendo o bebiendo mediante tecnología RTLS, para triangular la localización de un animal dentro de un espacio, concluyendo que dicha tecnología, a pesar de presentar un gran valor como herramienta indirecta del monitoreo del comportamiento, puede no ser un buen predictor de la cantidad de tiempo realmente dedicado a participar en el comportamiento de comer y beber. Zervas et al. (2001) y Teixeira et al. (2014) utilizaron grabaciones de video para determinar el consumo de alimentos de corderos, con las consiguientes sesiones de visionado necesarias para analizar los resultados. Los sensores de proximidad, al no depender de la observación directa del comportamiento, minimizan los sesgos introducidos por los humanos que puedan influir en la recopilación de datos, como el error de apreciación o la interrupción del comportamiento natural.

Por otro lado, Aguilar et al. (2020) utilizaron corderos castrados con crotales dotados de radio frecuencia (RFID), de modo que al co-

Tabla 1. Número de ingestas/h y tiempo utilizado para cada ingesta (min), de corderos en un cebadero, estimados mediante sensores de proximidad, en función del día y del cordero (a,b; c,d; e,f indican diferencias significativas, al menos $P < 0,05$).
Table 1. Number of intakes/h and time used for each intake (min), of lambs in a feedlot, estimated using proximity sensors, depending on the day and the lamb (a,b; c,d; e,f indicate differences significant, at least $P < 0.05$).

	Ingestas/h	Tiempo (min)
Día		
1	$2,37 \pm 1,35^{ac}$	$10,47 \pm 4,53^{ac}$
2	$1,86 \pm 1,21^{bc}$	$7,34 \pm 7,33^{bc}$
3	$1,92 \pm 1,06^{bc}$	$8,34 \pm 7,63^{bc}$
4	$1,73 \pm 0,92^{bc}$	$8,42 \pm 7,40^{bc}$
5	$1,94 \pm 1,03^{bc}$	$7,81 \pm 5,73^{bc}$
6	$1,82 \pm 0,82^{bc}$	$7,05 \pm 5,38^{bc}$
7	$1,72 \pm 0,91^{bc}$	$7,66 \pm 6,45^{bc}$
8	$1,88 \pm 1,11^{bc}$	$7,29 \pm 4,47^{bc}$
9	$1,87 \pm 1,14^{bc}$	$7,56 \pm 5,78^{bc}$
10	$2,08 \pm 1,56^c$	$9,58 \pm 8,68^{ac}$
11	$2,92 \pm 1,56^{bd}$	$14,64 \pm 10,67^{bd}$
Cordero		
1	$1,77 \pm 0,89^a$	$6,47 \pm 4,53^{ac}$
2	$1,97 \pm 1,14^{ae}$	$9,69 \pm 8,15^{ad}$
3	$1,86 \pm 1,01^a$	$7,92 \pm 6,81^{ac}$
4	$1,86 \pm 0,98^a$	$6,80 \pm 5,60^{ac}$
5	$1,59 \pm 0,84^{ac}$	$5,89 \pm 4,30^{ac}$
6	$2,49 \pm 1,53^{bc}$	$13,04 \pm 9,05^{bd}$
7	$1,65 \pm 0,90^{acf}$	$5,60 \pm 4,82^{ac}$
8	$2,06 \pm 1,20^{ad}$	$8,33 \pm 7,48^{ac}$

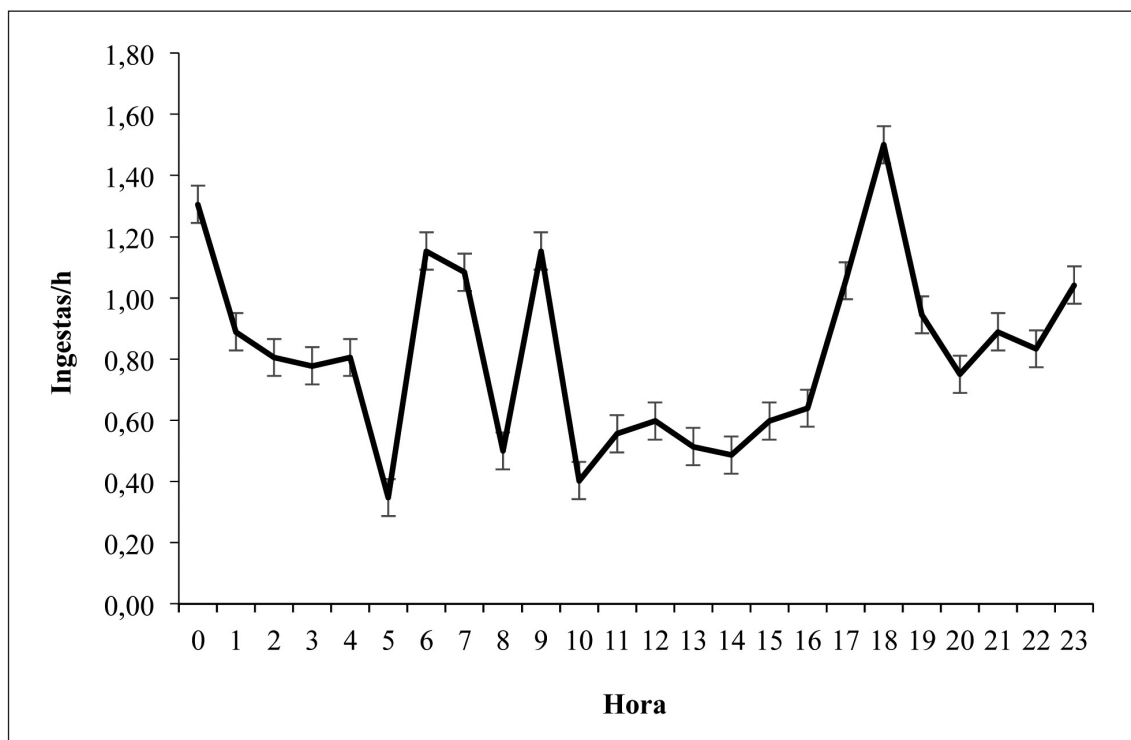


Figura 4. Distribución horaria (media $\pm$ ES) de las ingestas de concentrado diarias de corderos en un cebadero, estimadas mediante sensores de proximidad.

Figure 4. Hourly distribution (mean $\pm$ SE) of daily concentrate intake by lambs in a feeder, estimated using proximity loggers.

locar antenas en bebederos y comederos se estimaba la frecuencia de ingesta de agua y concentrado de estos animales. Las estaciones de alimentación automáticas capaces de determinar de modo individual el consumo de alimentos han aportado información muy fiable sobre el consumo real de alimento de pequeños rumiantes. François *et al.* (2007) registraron la ingesta individual de corderos en un cebadero utilizando comederos monoplaza con fines de selección genética, de modo que cada vez que un animal visita el comedero, se registra el número del animal mediante RFID, la hora exacta de su entrada y salida, y la diferencia en el peso del alimento existente el comedero entre esos dos momentos con una precisión de un gramo. Las

mayores ventajas de los sensores de proximidad respecto a estos sistemas radican en que son poco invasivos para el animal, integrándose en el ambiente natural del animal sin interferir drásticamente en su comportamiento, como sí hacen los comederos monoplaza o las estaciones de alimentación. Además, estos sensores permiten detectar la cercanía entre individuos de manera precisa, lo cual es esencial para estudiar las interacciones sociales, patrones de agrupamiento o actividades de colaboración entre animales, y permiten el monitoreo continuo durante largos períodos, lo cual facilita el análisis de patrones a lo largo del tiempo, incluyendo el comportamiento diurno y nocturno, sin necesidad de observación directa. La recopilación

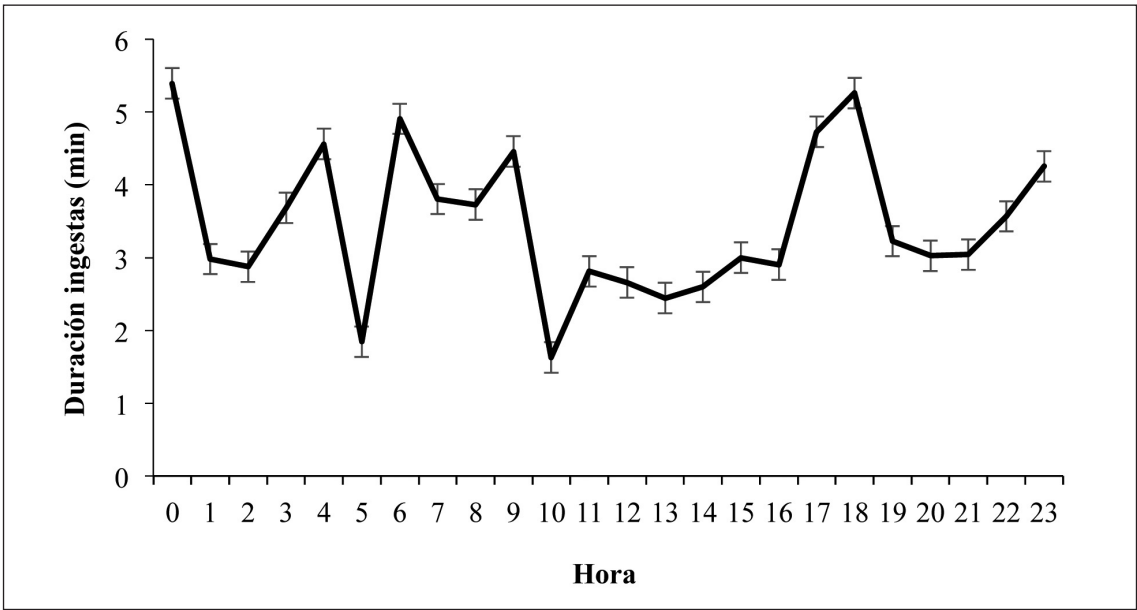


Figura 5. Tiempo medio ($\pm$ ES) (min) ingiriendo concentrado cada hora (min) en un cebadero de corderos, estimado mediante sensores de proximidad.
Figure 5. Mean time ($\pm$ SE) (min) eating concentrate per hour, of lambs in a feed-lot, estimated using proximity loggers.

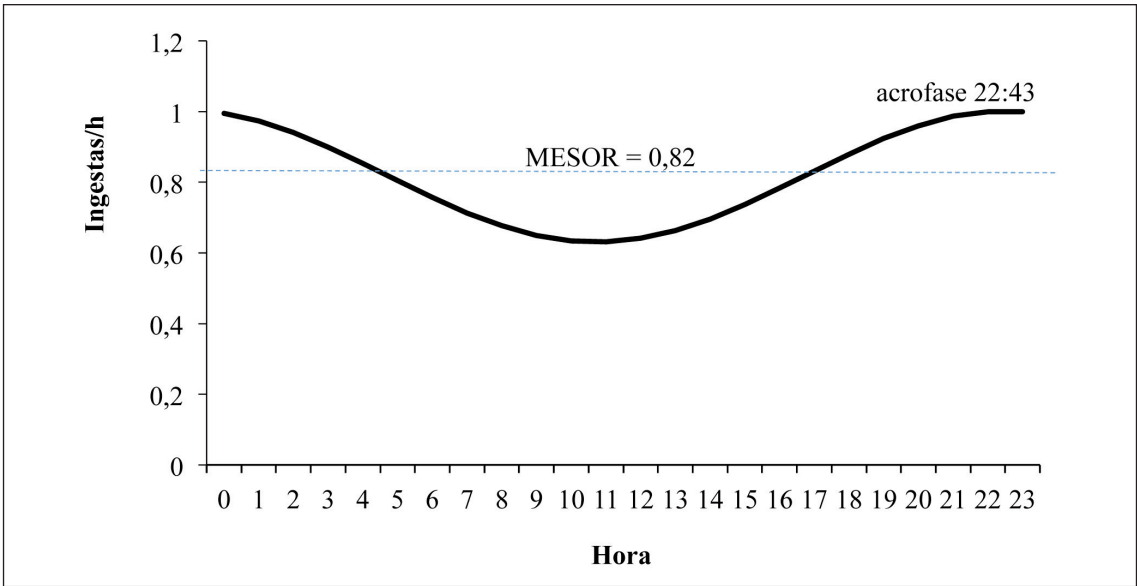


Figura 6. Curva cosinor del número de ingestas de concentrado por hora, estimadas mediante sensores de proximidad, de corderos en un cebadero, ajustada a un ritmo circadiano de 24 horas.
Figure 6. Cosinor curve of the number of concentrate intakes per hour, estimated using proximity loggers, of lambs in a feeder, adjusted to a 24-hour circadian rhythm.

ción automática de datos por sensores de proximidad permite manejar grandes volúmenes de información, lo que proporciona datos robustos y detallados para análisis estadísticos y modelos de comportamiento.

En nuestro experimento, los datos de los sensores de proximidad indicaron que, en promedio, los corderos se acercaron a las tolvas a consumir concentrado cada día unas 20 veces, pero con amplio rango, considerando el número de días y de corderos utilizados, de entre 8 a 35 veces. Este amplio rango coincide con lo publicado por Muir et al. (2018), quien, utilizando estaciones automáticas de alimentación, observaron un rango de visitas a las estaciones cada día de entre 2 y 31, con una media de 10, para ovejas recién destetadas, y de entre 3 y 28, con una media de 10, para corderas de reposición. Igualmente, Šenfelde y Kariša (2018) registraron entre 10 y 15 visitas diarias a las estaciones de alimentación, dependiendo de la fase de engorde de la que se tratara o de la raza estudiada.

En relación a la distribución horaria de las ingestas de concentrado diarias cada día y la variación horaria analizada para el tiempo empleado en visitar las tolvas de concentrado, Šenfelde y Kariša (2018) observaron que el número de visitas dependía de la hora del día, viendo una mayor intensidad entre las 2:00 y 3:00, 8:00 y 10:00, y 19:00 y 21:00, todo ello medido mediante estaciones electrónicas de alimentación. En nuestro caso se observaron picos de actividad de ingesta de alimentos a las 0:00, entre 6:00 y 7:00, a las 9:00 y a las 18:00. Por su lado, Nugroho et al. (2015), mediante observación directa de los animales, revelaron un aumento de la actividad de alimentación a las 6:00-6:29, 12:00-12:29, 18:00-18:29 y 0:00-0:29. Indudablemente, los factores que podrían afectar los resultados reportados son los diversos sistemas de alimentación, la raza y la edad de los corderos, el fotoperiodo, la temperatura del aire, la humedad del aire, la iluminación en el cebadero u otros.

Los corderos de nuestro estudio mostraron dos picos de actividad, en los que se registró una mayor frecuencia de ingesta de concentrado, de madrugada y al final del día. La especie ovina presenta un comportamiento crepuscular, mostrando picos de actividad de pastoreo al amanecer y al atardecer de modo que evitan pastar durante la noche como una estrategia innata contra los depredadores, siendo al amanecer, consumen alimento con el contenido energético más alto (Pipia et al., 2008). Obviamente, cuando las ovejas se crían bajo condiciones de manejo intensivo, no son libres de mostrar su comportamiento natural de alimentación, aunque mantienen intactos sus hábitos crepusculares. Trabajos realizados por nuestro grupo utilizando acelerómetros tri-axiales para medir la actividad locomotora de corderos en cebadero han evidenciado este comportamiento crepuscular, con un pico matutino y otro vespertino, siendo el segundo de mayor amplitud (Abecia et al., 2023 y 2024; Viola et al., 2023), coincidentes con los picos de actividad de ingesta de concentrados observados en este trabajo.

La modelización del ritmo de ingesta de concentrado a un ritmo circadiano de 24 h de duración reveló que los corderos presentan dicho ritmo diario, con la acrofase observándose alrededor de las 22:00. Estos mismos dispositivos mostraron también un ritmo circadiano en ovejas adultas en estabulación permanente de ingesta de agua (Abecia y Canto, 2024).

Conclusión

En conclusión, los sensores de proximidad utilizados en el presente experimento parecen apropiados para documentar los hábitos de ingesta de concentrado de corderos en un cebadero y, probablemente, serían adecuados para estudios de otros comportamientos que implican acercarse a otros animales u

objetos. Estos sensores han demostrado una sensibilidad capaz de detectar diferencias entre días y animales para los hábitos de ingesta de concentrado de los corderos, ofreciendo una alternativa más eficiente y menos disruptiva, lo que permite una mejor comprensión del comportamiento animal sin alterar su entorno natural.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración del Servicio General de Apoyo a la Investigación-SAI, Universidad de Zaragoza. Trabajo financiado por el Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). F. Canto fue financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo / Programa de Becas / Doctorado Becas Chile / 2020 – 72210031.

Referencias bibliográficas

- Abecia J.A., Canto F., Plaza J., Palacios C. (2023). Body temperature, heart rate, and locomotor activity measured by bio-loggers before and after a progestogen+eCG treatment for artificial insemination in sheep: effect of pregnancy. *Animal Production Science* 63: 1376-1384. <https://doi.org/10.1071/AN23081>.
- Abecia J.A., Canto F. (2024). Proximity loggers to study drinking pattern of sheep. *Book of Abstracts of the International Workshop on Measurements and Applications in Veterinary and Animal Sciences (MeAVeAS 2024)*, 22-24 de abril, Turín, Italia, pp. 40.
- Abecia J.A., Bello J.M., Marco L., Viola I., Canto F., Miranda-de la Lama G. (2024). Locomotor activity measured by actigraphy as a means of estimating social mixing and animal density-induced stress in lambs. *Large Animal Review* 30: 119-124.
- Aguilar L.A., Collins T., Dunston-Clarke E.J., Wickham S.L., Fleming P.A., Barnes A.L. (2020). Impact of shearing sheep on feeding and behaviour during the pre-embarkment feedlot phase of live export. *Animal Production Science* 60: 936-943. <https://doi.org/10.1071/AN19238>.
- Broster J.C., Rathbone D.P., Robertson S.M., King B.J., Friend M.A. (2012). Ewe movement and ewe-lamb contact levels in shelter are greater at higher stocking rates. *Animal Production Science* 52: 502-506. <https://doi.org/10.1071/AN11264>.
- Cosinor (2019). Plataforma en línea Cosinor. Disponible en: <https://cosinor.online/app/cosinor.php> (Consultado: 13 noviembre 2024).
- Doyle R.E., Broster J.C., Barnes K., Browne W.J. (2016). Temperament, age and weather predict social interaction in the sheep flock. *Behavioural Processes* 131: 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.08.004>.
- François D., Brunel J.C., Ricard E., Weisbecker J.L., Bouix J., Bourdillon Y., Bibé B. (2007). Use in selection of the measurements of feed intake and feeding behaviour parameters in sheep. En: *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat*. (Eds. Priolo A., Biondi L., Ben Salem H., Morand-Fehr P.), p. 441-447. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 74). CIHEAM, Zaragoza.
- Freire R., Swain D.L., Friend M. (2012). Spatial distribution patterns of sheep following manipulation of feeding motivation and food availability. *Animal* 6: 846-851. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002126>.
- IBM Corp. Released (2019). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kirkpatrick L., Herrera-Olivares I., Massawe A., Sabuni C., Leirs H., Berkvens R., Eens M., Weyn M. (2021). ProxLogs: Miniaturised proximity loggers for monitoring association behaviour in small animals. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 32: 165-175. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00430-2021>.
- Kour H., Patison K.P., Corbet N.J., Swain D.L. (2021). Recording cattle maternal behaviour using proximity loggers and tri-axial accelerometers. *Applied Animal Behaviour Science* 240: 105349. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105349>.

- Molcan L. (2019). Time distributed data analysis by cosinor. BioRxiv. 805960 (Online application). <https://doi.org/10.1101/805960>.
- Muir S.K., Linden N., Knight M., Behrendt R., Kearney G. (2018). Sheep residual feed intake and feeding behaviour: are 'nibblers' or 'binge eaters' more efficient? *Animal Production Science* 58: 1459-1464. <https://doi.org/10.1071/AN17770>
- Nugroho T.A., Dilaga W.S., Purnomoadi A. (2015). Eating behaviour of sheep fed at day and/or night period. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 40: 176-182. <https://doi.org/10.14710/jitaa.40.3.176-182>.
- Ozella L., Langford J., Gauvin L., Price E., Cattuto C., Croft D.P. (2020). The effect of age, environment and management on social contact patterns in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 225: 104964. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104964>.
- Ozella L., Price E., Langford J., Lewis K.E., Cattuto C., Croft D.P. (2022). Association networks and social temporal dynamics in ewes and lambs. *Applied Animal Behaviour Science* 246: 105515. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105515>.
- Pipia A., Ciuti S., Grignolio S., Luchetti S., Madau R., Apollonio M. (2008). Influence of sex, season, temperature and reproductive status on daily activity patterns in Sardinian mouflon (*Ovis orientalis musimon*). *Behaviour*, 145: 1723-1745. <https://doi.org/10.1163/156853908786279628>.
- Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado, núm. 34, de 8 de febrero de 2013, pp. 11370-11421.
- Šenfelde L., Kariša D. (2018). Effect of Automatic Feeding Station use on fattening performance in lambs and intake activity periods. *Agronomy Research* 16: 884891. <https://doi.org/10.15159/AR.18.132>.
- Shane D.D., White B.J., Larson R.L., Amrine D.E., Kramer J.L. (2016). Probabilities of cattle participating in eating and drinking behavior when located at feeding and watering locations by a real time location system. *Computers and Electronics in Agriculture* 127: 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.07.005>.
- Teixeira D.L., Miranda-de la Lama G.C., Villarroel M., Escós J., María G.A. (2014). Lack of straw during finishing affects individual and social lamb behavior. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.02.008>.
- Viola I., Canto F., Abecia J.A. (2023). Effects of melatonin implants on locomotor activity, body temperature, and growth of lambs fed a concentrate-based diet. *Journal of Veterinary Behavior* 68: 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2023.08.004>.
- Watson-Haigh N.S., O'Neill C.J., Kadarmideen H.N. (2012). Proximity loggers: data handling and classification for quality control. *IEEE Sensor Journal* 12: 1611-1617. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2011.2175215>.
- Young J., Draper J.P., Kinka D. (2019). Spatial associations of livestock guardian dogs and domestic sheep. *Human-Wildlife Interactions* 13: 6. <https://doi.org/10.26076/frv4-jx12>
- Zervas G., Rissaki M., Deligeorgis S. (2001). Free-choice consumption of mineral lick blocks by fattening lambs fed *ad libitum* alfalfa hay and concentrates with different trace mineral content. *Livestock Production Science* 68: 251-258. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00230-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00230-X).
- (Aceptado para publicación el 14 de noviembre de 2024)

Factores explicativos de la certificación de calidad en las micro, pequeñas y medianas empresas cafetaleras de Honduras

Jaime Valerio-Fortin^{1,*}, Daniel Coq-Huelva² e Isidoro Romero³

¹ Centro Regional Universitario Tecnológico Danlí de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

² Departamento de Economía Aplicada II e Instituto de Estudios sobre América Latina. Universidad de Sevilla.

³ Departamento de Economía Aplicada I e Instituto de Economía y Negocios de la Universidad de Sevilla.

Resumen

Las cadenas de valor agroalimentarias han experimentado profundos cambios en los últimos años. Uno de los más relevantes es su creciente segmentación y la importancia estratégica de poseer sellos o certificados de calidad para acceder a nichos diferenciados de consumidores y obtener, así, precios premium. La presente investigación se ocupa de los factores que explican la obtención de estos certificados en el caso de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) en distintos eslabones de la cadena de valor del café de Honduras. Este análisis se ha basado en la estimación de un modelo econométrico de regresión logística en el que la variable dependiente es la obtención o no de certificación. Los hallazgos de este estudio muestran que los comerciantes individuales y las cooperativas presentan mayores probabilidades de obtener un certificado o sello de calidad. Asimismo, se observa que la disponibilidad de un certificado permite mejorar el acceso a los mercados nacional e internacional, además de incrementar el poder de negociación en la comercialización del café. El trabajo muestra igualmente que las MIPYMES que reciben estímulos para proteger el medio ambiente y apoyo en forma de asistencia técnica especializada por parte de instituciones nacionales e internacionales tienen más probabilidades de acceder a certificaciones de calidad.

Palabras clave: Café, competitividad, cadena de valor global, gobernanza, certificado de calidad.

Explanatory factors of quality certification in the coffee micro, small, and medium-sized enterprises in Honduras

Abstract

Agri-food value chains have experienced profound changes in recent years. One of the most relevant is its growing segmentation and the strategic importance of having quality seals or certificates to access differentiated consumer niches and thus obtain premium prices. This research deals with the factors that explain the obtaining of these certificates in the case of micro, small, and medium enterprises.

* Autor para correspondencia: jaime.valerio@unah.edu.hn

Cita del artículo: Valerio-Fortin J., Coq-Huelva D., Romero I. (2025). Factores explicativos de la certificación de calidad en las micro, pequeñas y medianas empresas cafetaleras de honduras. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 69-88. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.018>



ses (MSMEs) in various stages of the coffee value chain in Honduras. This analysis has been based on estimating an econometric logistic regression model in which the dependent variable is whether the company has a certification or not. The findings of this study show that individual traders and cooperatives are more likely to get a quality certificate or seal. Furthermore, it is observed that the availability of a certificate allows improving access to national and international markets, in addition to increasing bargaining power in the marketing of coffee. The study also shows that MSMEs that receive incentives to protect the environment support in the form of specialized technical assistance from national and international institutions are more likely to access quality certifications.

Keywords: Coffee, competitiveness, global value chain, governance, quality certificate.

Introducción

En términos generales, certificar implica someter un producto o servicio a un dictamen de un organismo externo que acredita el cumplimiento de unas normas técnicas determinadas. Una empresa puede optar por certificar su modelo de gestión de acuerdo con diferentes criterios: respeto al medioambiente, prevención de riesgos laborales, responsabilidad social corporativa, gestión de personas, igualdad de género, etc.

El agroalimentario es uno de los sectores en los que los procesos de certificación han sido más profusos y relevantes (Henson y Humphrey, 2009). Así, muchas cadenas alimentarias han experimentado cambios importantes sobre la base de procesos de certificación que han afectado tanto a mercados de grandes volúmenes como de nicho (Sonnino y Marsden, 2006; Ponte, 2009). Esto ha generado la aparición de “circuitos” de valor diferenciados integrados en cadenas de valor más amplias. En este sentido, producciones como el vino (Ponte, 2009), los quesos (Schmitt et al., 2016), el aceite de oliva (Coq-Huelva et al., 2017), las hortalizas (Henson et al., 2011) o producciones tropicales como el banano (Bellamy et al., 2016) o el cacao (Amuzu et al., 2022) se han visto fuertemente afectadas por procesos de certificación.

La obtención de certificados es, por tanto, un elemento clave en la actualidad en la gobernanza de las cadenas de valor agroalimenta-

rias. Desde un punto de vista de demanda, depende de ellos tanto el acceso a ciertos mercados, como los precios de intercambio de distintos productos y subproductos (Reard, 2003; Minten y Reardon, 2008). Desde un punto de vista de oferta, las certificaciones condicionan la forma que toman los sistemas de manejo agrario, de transformación industrial, así como los costes asociados a la producción, transformación y almacenamiento de los alimentos. Además, las certificaciones son elementos básicos a la hora de facilitar la coordinación de los agentes y de propiciar mejoras en los agrosistemas y las condiciones sociales en la que se desarrollan las distintas actividades agroalimentarias (Ponte, 2009; Leme y Machado, 2013; Babin, 2015; Coq-Huelva et al., 2017).

Las certificaciones son estándares asumidos voluntariamente por los agentes (Minten et al., 2018). Son procesos costosos que requieren frecuentemente cambios en las rutinas organizativas, la construcción de nuevas infraestructuras y/o la adquisición de nuevas competencias. De este modo, se asocia al desarrollo de innovaciones tanto de producto como de procesos (Tregear et al., 2016). Por tanto, la obtención de un certificado es, en primer lugar, resultado de una decisión de la gerencia de la empresa (Coq-Huelva et al., 2017). Por ello, es particularmente relevante identificar los factores que explican que se decida o no realizar estas “apuestas”, extremo que se aborda en el presente artículo. No obs-

tante, pese a que en última instancia la adopción de certificaciones depende de decisiones empresariales individuales, la literatura académica sobre el tema frecuentemente enfatiza en el papel de instituciones públicas nacionales, ONGs y organizaciones de economía social en la difusión de certificaciones concretas, así como en el apoyo a los diferentes agentes implicados en los procesos de cambio (Renard, 2003; Mosier y Thilmany, 2016).

Por los cambios técnicos, económicos y organizativos que implican, las certificaciones están generalmente asociadas a la existencia de un conjunto de incentivos económicos bajo la forma de mayor reconocimiento por parte de los consumidores finales, más fácil acceso a mercados finales, precios premium, y aumento de rentas brutas (Gracia, 2005; Chiputwa et al., 2015; Rainforest Alliance, 2021). Sin embargo, las certificaciones no siempre son exitosas, de ahí su carácter de “apuesta” empresarial. En algunos casos, no han conseguido inducir cambios sustanciales en los hábitos de compra y la disposición al pago de los consumidores finales (Pérez y Pérez y Gracia, 2020). En otros, pese a producirse aumentos en los precios percibidos, éstos han sido menores al incremento de costes inducidos por las nuevas prácticas (Van der Vossen, 2005). Por último, en muchos casos también, aunque el balance entre precios y costes es favorable en términos monetarios, las rentas adicionales generadas no han sido suficientes para sacar a los productores de la “trampa de la pobreza” (Valkila, 2009; Méndez et al., 2010).

Además, los procesos de certificación tienen implicaciones importantes más allá de lo estrictamente monetario. Así, las iniciativas de certificación están normalmente vinculadas, de una forma u otra, con la mejora en de-

terminados parámetros ambientales y/o sociales (Valkila, 2009; Ruben y Fort, 2012; Van Rijsbergen et al., 2016). Sin embargo, incluso centrándose en el elemento estrictamente monetario, los efectos de las certificaciones van más allá de la dimensión estrictamente comercial, contribuyendo frecuentemente a mejorar la eficiencia técnica de las producciones agrarias y, con ello, indirectamente, su rentabilidad vía racionalización de costes.

El café es una de las cadenas de valor alimentarias más afectadas por los procesos de certificación. Sus procesos de certificación implican varios “labels” y tienen repercusiones importantes en la práctica totalidad de las grandes zonas productoras: en Asia, en países como Indonesia (Ibnu et al., 2018) o Vietnam (Ha y Shively, 2008); en Sudamérica, en países como Colombia (Ibanez y Blackman, 2016) o Perú (Ruben y Fort, 2012); y en África, en países como Ruanda (Elder et al., 2012), Uganda (Chiputwa et al., 2015), Kenya (Van Rijsbergen et al., 2015) o Etiopía (Minten et al., 2018). Históricamente, existe un amplio número de certificaciones cafetaleras. No obstante, cinco de ellas destacan a nivel mundial sobre las demás: Comercio Justo, Producción Ecológica, Rainforest Alliance, UTZ y GlobalGap¹. Junto a estas certificaciones—que pueden catalogarse como clásicas, en tanto remontan sus orígenes a finales del siglo XX—hay otras emergentes más recientes asociadas a grandes operadores globales como Starbucks o Nestlé. En 2021, del total de café producido a nivel mundial, el 12 % tenía la certificación UTZ y el 5-8 % la certificación Comercio Justo (Fair Trade America, 2024). Por tanto, los procesos de certificación tienen en el caso del café una participación muy relevante en el conjunto de la producción e intercambio a nivel mundial.

¹ En la actualidad Rainforest Alliance y UTZ se han fusionado pasando a ser una sola certificación (Rainforest Alliance, 2024).

La producción de café es particularmente relevante en Centroamérica, debido no solo al empleo y rentas que genera, sino también a su papel en las balanzas comerciales como fuente de divisas (Wilson, 2013). En este contexto, el funcionamiento de la cadena de valor del café y, en concreto, de distintas certificaciones como Comercio Justo o Producción Ecológica, ha sido ampliamente analizada para países como Costa Rica o Nicaragua (Pirrotte et al., 2006; Valkila, 2009). Esto se debe, en parte, a que estas certificaciones ya tenían un papel relativamente importante en estos países a principios de los años 90 del pasado siglo. Frente a ello, el caso de Honduras ha sido poco analizado académicamente, pese a que la producción hondureña de café es más de cinco veces la costarricense y casi triplica la nicaragüense, de acuerdo con los datos proporcionados por FAOSTAT (FAO, 2023). En el caso hondureño, la producción de café certificado (o diferenciado, según la terminología utilizada en las estadísticas oficiales) es especialmente importante, llegando a representar el 54,8 % del total de exportaciones en la campaña 2020-21 (Instituto Hondureño del Café, 2022).

La producción, transformación y comercialización de café tiene un peso muy importante en el conjunto de la economía hondureña, organizándose en una compleja cadena de valor. Así, se encuentran inscritas en registros oficiales más de 122.000 familias productoras, de las cuales el 95 % son consideradas pequeños productores. Dentro del sector, juegan un papel fundamental las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), que constituyen la mayor parte del tejido empresarial cafetalero en Honduras.

En Honduras, existen varias certificaciones en el sector del café, siendo las principales las clásicas (Comercio Justo, Producción Ecológica, UTZ, etc.), aparte de algunas emergentes, como 4C o Café Practices (Starbucks) (Álvarez, 2018; Instituto Hondureño del Café,

2022). Más allá de las diferencias concretas, todas ellas tienen una concepción de tipo socio-ambiental. En este sentido, engloban todo un conjunto de normas a aplicar en las fincas en la etapa de producción y en el beneficiado (trazabilidad del producto y aseguramiento de la calidad), que favorecen a los propietarios y a los trabajadores (prohibición del trabajo forzado e infantil y salario digno), al medio ambiente y a las comunidades adyacentes.

El objetivo de este trabajo es identificar qué factores principales inciden en el proceso de obtención de certificaciones de calidad en las MIPYMES cafetaleras en Honduras, aplicando una regresión logística binaria. El estudio presenta dos novedades principales. La primera, ya citada, es que se centra en Honduras, un país poco presente en la literatura académica pese a su importancia como productor. La segunda es que realiza un análisis de la cadena de valor que va más allá de la consideración exclusiva de la producción agraria, característica de buena parte de la literatura (Elder et al., 2012; Ruben y Fort, 2012; Van Rijsbergen et al., 2016; Ngudiantoro et al., 2020). Por el contrario, el presente artículo concentra su atención en las MIPYMES que participan en el almacenamiento, la transformación industrial (despulpado, beneficiado húmedo, beneficiado seco, trillado, molido, tostado y empacado) y la comercialización del café, dando lugar a distintas producciones intermedias y productos semi-procesados (grano húmedo, grano seco, grano oro, trillado, tostado, molido, empacado, etc.).

En todo caso, este énfasis en el estudio de agentes transformadores y comercializadores no significa que no se considere a los productores agrarios o producción primaria. De hecho, el 80 % de los agentes considerados en la presente investigación son también productores agrarios, además de comercializadores y/o transformadores. En este sentido, cultivan un área promedio de 15,2 ha.

Así, sus decisiones sobre certificación van a reflejar también forzosamente, la de, al menos, un segmento muy relevante de productores agrarios.

Material y métodos

Área de estudio

La investigación empírica se apoya en una encuesta a MIPYMES cafetaleras de Honduras. El estudio incluye a las seis zonas cafetaleras de Honduras, que aquí denominaremos “mercados regionales”. El café es un cultivo

que se da preferentemente por encima de los 500 m de altura en la variedad robusta y 900 m en la arábica. Por ello, en Honduras se ubica en seis grandes macizos montañosos (véase Figura 1) (Instituto Hondureño del Café, 2022). Dentro de cada una de estas áreas, tienen lugar intercambios más frecuentes entre distintos agentes sobre la base de criterios menos controlados y regulados. Por ello, reciben el nombre de mercados regionales. En conjunto, las seis regiones cafetaleras albergan a más de 122.000 familias productoras, así como 744 MIPYMES. El total de área cultivada es de alrededor de 290.649 ha (Álvarez, 2018; Instituto Hondureño del Café, 2022).

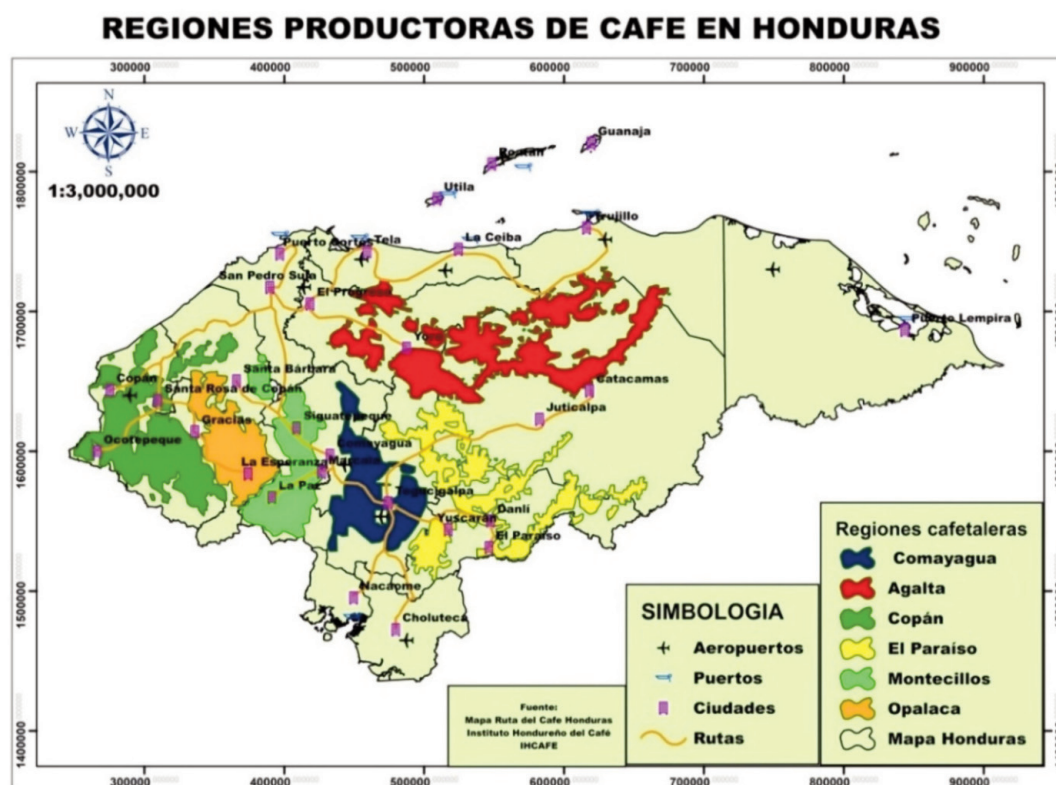


Figura 1. Mapa (IHCAFE, 2023), refleja las seis regiones cafetaleras del país: Copán, Opalaca, Montecillos, Comayagüa, Agalta y El Paraíso.

Figure 1. Map (IHCAFE, 2023) reflecting the six coffee-growing regions of the country. Copan, Opalaca, Montecillos, Comayagüa, Agalta and El Paraíso.

Diseño y caracterización de la muestra. Presentación de los datos estadísticos

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo de alcance correlacional y carácter no experimental. La investigación se basó en información obtenida de fuentes primarias a través de una encuesta específicamente diseñada para la presente investigación y dirigida a las MIPYMES del sector cafetalero de Honduras.

La encuesta se realizó a los administradores o dueños de las MIPYMES a través de entrevistas personales, dirigidas por encuestadores expertos que fueron contratados para desplazarse a las empresas. Se buscó así asegurar la comprensión del cuestionario por parte de los entrevistados, favoreciendo la calidad de la información obtenida. El trabajo de campo se desarrolló entre junio y octubre de 2022. La población objetivo eran las 744 MIPYMES inscritas en la base de datos del Instituto Hondureño del Café. Se envió el cuestionario a todas ellas y respondieron, después de diversos intentos, 278 MIPYMES, es decir, el 37,3 % de la población objetivo. En poblaciones de empresas relativamente reducidas, la elaboración de un cuestionario y el envío a la totalidad del censo es una metodología

ampliamente difundida y generalmente aceptada (Newby et al., 2003; Pielsticker y Hiebl, 2020). Partiendo de este marco metodológico, la tasa de respuesta (37,3 %) es notablemente superior a la obtenida generalmente en este tipo de investigaciones. Si, tal y como se considera habitualmente en este tipo de estudios, se supone que la selección realizada de los participantes sigue patrones aleatorios, puede afirmarse que la muestra finalmente obtenida tiene un margen de error inferior al 5 % (en concreto, del 4,65 %) y un nivel de confianza superior al 95 %.

Se comprobó que las seis áreas territoriales en las que se da el cultivo de café en Honduras estuvieran lo suficientemente representadas en la muestra, aunque no puede hablarse estrictamente de la fijación de estratos (ver Tabla 1). Como se ha indicado, la encuesta se dirigió a MIPYMES que realizan distintas actividades de almacenamiento, transformación y comercialización del café. Sin embargo, pese a la alta especialización, se trata de un modelo de organización muy flexible donde las empresas, en coyunturas específicas, pueden desarrollar actividades distintas a su “core business”. Por ejemplo, una MIPYME dedicada a la transformación puede, en determinados momentos, almacenar dis-

Tabla 1. Regiones cafetaleras y estructura de la muestra.
Table 1. Coffee regions and sample structure.

Nº	Regiones	Nº de productores	%	Nº de MIPYMES encuestadas	%
1	MONTECILLOS	24.769	23,55	56	20,15
2	COPÁN	23.903	22,73	53	19,06
3	OPALACA	4.869	4,63	23	8,27
4	EL PARAÍSO	15.412	14,65	45	16,19
5	COMAYAGUA	28.430	27,03	69	24,82
6	AGALTA	7.788	7,41	32	11,51
	TOTAL	105.171	100,00	278	100,00

tintos subproductos y comercializarlos. Esta circunstancia dificulta la asignación a categorías prefijadas, imposibilitando, a su vez, que tenga algún sentido la fijación de estratos diferenciados por tipos de operador.

La Tabla 2 presenta un listado de las variables dependientes e independientes consideradas, junto a sus principales estadísticos descriptivos. La mayor parte de los dueños o administradores en el sector son de sexo masculino, lo que explica que 220 de los 278 entrevistados fueran hombres y solo 58 mujeres. En este sentido, parece confirmarse la existencia de una desigual asunción de posiciones de responsabilidad como consecuencia de dinámicas de género y, por tanto, de situaciones de división sexual del trabajo estructuralmente desfavorables para las mujeres.

De las 278 MIPYMES entrevistadas, el 51 % posee un certificado o sello de calidad. En cuanto al tamaño de la empresa, el promedio

de empleados por MIPYME es de 22 empleados, aunque la dispersión es elevada (26,5) y la distribución asimétrica, de modo que la mediana es bastante menor (14 empleados). El 50 % de las cafetaleras comercializa su producto principalmente en su mercado regional. No obstante, el 17 % comercializa principalmente su café en el mercado nacional y el 33 % vende principalmente sus productos en el mercado internacional. La importancia de los estímulos para proteger el medio ambiente y la asistencia técnica es calificada por los empresarios en la encuesta a través de una escala que diferencia entre nula, baja, media o alta. En el caso de los estímulos para proteger el medio ambiente, los empresarios encuestados los consideran de importancia baja, mientras que la asistencia técnica es considerada como de importancia entre baja y media. La variable "Precio negociado sobre la base bolsa de valores de Nueva York" es una variable dicotómica que

Tabla 2. Principales indicadores descriptivos.
Table 2. Main descriptive indicators.

Indicadores	Medición	Mín.	Máx.	Media	Desv. típ.
Posee certificado o sello de calidad	1, sí y 0 no	0	1	0,51	0,50
Mercado de venta más importante: Nacional	1, sí y 0 no	0	1	0,17	0,37
Mercado de venta más importante: Internacional	1, sí y 0 no	0	1	0,33	0,47
Precio negociado sobre la base bolsa de valores de Nueva York	1, sí y 0 no	0	1	0,54	0,49
Comerciante individual	1, sí y 0 no	0	1	0,51	0,50
Cooperativa	1, sí y 0 no	0	1	0,21	0,40
Estímulos por protección al medio ambiente	0 nada; 1 baja; 2 medio; 3 alta	0	3	0,80	0,90
Asistencia técnica	0 nada; 1 baja; 2 medio; 3 alta	0	3	1,39	0,84
Número de empleados de la empresa	Nº de empleados	0	260	21,73	26,50

indica si, en sus transacciones con los compradores de café, se aplican los precios de la bolsa de Nueva York. El 54 % de los entrevistados indica que sus transacciones se realizan siguiendo estos precios.

Bases teóricas del modelo econométrico estimado

En cuanto a la metodología econométrica, en este artículo se utiliza un modelo de regresión logística para evaluar la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente binaria que captura la posesión o no de un certificado de calidad. Para controlar posibles problemas de heteroscedasticidad, se realizaron una serie de pruebas previas a partir de la utilización de estimadores robustos (QML). Su uso, sin embargo, no implicaba una reducción relevante de las desviaciones típicas de los estimadores. Por el contrario, en un 60 % de los coeficientes estimados se producía un aumento. Por ello, se optó por utilizar las desviaciones típicas del modelo estándar. En todo caso, se realizó igualmente una comprobación a partir de tablas de contingencia y del contraste de Hosmer-Lemeshow que contribuyeron a comprobar la robustez de los estimadores.

El modelo de regresión logística binaria se puede presentar de la siguiente forma:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = z = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$$

donde p es la probabilidad de que $y = 1$; y representa la obtención de un certificado de calidad; X_j son las variables independientes o explicativas ($j = 1, \dots, k$); y β_j denota los coeficientes de regresión ($j = 1, \dots, k$) a estimar. La probabilidad de poseer un certificado o sello de calidad para un determinado valor de las variables explicativas x_j viene dada por la siguiente expresión:

$$p = \frac{\exp\left(\beta_0 + \sum_j \beta_j x_j\right)}{1 + \exp\left(\beta_0 + \sum_j \beta_j x_j\right)}$$

Este modelo de regresión logística se estima utilizando el método de máxima verosimilitud. Se empleó el programa IBM SPSS Statistics v. 29.

Hipótesis de investigación

En este trabajo analizamos los factores que explican la obtención de certificaciones de calidad por parte de las MIPYMES cafetaleras en Honduras. A este respecto, exploraremos las hipótesis de investigación que aparecen resumidas en el marco teórico propuesto en la Figura 2.

Comercialización del café y certificados de calidad

La caficultura hondureña está regulada por un reglamento de comercialización que es ejecutado por el Instituto Hondureño del Café. En este reglamento, se le otorga mucha importancia a la trazabilidad, que trasciende el momento de transformación industrial y se remonta, por tanto, a la producción agraria. La orientación del café a un mercado nacional implica, por tanto, el cumplimiento de estas normas lo cual, a su vez, puede facilitar el camino para obtener otros certificados internacionalmente aceptados. En este sentido, uno de los objetivos explícitamente reconocidos en la normativa nacional del sector del café es la regulación de la obtención de certificaciones (artículos 59, 62, 70 y 76) (Acuerdo 136-2015). El vínculo entre regulaciones crecientemente exigentes a nivel nacional y fomento de la certificación no es exclusivo de Honduras. Por ejemplo, es también

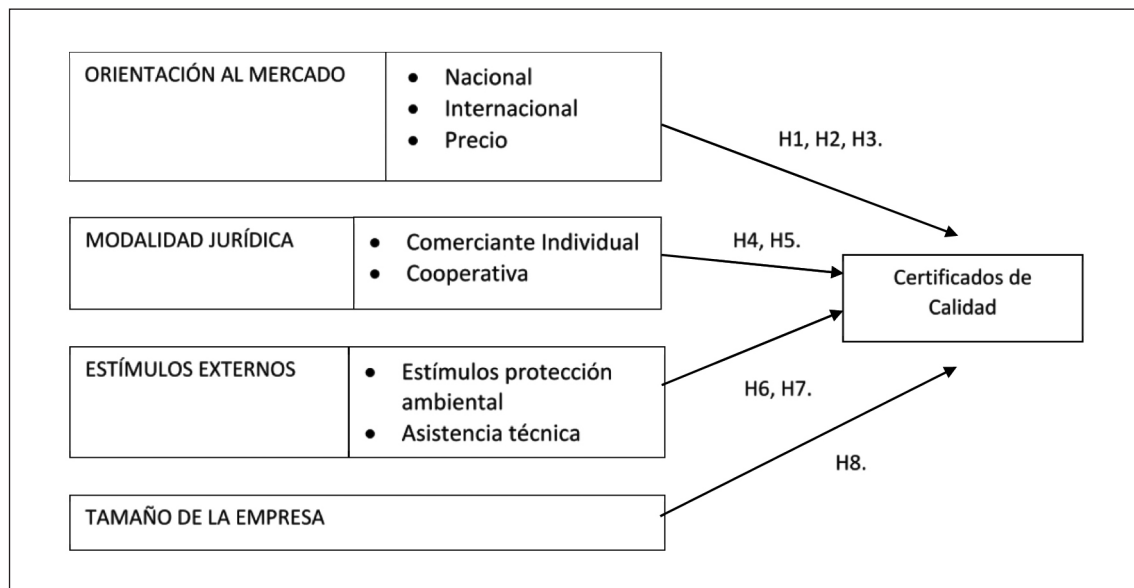


Figura 2. Marco teórico e hipótesis de investigación.

Figure 2. Theoretical framework and research hypotheses.

una característica de la organización de la cadena de valor del café en Brasil (Leme y Machado, 2013). Incluso, en ocasiones, la ordenación del mercado a nivel nacional se concibe sobre la base del fomento de certificaciones nacionales, vinculadas a certificaciones internacionales más amplias (Tey et al., 2016). En todo caso, muchos de los actores en el mercado internacional demandan certificaciones específicas. Así, la obtención de certificaciones relevantes, como Comercio Justo o la UTZ, permiten establecer contacto directo con agentes minoristas líderes a escala mundial, como Wal-Mart, Costco y McDonald's (Kolk, 2012). Por todo ello, la exportación se vincula al aumento de las certificaciones, que son necesarias no solo para obtener precios premium sino también para tener acceso a segmentos relevantes de los mercados internacionales. La importancia del acceso a mercados internacionales está contrastada en numerosos estudios como por ejemplo los referidos a la producción de café

bajo la certificación Comercio Justo en Nicaragua (Ruben y Zuñiga, 2011), Uganda (Chiputwa et al., 2015) o Etiopía (Minten et al., 2018). La dificultad de los procesos de certificación y la necesidad de entender estos a múltiples escalas ha sido puesta de manifiesto en distintos estudios (Bravo-Monroy et al., 2016). A este respecto, proponemos las siguientes hipótesis de investigación:

H1: Las MIPYMEs que se orientan al mercado nacional tienen mayor probabilidad de disponer de un sello o certificado de calidad (frente a aquellas que se orientan al mercado regional).

H2: Las MIPYMEs que se orientan al mercado internacional tienen una mayor probabilidad de disponer de un sello o certificado de calidad (frente a aquellas que se orientan al mercado regional y nacional).

Cabe resaltar que el café es un producto commodity que cotiza en los mercados bursátiles, en particular, la bolsa de Nueva York. La re-

percusión de los valores de negociación de las materias primas, en general, y los alimentos, en particular, sobre los precios efectivos de las transacciones ha sido documentada en distintos estudios (Newman, 2009; Tröster, 2015). En el caso del café, estos valores bur-sátiles tienen, en distintos países, una importancia de facto clave a la hora de negociar los precios de las transacciones (Mehta y Chavas, 2008). En este sentido, muchas MIPY-MES cafetaleras se encuentran en una débil posición en la negociación en relación a los compradores, que frecuentemente imponen el precio por debajo del nivel de referencia de los mercados internacionales. Sobre estos precios-base, actúan las diferentes certifi-caciones que suelen suponer un precio pre-mium, es decir, un sobre-precio sobre el pre-cio-base. Las MIPYMES que poseen un sello o certificado de calidad pueden tener un mayor poder de negociación porque su producto está diferenciado, tiene un mayor valor percibido por el comprador, y cuenta con la ga-rantía de estándares de calidad, sostenibilidad y responsabilidad social. Algunas certifi-caciones (como Comercio Justo) establecen una serie de mecanismos para asegurar precios diferenciales sobre todo en coyunturas de precios internacionales bajos (Dragusanu et al., 2014). Además, como ya se ha indicado, el porcentaje de exportaciones de café certifi-cadas en Honduras en la última campaña disponible (2020-21) fue particularmente elevado (54,8 %). En consecuencia, postulamos la siguiente hipótesis de investigación:

H3: Las MIPYMES que poseen un sello o certificado de calidad tienen mayor poder para negociar los precios con sus compra-dores de café.

Forma jurídica (tipo de empresa) y certificación de la calidad en el sector del café

Como ya se ha indicado en la introducción, la obtención de certificaciones implica el desa-

rrrollo de nuevas competencias empresariales asociadas, frecuentemente, a procesos de inversión y cambio organizativo. En este sentido, la flexibilidad organizativa y de merca-dos es particularmente importante (Gibbon, 2001). En el caso hondureño, una gran parte de las MIPYMES son empresarios individua-les, aunque no necesariamente de pequeña facturación, que comercializan el 80 % del café (Álvarez, 2018). Los empresarios indivi-duales pueden ver facilitada la obtención de los certificados debido a su mayor flexibilidad operativa, que les permite tomar decisiones rápidas. También es relevante su capacidad de coordinación, como muestra de la exis-tencia de niveles importantes de confianza y valores compartidos, que permiten fáciles acuerdos (Elder et al., 2012). Así, las inver-siones y los cambios en los procesos organi-zativos son más fáciles de gestionar en em-presarios individuales, que no necesitan pasar por largos procesos burocráticos de toma de decisiones, como sí ocurre en otros tipos de empresa (sociedades anónimas, cooperati-vas, etc.). De este modo, presentamos la si-guiente hipótesis de investigación:

H4: Las empresas cafetaleras que operan bajo la forma de comerciante individual tienen más probabilidades de obtener cer-tificados de calidad que el resto.

Como también se ha indicado, independien-temente de las dinámicas estrictamente de mercado, las políticas públicas y la actuación de agentes con lógicas no estrictamente mer-cantiles, como ONGs, también han tenido un papel importante en determinados procesos de certificación (Renard, 2003). En este sentido, frecuentemente se ha promovido el pa-pel de las cooperativas (Coq-Huelva et al., 2017 y 2024). También, en el caso del café en Honduras, las cooperativas han sido objeto de un apoyo sostenido en el tiempo por las instituciones públicas. Además, las coopera-tivas suelen tener una misión más alineada con principios de sostenibilidad ambiental y

responsabilidad social, lo que coincide con los criterios de muchas certificaciones. En el caso del café, la importancia de las cooperativas en los procesos de certificación, así como el positivo efecto de éstos en el funcionamiento de las primeras, se encuentra ampliamente documentado en la literatura, en realidades tan cercanas a la hondureña como Nicaragua (Bacon, 2005) o México (Jaffee, 2014). Algunas de las certificadoras más importantes, como Comercio Justo, están particularmente enfocadas en lograr una mejora en las condiciones de vida de los agricultores, entendiendo que las cooperativas son las organizaciones que deben favorecer y articular dichas transformaciones (Dragusanu et al., 2014). Sin embargo, las cooperativas tienen procesos decisionales más complejos, lo que frecuentemente da lugar a una menor flexibilidad organizativa, menor agilidad en la toma de decisiones y menores niveles de adaptación a mercados caracterizados por su volatilidad. A este respecto, proponemos la siguiente hipótesis de investigación:

H5: Las empresas cafetaleras que operan bajo la forma de cooperativa tienen mayor probabilidad de obtener certificados de calidad que el resto de productores salvo los empresarios individuales.

Estímulos y apoyos externos y certificación de la calidad en el sector del café

El que las MIPYMES cafetaleras opten por gestionar un sello o certificado de calidad depende de obtener beneficios o estímulos significativos. Entre las cinco principales certificaciones de café (Comercio Justo, Producción Ecológica, Rainforest Alliance, UTZ Certified y GlobalGAP), Rainforest Alliance y Producción Ecológica se centraron inicialmente en cuestiones ambientales, para posteriormente ir vinculando la protección ambiental con distintos elementos sociales. En el caso de Comercio Justo, fue más bien al contrario; rea-

lizó inicialmente una aproximación social para, posteriormente, dar un peso creciente a las cuestiones ambientales. En todo caso, la cuestión ambiental tiene un papel destacado en las certificaciones cafetaleras (Ruben y Fort, 2012; Hagggar et al., 2017). El hecho de que, frente a regulaciones que forzosamente implican costes adicionales, las certificaciones estén asociadas a posibles beneficios es un elemento que contribuye a la difusión de éstas, así como a su percepción como procesos ganadores ambiental y económicamente (Ibanez y Blackman, 2016). Cuando además, las problemáticas ambientales se concretan en problemas dentro de las propias explotaciones agrarias (erosión, pérdida de fertilidad del suelo, pérdida de biodiversidad, etc.) la respuesta al incentivo ambiental tiende a ser mayor (Fitriani et al., 2018). A este respecto, postulamos la siguiente hipótesis:

H6: Las MIPYMES cafetaleras que reciben incentivos para proteger el medio ambiente tienen mayores probabilidades de obtener un sello o certificado de calidad.

Como ya se ha indicado, la intervención pública tiene un papel esencial en la expansión de los procesos de certificación (Renard, 2003). Las MIPYMES hondureñas, especialmente las cooperativas y organizaciones del sector social de la economía, reciben apoyo de instituciones del gobierno, las embajadas, las universidades y ONGs nacionales e internacionales en diversos ámbitos. Esta asistencia técnica puede favorecer la obtención de sellos o certificados de calidad por parte de los productores, afrontando la barrera que la falta de educación puede suponer en algunos casos (Carlsen et al., 2012). Por consiguiente, postulamos la siguiente hipótesis:

H7: Las MIPYMES que reciben asistencia técnica de entidades nacionales o internacionales tienen mayores probabilidades de obtener un certificado o sello de calidad.

Tamaño empresarial y certificación de la calidad en el sector del café

El tamaño de la empresa ha sido de continuo interés para quienes estudian la actividad innovadora de las MIPYMES (Romero y Martínez-Román, 2012). Un tamaño empresarial menor, en términos de número de empleados, puede limitar el acceso a los recursos financieros para abordar inversiones, lo que podría dificultar la implementación de los cambios en los procesos que se requieren para obtener una certificación. No obstante, las cafetaleras de menor tamaño disfrutan de una mayor flexibilidad y agilidad operativa en la toma de decisiones y la implementación de los cambios, lo que les permitiría adaptar sus procesos más fácilmente a fin de cumplir con los requisitos necesarios para obtener certificados de calidad. Asimismo, las cafetaleras de menor tamaño pueden tener mayores incentivos para obtener certificaciones de calidad como vía para diferenciarse de sus competidores. Esta opción estratégica les puede permitir mejorar su posición en el mercado frente a las grandes cafetaleras que disponen de ventajas en costes por explotar las economías de escala. Es así como proponemos en este trabajo la siguiente hipótesis de investigación:

H8: Las MIPYMES de menor tamaño tienen más probabilidades de obtener un sello o certificado de calidad.

Resultados

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis de regresión logística sobre la variable posesión de un certificado o sello de calidad. No se detectaron problemas de multicolinealidad. En concreto, se valoraron los dos indicadores más frecuentemente utilizados para este propósito: el Factor de Inflación de la Varianza y el Índice de Condi-

ción. El Factor de Inflación de la Varianza está en todos los casos por debajo de 5 y el Índice de Condición por debajo de 10.

Con relación a las hipótesis H1 y H2, los resultados muestran que la orientación al mercado nacional y, en mucha mayor medida, al mercado internacional estimula a las MIPYMES a obtener sellos o certificados de calidad (frente a la orientación al mercado regional, que actúa como categoría base).

Asimismo, la hipótesis H3 encuentra apoyo empírico en los resultados obtenidos, que muestran una relación significativa estadísticamente entre el acceso a una certificación y la aplicación del precio de la bolsa de Nueva York en las transacciones con los compradores (variable Precio negociado sobre la base bolsa de valores de Nueva York). Por el contrario, las empresas cafetaleras que no disponen de certificados de calidad se presentan a la negociación con los compradores en una posición comparativamente más débil, viéndose más frecuentemente obligadas a asumir, a menudo, precios de venta por debajo de las referencias internacionales.

Los resultados confirman, también, la hipótesis H4, que postula la mayor probabilidad de obtener certificados o sellos de calidad en el caso de las empresas que operan bajo la fórmula de empresario individual. Igualmente, se observa que los productores organizados en cooperativas son más proclives a obtener sellos o certificados de calidad en comparación con aquellos que operan conforme a otras fórmulas jurídicas, pero en menor medida que los comerciantes individuales, en línea con lo postulado en la hipótesis H5.

Los estímulos a la protección del medio ambiente tienen, a la luz de los resultados obtenidos, un efecto muy positivo sobre la obtención de certificaciones. Este resultado es consistente con la hipótesis H6.

De igual modo, la asistencia técnica por parte de instituciones gubernamentales y privadas

Tabla 3. Resultados del análisis de regresión logística (Variable dependiente: Empresas cafeteras con certificados de calidad).

Table 3. Logistic regression analysis results (Dependent variable: Coffee companies with quality certificates).

Variables	Coef. β	Error Est.	Sig.	Exp(β)
Mercado de venta más importante: nacional	1,298 **	0,512	0,011	3,664
Mercado de venta más importante: internacional	4,410 ***	0,764	0,000	82,273
Precio bolsa de valores	0,705 *	0,420	0,093	2,023
Estímulos por protección medio ambiente	1,283 ***	0,263	0,000	3,609
Asistencia técnica	1,247 ***	0,280	0,000	3,479
Comerciante individual	2,429 ***	0,568	0,000	11,347
Cooperativa	1,315 **	0,628	0,036	3,725
Empleados totales	-0,089 ***	0,017	0,000	0,915
Empleados totales al cuadrado	0,000 ***	0,000	0,005	1,000
Constante	-3,675 ***	0,683	0,000	0,025
Chi cuadrado		193,645 ***		
-2 log de la verosimilitud		191,615		
R cuadrado de Nagelkerke		0,669		
Porcentaje de aciertos		87,4		

Número de observaciones = 278. * Diferencias estadísticamente significativas al nivel de 0,10; ** Diferencias estadísticamente significativas al nivel de 0,05; *** Diferencias estadísticamente significativas al nivel 0,01.

se refleja significativamente en la obtención de sellos o certificados de calidad, lo que es consistente con la hipótesis H7.

Los resultados obtenidos muestran también que, como señala la hipótesis H8, las MIPY-MES de menor tamaño tienen más probabilidades de obtener un sello o certificado de calidad. La variable número de empleados al cuadrado es también significativa en el modelo estimado, mostrando que la relación entre el tamaño de la empresa y la probabilidad de estar en posesión de un certificado de calidad es no lineal. Dicha probabilidad disminuye conforme aumenta el tamaño de la empresa, pero este impacto negativo se diluye en el caso de las empresas más grandes.

Discusión

Mercado

Las MIPY-MES cafetaleras que se orientan al mercado nacional e internacional tienen probabilidades superiores de gestionar certificados de calidad que aquellas cuyo principal mercado es el regional, debido a los factores como los mayores niveles de presión regulatoria, de exigencia de los consumidores y de intensidad competitiva. En estos mercados, especialmente en el internacional, concurren dos elementos. Por un lado, hay una mayor capacidad de compra por parte de determinados grupos de consumidores. Por otro, también una parte de los consumidores no solo es

más consciente de las diferencias de calidad del café, sino que tiene una formación que les permite diferenciarla. Los consumidores nacionales y, aun en mayor medida, internacionales demandan con frecuencia productos certificados que garanticen calidad, sostenibilidad y estándares éticos. Esto crea un incentivo para que las cafetaleras que operan en estos mercados traten de obtener certificaciones de calidad para satisfacer las expectativas del cliente. Las MIPYMES cuentan con distintos certificados que pueden utilizar de forma estratégica u oportunista para vincularse con circuitos diferenciados de valor a nivel internacional. En este sentido, pueden añadir distintos elementos a la definición básica de su producto, en la medida que cuenten con certificaciones que permitan acreditar mayores estándares de calidad del producto, de protección al medio ambiente, de respeto a los derechos humanos, etc. En los mercados regionales, por el contrario, la competencia es menor y los consumidores están menos dispuestos a pagar un sobreprecio por productos certificados, lo que reduce el incentivo para las empresas de buscar certificaciones. La importancia del acceso a mercados nacionales e internacionales ha sido señalada por otros estudios previos (Bravo-Monroy et al., 2016).

Por otra parte, las MIPYMES que cuentan con una certificación de calidad disfrutan de un mayor poder de negociación frente a los compradores. En el caso particular de Honduras, el sello Comercio Justo en el 2023 tenía un precio base de 180 dólares norteamericanos y un plus de 20 dólares mientras que, a 19 de julio 2023, el precio de la bolsa de valores de Nueva York fue de 156,73 dólares. Por tanto, en el caso de la certificación posiblemente más extendida en Honduras, las cafetaleras certificadas pueden comercializar su producto incluso a precios por encima de los marcados por la bolsa de Nueva York. El resultado observado en este trabajo está en línea con otros análisis previos han destacado la importancia de determinadas certifi-

caciones en el aumento de la capacidad de negociación y la obtención de mayores ingresos (Ha y Shively, 2008; Mitiku et al., 2017).

Forma jurídica

Los resultados muestran la influencia de la forma jurídica de la cafetalera sobre la probabilidad de obtener certificados de calidad. Concretamente, los comerciantes individuales y las cooperativas muestran un acceso más frecuente a la certificación de sus productos. De este modo, se observa cómo la flexibilidad de la que disfrutaban los empresarios individuales permite que muchos de ellos puedan enfocarse en la producción y comercialización de café de origen único y de alta calidad, y gestionar ágilmente los procesos para obtener certificaciones de calidad.

Asimismo, en Honduras, muchas pequeñas empresas, así como grandes clientes extranjeros (cadenas de supermercados), están conectadas a cooperativas y organizaciones locales que promueven prácticas sostenibles y de calidad. Estas organizaciones pueden proporcionar capacitación y asistencia técnica a las cooperativas, lo que les ayuda a mejorar la calidad y obtener certificaciones. Hay cooperativas que tienen hasta 4 sellos de calidad distintos, lo que les sirve para abrir más mercados. Este papel de las cooperativas ha sido destacado en otros estudios sobre certificaciones cafetaleras en África (Elder et al., 2012; Mitiku et al., 2017) o en América Latina (Ruben y Fort, 2012) y, más concretamente, en Centroamérica (Beuchelt y Zeller, 2011; Snider et al., 2017).

Estímulos externos

Las MIPYMES manifiestan recibir estímulos ambientales que les ayudan a alcanzar los objetivos básicos planteados por las principales certificaciones existentes en el caso hondureño (Comercio Justo, Producción Eco-

lógica, Rainforest, UTZ y GlobalGap). Los pagos por servicios ambientales pueden ser una forma de aumentar la implicación en programas ambientales en áreas donde el capital social es lo suficientemente bajo como para inhibir la participación (Snider et al., 2017). Diversas organizaciones nacionales e internacionales están involucradas en la reducción de los impactos del cambio climático, por tanto, las MIPYMES se benefician de incentivos por aplicar medidas que reduzcan o eviten la contaminación en sus procesos, adoptando certificados de calidad que garantizan la producción conforme a pautas sostenibilidad ambiental. La relevancia de este tipo de pagos ambientales ha sido señalada con anterioridad en la literatura académica (Fitriani et al., 2018).

Asimismo, las MIPYMES que cuentan con orientación técnica y científica por instituciones que gestionan el desarrollo para el rubro del café abordan con mayor probabilidad de éxito los procesos de mejora continua necesarios para la obtención de un certificado o sello de calidad. Desde esta perspectiva, la existencia de instrumentos eficaces de asesoría técnica y extensión agraria es un elemento fundamental en la implantación y el éxito de certificaciones de calidad. Este hallazgo es coincidente con lo observado en diversos estudios (Auld, 2010).

Tamaño de la empresa

El análisis efectuado muestra que, pese a las limitaciones que podrían estar asociadas a un tamaño reducido, las cafetaleras de menor dimensión muestran una mayor probabilidad de obtener certificados de calidad. Las empresas cafetaleras más pequeñas podrían tener menos presión por producir grandes volúmenes de café, lo que les permite enfocarse en la calidad en lugar de la cantidad (enfoque en micro lotes de café). De este modo, mejoran su posición en el mercado obteniendo

mejores precios. Asimismo, las MIPYMES pueden verse favorecidas por la mayor flexibilidad y agilidad derivada de su reducido tamaño. La más fácil trazabilidad de sus productos puede también ser un factor relevante a la hora de acceder a certificaciones de calidad. Esto a su vez, coincide con la importancia antes comentada de los empresarios individuales. Como se ha indicado, hay pocos estudios sobre el funcionamiento de MIPYMES, pero en lo referente a productores agrarios, la mayoría de los estudios acreditan la importancia de los pequeños productores en los procesos de certificación (Meemken, 2020).

Conclusiones

El sector cafetalero es una actividad básica en la estructura económica y exportadora hondureña, que genera más de 122.000 empleos, alcanzando una participación del 5 % en el PIB y del 24 % de las exportaciones (Banco Central de Honduras, 2021). La transformación de las cadenas de valor agroalimentarias en las últimas décadas está favoreciendo la segmentación del mercado y, con ello, los sellos o certificados de calidad están ganando relevancia en el sector, al permitir acceder a nichos diferenciados de consumidores y obtener, así, precios premium.

El presente análisis profundiza en las causas que explican, desde una perspectiva microeconómica, la relevancia de la certificación en la producción cafetalera hondureña. De hecho, trata de aproximar los elementos que, en mayor medida, influyen en la decisión de "apostar" por la obtención un certificado. Se trata de decisiones que tienen riesgos y dificultades importantes, y cuyos efectos tienen un elevado grado de incertidumbre. El estudio presenta la novedad de que analiza, no el comportamiento de los agricultores (como hace la mayor parte de la literatura académica sobre el tema), sino el de las MIPYMES

cafetaleras, que asumen además otras funciones dentro de la cadena de valor del café, como la recepción, almacenamiento, primera transformación (despulpado, beneficiado húmedo, beneficiado seco, trillado, tostado y molido), empaçado y comercialización del café. Este estudio realiza una contribución relevante a la literatura, dados el escaso nivel de análisis de la realidad cafetalera hondureña y la novedad que supone estudiar las empresas transformadoras y comercializadoras, en lugar del más habitual foco de atención en los productores agrarios.

Existen distintos tipos de factores que explican los procesos certificadores en las MIPYMES cafetaleras hondureñas. Hay factores relacionados con la extensión del mercado, con la forma jurídica, con los estímulos externos y con el tamaño de la empresa. Los resultados obtenidos, en coherencia con la literatura previa, muestran, más allá de la confirmación las distintas hipótesis del estudio, el predominio de los factores relacionados con la extensión del mercado, sobre todo internacional. Estos tienen un efecto conjunto agregado que casi cinco veces superior a la segunda de las componentes: la forma jurídica.

Dentro de los factores relacionados con el mercado, se observa que el principal incentivo procede del acceso a los mercados internacionales. Es decir, la oportunidad para colocar el café en mercados más amplios, principalmente el mercado internacional, y a mejores precios es el factor clave que explica la extensión de la certificación. En este contexto, el papel de la regulación del mercado nacional como, si se quiere, paso intermedio o gradual para abordar certificaciones orientadas al exterior, es relevante pero claramente secundario. Adicionalmente, la obtención de certificaciones de calidad eleva el poder de negociación de las cafetaleras respecto a los compradores, empleando a menudo como referencia la bolsa de valores de Nueva York. Dependiendo de la cantidad de sellos o

certificados que tenga la MIPYME y del precio que tiene establecido la certificación obtenida, la cafetalera puede comercializar su café de modo más lucrativo.

En segundo lugar, el estudio muestra que la forma jurídica de las cafetaleras tiene una incidencia directa en el proceso de obtención de certificaciones, aunque a distancia del anterior. Así, las MIPYMES que muestran mayor acceso a la obtención de los sellos o certificados son los empresarios individuales. Esto se explica por distintos motivos. El más importante se vincularía con su mayor flexibilidad productiva y agilidad en la toma de decisiones, que les permite explotar mejor las oportunidades que se presentan en una cadena de valor muy volátil y crecientemente segmentada. El segundo motivo tiene que ver con la existencia de importantes niveles de coordinación y confianza entre los empresarios individuales, que permite aumentar la flexibilidad del conjunto del sistema. Por otro lado, también tienen un papel relevante las cooperativas cafetaleras, que se ven beneficiadas por ser parte del sector social de la economía, y como tal, están más presentes en la agenda del gobierno, ONGs y organismos internacionales, que las consideran un instrumento para reducir los niveles de pobreza.

El modelo también identifica una serie de estímulos externos, aunque su papel es bastante pequeño en relación con los anteriores. Así, la obtención del sello o certificado es más probable en el caso de cafetaleras que han recibido estímulos para la protección del medio ambiente. Este resultado es lógico ya que esta protección es uno de los objetivos principales de la creación de algunos sellos o certificados. Sin embargo, no parece que sea un elemento central a la hora de explicar la apuesta por certificar. De modo similar, la asistencia técnica recibida por las MIPYMES, en forma de acompañamiento de especialistas en diferentes ramas del conocimiento, es un factor que favorece la obtención de certificaciones o sellos

de calidad, pero tampoco parece que tenga mucha capacidad explicativa por sí solo. Por último, parece haber un efecto tamaño que beneficia a las pequeñas organizaciones, aunque en términos comparativos, su capacidad de influir en las decisiones empresariales de certificación es mucho menor.

De los resultados de este trabajo se pueden derivar diversas implicaciones para la política agraria y de desarrollo de Honduras. A este respecto, los resultados indican que el fomento de la certificación es una línea de actuación que puede favorecer el posicionamiento de las MIPYMES en la cadena de valor global del café con previsible efectos favorables sobre el desarrollo rural en las regiones cafetaleras.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Organización de Estados Iberoamericanos, la colaboración de la Mesa del Café del Departamento de El Paraíso, en especial de Alejandro Escoto y Jorge Cruz, así como del Gobierno de Honduras.

Referencias bibliográficas

- Acuerdo N° 136-2015 Reglamento para la comercialización de café. La Gaceta, Diario Oficial de la República de Honduras, núm. 34.074, de 1 de julio de 2016, pp. 1-25.
- Álvarez M.A. (2018). Análisis de la cadena de valor de café en Honduras 1ª edición. Heifer Internacional, Tegucigalpa, Honduras. 40 pp.
- Amuzu D., Neimark B., Kull C. (2022) Bittersweet Cocoa: Certification programmes in Ghana as battlegrounds for power, authority and legitimacy. *Geoforum* 136: 54-67. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.08.002>
- Auld G. (2010). Assessing certification as governance: effects and broader consequences for coffee. *The Journal of Environment & Development* 19(2): 215-241. <https://doi.org/10.1177/1070496510368506>
- Babin N. (2015). The coffee crisis, fair trade, and agroecological transformation: impacts on land-use change in Costa Rica. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 39: 99-129. <https://doi.org/10.1080/21683565.2014.960549>
- Bacon C. (2005). Confronting the coffee crisis: can fair trade, organic, and specialty coffees reduce small-scale farmer vulnerability in northern Nicaragua?. *World Development* 33(3): 497-511. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.002>
- Banco Central de Honduras (2021). Informe de Comercio Exterior de Mercancías Generales. Sudgerencia de Estudios Económicos, Departamento de Estadísticas Macroeconómicas. Banco Central de Honduras. 28 pp.
- Bellamy A.S., Svensson O., van den Brink P.J., Tedingren M. (2016). What is in a label? Rainforest-Alliance certified banana production versus non-certified conventional banana production. *Global Ecology and Conservation* 7: 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.05.002>
- Beuchelt T.D., Zeller M. (2011). Profits and poverty: Certification's troubled link for Nicaragua's organic and fairtrade coffee producers. *Ecological Economics* 70(7): 1316-1324. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.01.005>
- Bravo-Monroy L., Potts S.G., Tzanopoulos J. (2016). Drivers influencing farmer decisions for adopting organic or conventional coffee management practices. *Food Policy* 58: 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.003>
- Carlsen K., Hansen C.P., Lund J.F. (2012). Factors affecting certification uptake. Perspectives from the timber industry in Ghana. *Forest Policy and Economics* 25: 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.08.011>
- Chiputwa B., Spielman D.J., Qaim M. (2015). Food standards, certification, and poverty among coffee farmers in Uganda. *World Development* 66: 400-412. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.09.006>
- Coq-Huelva D., Sanz-Cañada J., Sanchez-Escobar F. (2017). Values, conventions, innovation and so-

- ciopolitical struggles in a local food system: Conflict between organic and conventional farmers in *Sierra de Segura*. *Journal of Rural Studies* 55: 112-121. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.002>
- Coq-Huelva D., Higuchi A., Arias-Gutiérrez R., Alfalla-Luque R. (2024). From coca to cocoa: Conflicts, violence and hegemonic compromises in the turbulent Peruvian Amazonia settlement process: The case of Tocache. *Environment and Planning A: Economy and Space* 56: 136-154. <https://doi.org/10.1177/0308518X231189569>
- Dragusanu R., Giovannucci D., Nunn N. (2014). The Economics of Fair Trade. *Journal of Economic Perspectives* 28(3): 217-236. <https://doi.org/10.1257/jep.28.3.217>
- Elder S.D., Zerriffi H., Le Billon P. (2012). Effects of fair trade certification on social capital: The case of Rwandan coffee producers. *World Development* 40(11): 2355-2367. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.06.010>
- Fair Trade America (2024). Fairtrade Standards. Disponible en: <https://www.fairtradeamerica.org/why-fairtrade/> (Consultado: 23-09-2024).
- FAO (2023). FAOSTAT. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fitriani F., Arifin B., Zakaria W., Ismono H., Hil-manto R. (2018). Coffee Agro forestry performance in Pulau Panggung sub-district, Tanggamus, Lampung, Indonesia. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)* 34(2): 69-79. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelita-perkebunan.v34i2.300>
- Gibbon P. (2001) Upgrading primary products: A global value chain approach. *World Development* 29: 345-363. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00093-0)
- Gracia A. (2005). Actitudes de los consumidores hacia la carne de cordero con denominación de origen: segmentación y tipificación. *ITEA-Información Técnica Agraria* 101: 25-44.
- Ha D.T., Shively G. (2008). Coffee boom, coffee bust and smallholder response in Vietnam's Central Highlands. *Review of Development Economics* 12(2): 312-326. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2007.00391.x>
- Haggar J., Soto G., Casanoves F., de Melo Virginio E. (2017). Environmental-economic benefits and trade-offs on sustainably certified coffee farms. *Ecological indicators* 79: 330-337. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.023>
- Henson S., Humphrey J. (2009). Understanding the complexities of private standards in global agri-food chains as they impact developing countries. *Journal of Development Studies* 46: 1628-1646. <https://doi.org/10.1080/00220381003706494>
- Henson S., Masakure O., Cranfield J. (2011) Do fresh produce exporters in Sub-Saharan Africa benefit from GlobalGAP Certification? *World Development* 39: 375-386. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.06.012>
- Ibanez M., Blackman H. (2016). Is Eco-Certification a win-win for developing country agriculture? organic coffee certification in Colombia. *World Development* 82: 14-7. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.004>
- Ibnu M., Offermans A., Glasbergen P. (2018). Certification and farmer organisation: Indonesian smallholder perceptions of benefits. *Bulletin of Indonesian Economic Studies* 54(3): 387-415. <https://doi.org/10.1080/00074918.2018.1506093>
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) (2022). Informe Estadístico 2020-2021. Instituto Hondureño del Café. 63 pp.
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) (2023). La ruta del café 2023. Disponible en: <https://www.ihcafe.hn/la-ruta-del-cafe/> (Consultado: 26-09-2024).
- Jaffee D. (2014). *Brewing justice: Fair trade coffee, sustainability, and survival*. University of California Press. 432 pp.
- Kolk A. (2012). Towards a sustainable coffee market: Paradoxes faced by a multinational company. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 19(2): 79-89. <https://doi.org/10.1002/csr.289>
- Leme P.H.M., Machado R.T. (2013). The quality pillars of a certification process: the coffee quality program (CQP) in Brazil. *Agroalimentaria* 19(37): 61-74.
- Meemken E.M. (2020). Do smallholder farmers benefit from sustainability standards? A system-

- matic review and meta-analysis. *Global Food Security* 26: 100373. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100373>
- Mehta A., Chavas J.P. (2008). Responding to the coffee crisis: What can we learn from price dynamics?. *Journal of Development Economics* 85(1-2): 282-311. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2006.07.006>
- Méndez V.E., Bacon C.M., Olson M., Petchers S., Herrador D., Carranza C., Trujillo L., Guadarrama-Zugasti C., Cordon A., Mendoza A. (2010). Effects of Fair Trade and organic. *Renewable Agriculture and Food Systems* 25(3): 236-251. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000268>
- Minten B., Reardon T. (2008). Food prices, quality, and quality's pricing in supermarkets versus traditional markets in developing countries. *Review of Agricultural Economics* 30: 480-490. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9353.2008.00422.x>
- Minten B., Dereje M., Engida E., Tamru S. (2018). Tracking the quality premium of certified coffee: evidence from Ethiopia. *World Development* 101: 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.08.010>
- Mitiku F., De Mey Y., Nyssen J., Maertens M. (2017). Do private sustainability standards contribute to income growth and poverty alleviation? A comparison of different coffee certification schemes in Ethiopia. *Sustainability* 9(2): 246. <https://doi.org/10.3390/su9020246>
- Mosier S.L., Thilmany D. (2016). Diffusion of food policy in the US: The case of organic certification. *Food Policy* 61: 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.02.007>
- Newby R., Watson J., Woodliff D. (2003). SME Survey Methodology: response rates, data quality, and cost effectiveness. *Entrepreneurship Theory and Practice* 28: 163-172. <https://doi.org/10.1046/j.1540-6520.2003.00037.x>
- Newman S. (2009). The New Price Makers: An investigation into the impact of financial investment on coffee price behaviour. NCCR-Trade Working Paper 7, 30 pp.
- Ngudiantoro N., Irmeilyana I., Samsuri N.M. (2020). Binary logistic regression modeling on net income of pagar alam coffee farmers. *International Journal of Applied Sciences and Smart Technologies* 2: 137-156. <https://doi.org/10.24071/ijasst.v2i2.2734>
- Pérez y Pérez L., Gracia A. (2020). Intención de compra de aceite de oliva con denominación de origen protegida: el aceite del Bajo Aragón. *ITEA Información Técnica Económica Agraria* 116: 57-70. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.018>
- Pielsticker D.I., Hiebl M.R.W. (2020). Survey response rates in family business research. *European Management Review* 17: 327-346. <https://doi.org/10.1111/emre.12375>
- Pirotte G., Pleyers G., Poncelet M. (2006). Fair-trade coffee in Nicaragua and Tanzania: a comparison. *Development in Practice* 6: 44-451. <https://doi.org/10.1080/09614520600792390>
- Ponte S. (2009). Governing through quality: conventions and supply relations in the value chain for South African wine. *Sociologia Ruralis* 49: 236-257. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2009.00484.x>
- Rainforest Alliance (2021). Informe de datos de certificación del café 2021 – Programas de Rainforest Alliance y Utz. 64 pp. Disponible en: <https://www.rainforest-alliance.org/es/resource-item/informe-de-datos-de-certificacion-del-cafe-2021/> (Consultado: 23-09-2024).
- Rainforest Alliance (2024). Certificación UTZ (ahora parte de Rainforest Alliance). Disponible en: <https://www.rainforest-alliance.org/es/utz/> (Consultado: 21-09-2024).
- Renard M.C. (2003). Fair trade: quality, market and conventions. *Journal of Rural Studies* 19: 87-96. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(02\)00051-7](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(02)00051-7)
- Romero I., Martínez-Román J.A. (2012). Self-employment and innovation. Exploring the determinants of innovative behavior in small businesses. *Research Policy* 41: 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.005>
- Ruben R., Zuniga G. (2011) How standards compete: comparative impact of coffee certification schemes in Northern Nicaragua. *Supply Chain Management* 16: 98-109. <https://doi.org/10.1108/13598541111115356>

- Ruben R., Fort R. (2012). The impact of fair trade certification for coffee farmers in Peru. *World Development* 40: 570-582. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.030>
- Schmitt E., Keech D., Maye D., Barjolle D., Kirwan J. (2016) Comparing the sustainability of local and global food chains: a case study of cheese products in Switzerland and the UK. *Sustainability* 8: 419. <https://doi.org/10.3390/su8050419>
- Snider A., Afonso Gallegos A., Gutiérrez I., Sibelet N. (2017). Social capital and sustainable coffee certifications in Costa Rica. *Human Ecology* 45: 235-249. <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9896-3>
- Sonnino R., Marsden T. (2006). Beyond the divide: rethinking relationships between alternative and conventional food networks in Europe. *Journal of Economic Geography* 6: 181-199. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbi006>
- Tey Y.S., Rajendran N., Brindal M., Sidique S.F.A., Shamsudin M.N., Radam A., Hadi A.H.I.A. (2016) A Review of an international sustainability standard (GlobalGAP) and its local replica (MyGAP). *Outlook on Agriculture* 45: 67-72 <https://doi.org/10.5367/oa.2016.0230>
- Tregear A., Török Á., Gorton M. (2016). Geographical indications and upgrading of small-scale producers in global agro-food chains: A case study of the Makó Onion Protected Designation of Origin. *Environment and Planning A: Economy and Space* 48: 433-451. <https://doi.org/10.1177/0308518X15607467>
- Tröster B. (2015). Global commodity chains, financial markets, and local market structures: Price risks in the coffee sector in Ethiopia. *ÖFSE Working Paper n° 56*, Austrian Foundation for Development Research (ÖFSE), Vienna, Austria. 31 pp.
- Valkila J. (2009). Fair Trade organic coffee production in Nicaragua: Sustainable development or a poverty Trap? *Ecological Economics* 68: 3018-3025. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.002>
- Van der Vossen H.A.M. (2005). A critical analysis of the agronomic and economic sustainability of organic coffee production. *Experimental agriculture* 41: 449-473. <https://doi.org/10.1017/S0014479705002863>
- Van Rijsbergen B., Elbers W., Ruben R., Njuguna S.N. (2016). The ambivalent impact of coffee certification on farmers' welfare: a matched panel approach for cooperatives in Central Kenya. *World development* 77: 277-292. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.021>
- Wilson B.R. (2013). Breaking the chains: Coffee, crisis, and farmworker struggle in Nicaragua. *Environment and Planning A* 45: 2592-2609. <https://doi.org/10.1068/a46262>
- (Aceptado para publicación el 15 de noviembre de 2024)

Motivos de consumo de hongos comestibles silvestres en consumidores urbanos

Stefany Molina-Castillo, Angélica Espinoza-Ortega*, Humberto Thomé-Ortiz, Sergio Moctezuma-Pérez y Carlos Galdino Martínez-García

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100-A Poniente, Centro, C.P. 50000 Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

Resumen

A nivel internacional, en los últimos años se ha incrementado el consumo de hongos comestibles silvestres en las sociedades urbanas, generando beneficios económicos, así como impactos en la producción natural. México es el segundo país con mayor número de especies de hongos comestibles silvestres, y con una gran tradición en su consumo. Su importancia en la alimentación e ingresos de las comunidades forestales ha sido ampliamente documentada, sin embargo, a pesar de la importancia del consumo en consumidores urbanos, no hay trabajos que analicen los motivos de su consumo. El objetivo fue analizar los motivos de consumo de hongos comestibles silvestres en consumidores urbanos en México. Se aplicó un cuestionario en línea a 241 consumidores, basado en el *Food Choice Questionnaire*. La información se analizó con análisis de factores y análisis jerárquico de clúster. Los resultados muestran que los motivos de consumo de los hongos comestibles silvestres son lo Gastronómico, Tradicional, Saludable, Conciencia social, Conciencia ecológica, Disponibilidad, Moda y los Aspectos económicos. Esos motivos son percibidos de manera diferente, identificándose tres grupos de consumidores: "Gastronómico tradicional y consciente", "Gastronómico hedónico" y "Oportunista". Los motivos de consumo de hongos comestibles silvestres son ambivalentes, el interés gastronómico está asociado por un lado a un gusto heredado relacionado a los nuevos valores éticos de consumo; y por otro a la moda y nuevas formas de comer. La proximidad con las zonas de recolección incide en una conexión histórico-cultural de consumo de hongos comestibles silvestres.

Palabras clave: Hongos, alimentos silvestres, motivaciones, consumo, México.

Reasons of urban consumers to eat wild edible mushrooms

Abstract

In recent years, at international level, the consumption of wild edible mushrooms has increased in urban societies, producing economic benefits as well as impacts on natural production. Mexico is the second country with the most wild edible mushrooms species and has a great tradition of eating them. Their importance regarding food and incomes forest communities has been widely documented however, despite the importance of its consumption among urban consumers, there are no works that analyse the reasons for its consumption. The objective was to analyse the urban consumers' reasons to eat wild edi-

* Autor para correspondencia: angelica.cihuatl@gmail.com

Cita del artículo: Molina-Castillo S., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H., Moctezuma-Pérez S., Martínez-García C.G. (2025). Motivos de consumo de hongos comestibles silvestres en consumidores urbanos. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 89-107. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.020>



ble mushrooms in Mexico. An online questionnaire was applied to 241 consumers; it was based on the Food Choice Questionnaire. The information was analysed with factor analysis and cluster hierarchical analysis. The work found that the reasons consumption of wild edible mushrooms are Gastronomic, Traditional, Healthy, Social awareness, Ecologic awareness, Availability, Fashion and Economic aspects. These reasons are perceived differently, and three consumer groups were identified: "Traditional and conscious gastronomic", "Hedonistic gastronomic" and "Opportunistic". Reasons to eat wild edible mushrooms are ambivalent, on one side there is gastronomic interest associated with an inherited taste and new ethical consumption values; and on the other, fashion and new forms of consumption. Proximity to harvesting areas influences a historic-cultural connection with wild edible mushrooms consumption.

Keywords: Mushrooms, wild foods, motivations, consumption, Mexico.

Introducción

Las estrategias implementadas en la Revolución Verde para incrementar la producción de alimentos para las zonas urbanas industrializadas en rápido crecimiento generaron aspectos positivos y negativos en los países en vías de desarrollo. De acuerdo con Evenson y Gollin (2003), lo positivo fue la disminución de la desnutrición gracias a que los alimentos se volvieron baratos y una menor dependencia alimentaria de la agricultura de los países desarrollados. Por otro lado, diversos trabajos resaltan como efectos negativos la marginación y migración de las zonas rurales desfavorecidas (Pichardo González, 2006) y la sobreexplotación agrícola y forestal, ocasionando la pérdida de biodiversidad (Rohr et al., 2019).

En las sociedades urbanas, donde existe sobreabundancia de alimentos procesados, cuyo consumo se ha visto favorecido por los cambios en los estilos de vida (Thomé-Ortiz, 2017; Poulain, 2019), los procesos de producción y distribución agroalimentarias han generado desconexión entre las personas, y el origen de los alimentos y sus territorios (Fischler, 1995). Ante esta situación, ciertos sectores de la población han mostrado preocupación por los impactos derivados de la producción convencional de alimentos y las elecciones de consumo, lo que los ha llevado a interesarse en el consumo de alimentos más naturales como los de recolección.

Los alimentos de recolección han pasado de ser un elemento básico, y en ocasiones de subsistencia, en la alimentación de algunos sectores de la población, a ser considerados un producto que permite diversificar la alimentación industrializada (Svanberg y Lindh, 2019). Un ejemplo de ello es el aumento del consumo de hongos comestibles silvestres (HCS), en los últimos años, en sociedades occidentales (Pérez-Moreno et al., 2021).

Distintas culturas alrededor del mundo han consumido tradicionalmente HCS. Los países con mayor aprovechamiento son China, donde se tiene registro de alrededor de 1020 especies comestibles, y México, con más de 450 especies (Pérez-Moreno et al., 2021). Históricamente, los HCS han sido un alimento importante para las comunidades en zonas forestales (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014; Svanberg y Lindh, 2019), mientras que para los habitantes de zonas urbanas, los hongos se han convertido en un alimento hedónico de nuevas experiencias gastronómicas (Frutos et al., 2019b; Molina-Castillo et al., 2023), cuya presencia también se debe a aspectos socioculturales e históricos (Thomé-Ortiz, 2017) a los que ahora, se incorporan la salud y el cuidado del medio ambiente (Lang, 2020). Esto resulta paradójico, pues la recolección intensiva de hongos destinados al comercio también genera impactos negativos en la producción natural y su entorno (Pérez-Moreno et al., 2021).

De acuerdo con Frutos (2020), el comercio internacional de HCS en 2017 fue de 767.162.877 kg. En México se han realizado cálculos inferenciales sobre la producción de hongos cultivados como setas y champiñones la cual se estima oscila las 14.300 t y un consumo per cápita de 620 g anuales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023), sin embargo, debido a que la recolección de hongos silvestres es una actividad vinculada a prácticas y saberes tradicionales no se tiene información sobre las cifras de producción natural pero sí se tienen identificadas las especies que más se consumen, entre las que se encuentran los géneros *Russula*, *Lactarius*, *Lactifluus*, *Boletus*, *Ramaria*, *Suillus*, *Tricholoma*, *Morchella* y *Amanita* (Pérez-Moreno et al., 2021; Molina-Castillo et al., 2023), cuyos precios varían dependiendo de la especie y la región.

La importancia económica de los hongos para las comunidades está influenciada por la importancia cultural de las especies, su valor de intercambio por otros alimentos, la cantidad de fructificación y la demanda en los mercados, lo que se ve reflejado en el ingreso a las familias recolectoras, el autoconsumo (Farfán-Heredia et al., 2018) y el desarrollo de actividades micoturísticas (Jiménez-Ruiz et al., 2017). Respecto a los precios al consumidor, si bien no se cuenta con un estudio que analice a profundidad los precios de los HCS en el mercado, Molina-Castillo et al. (2023) identificaron que los precios de venta por kilogramo varían dependiendo del tipo de hongo en cuestión y van de los 40 MXN (1,55 EUR) a los 300 MXN (11,61 EUR) por kilogramo, es decir, es un producto caro.

Por ello, en diversos países han surgido estudios con distintos enfoques que buscan comprender el consumo de HCS en las sociedades urbanas. Los trabajos europeos son más abundantes, algunos parten de lo local, como los de España, donde se reporta la importancia económica de la recolección a partir de permisos por recolecta por temporada. En ese

sentido, Frutos et al. (2019a) calcularon que entre los años de 2013 y 2015 se comercializaron alrededor de 226.000 permisos. Otro trabajo establece que los permisos de recolecta para 2013 y 2016 tuvieron un precio promedio de entre 5,15 y 20,33 EUR, dependiendo de la zona (Frutos et al., 2019b). En ese sentido, Frutos et al. (2019b) destacan que las estimaciones sobre los permisos de recolección y sus costos permiten establecer las bases de regulación de dichas prácticas que contribuyen a la conservación, vigilancia de los bosques y a la diversificación de actividades por medio del turismo. Así mismo resaltan la importancia de generar cursos de capacitación para recolectores y de la promoción de eventos micológicos.

Estudios en Grecia analizaron el consumo de hongos como un aspecto que prevalece a lo largo del tiempo a través del cual se mantienen activos conocimientos y relaciones sociales (Knight, 2014). A partir de ahí, algunos trabajos empiezan a incorporar el aspecto de la apertura de nuevos mercados y la aceptación de los consumidores principalmente en zonas urbanas (Tsitsipati y Athanasios, 2014). Esa tendencia continúa en Suecia, donde Svanberg y Lindh (2019) analizaron la recolección y consumo de HCS considerando los antecedentes históricos y las actitudes de los consumidores urbanos. Mientras que Boin y Nunes (2018) identificaron las características socioeconómicas relacionadas con el consumo de hongos entre los pobladores de Portugal, entre ellas el género, la edad, la educación, el nivel de ingresos y el tamaño del hogar. En Finlandia, Aisala et al. (2020) analizaron la percepción de los consumidores sobre los aspectos sensoriales de los hongos silvestres nórdicos considerando olor, apariencia, sabor y textura. Por su parte, Lang (2020) analizó la percepción de los consumidores al sustituir la carne por HCS en platillos tradicionales en Estados Unidos como las hamburguesas, dónde destaca la asociación a aspectos ecológicos, nuevos alimentos, salud, sabor y precio.

En América Latina, es en México donde los estudios sobre hongos son abundantes, pero su enfoque ha sido desde la etnomicología, documentando los conocimientos y el aprovechamiento de HCS en la alimentación de las comunidades rurales y en los grupos étnicos (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014), así como los casos de intoxicaciones mortales y no mortales reportando causas, síntomas, atención tradicional y médica, así como creencias populares (Ruan-Soto, 2018). Se ha establecido que alrededor de los HCS se desarrollan conocimientos tradicionales sobre la identificación, recolección y consumo, que se transmiten de generación a generación, resaltándose la importancia cultural de las especies micológicas para las comunidades recolectoras (Moreno Fuentes, 2014).

México es un país con claras diferencias económicas, sociales y culturales en las zonas norte, centro y sur, siendo en las dos últimas donde se observa mayor cercanía con lo rural y con el consumo tradicional y cultural (Sánchez-Vega et al., 2020). Esto explica por qué los trabajos sobre HCS se concentran en las zonas montañosas y rurales del centro y sureste del país (Moreno Fuentes, 2014), donde las comunidades recolectoras se benefician económicamente de la comercialización de los HCS (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014) en tianguis (mercados semanales de origen prehispánico) y mercados tradicionales (Moreno Fuentes, 2014), donde son adquiridos por consumidores urbanos, cuyos motivos de consumo no han sido estudiados. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar los motivos de consumo de HCS en los consumidores urbanos en México.

Material y métodos

Recolección de la información

El estudio fue de corte exploratorio. La información se recolectó en línea a través de un cuestionario distribuido en redes sociales

de grupos interesados en hongos. Utilizando el método de bola de nieve, se invitó a los consumidores a compartir el cuestionario con sus contactos (Sproesser et al., 2019). La aplicación de instrumentos de recopilación de información vía internet, está siendo cada vez más utilizado (Boin y Nunes, 2018; Espinoza-Ortega et al., 2021), sobre todo en tiempos de pandemia de COVID-19. Todos los participantes fueron informados del objetivo del estudio y su privacidad fue respetada.

El cuestionario se distribuyó en época de lluvias y de recolección de hongos, de julio a septiembre de 2020. Se respondieron 248 cuestionarios, de los cuales se eliminaron siete que tenían información incompleta, el tamaño de muestra definitivo fue de 241 consumidores, dicho tamaño cumple con el precepto de estadística multivariada que establece para el análisis clúster cinco observaciones por cada ítem analizado (Hair et al., 2019), para este estudio eran necesarias 135 observaciones, la muestra supera el tamaño requerido.

Cuestionario

El cuestionario se elaboró en la plataforma Google Forms y estuvo dividido en dos apartados, el primero fue una adaptación del *Food Choice Questionnaire* (FCQ) (Steptoe et al., 1995), que ha sido ampliamente utilizado y adaptado en distintos estudios y países para estudiar los aspectos que determinan la elección de diversos alimentos. En México, se ha utilizado para identificar motivos y preferencias de alimentos en consumidores urbanos (Espinoza-Ortega et al., 2016), preferencia de productos orgánicos (Escobar-López et al., 2017) y de productos tradicionales como el amaranto (Rojas-Rivas et al., 2019). Respecto al uso del FCQ en los hongos, el primer referente es el trabajo de Aisala et al. (2020) en Finlandia.

El FCQ se integró por 27 ítems que corresponden a nueve variables: salud, ética social, practicidad, accesibilidad, sensorial, precio, familiaridad, aspectos medioambientales y consumos alternativos. Los ítems fueron respondidos en una escala Likert de tres puntos, donde 1 = nada importante, 2 = poco importante y 3 = muy importante (Tabla 1). Taherdoost (2019) menciona que utilizar un punto neutral puede disuadir a los participantes en su elección de respuesta y dificultar la interpretación de los datos, coincidiendo con Morales Vallejo (2010), quien sugiere que es mejor presentar una respuesta concreta.

En el segundo apartado se abordaron las características socioeconómicas como género, edad, escolaridad, estado civil, ingresos mensuales y lugar de residencia. El nivel socioeconómico se estableció de acuerdo con la Organisation for Economic Co-operation and Development (2019): nivel bajo con ingresos mensuales en pesos mexicanos menores a 7.000 MXN (271 EUR); nivel medio con ingresos menores a 20.000 MXN (774,29 EUR) y nivel alto con ingresos entre 20.000 y 35.000 MXN (774,29 y 1355 EUR). La edad se clasificó en generaciones sociológicas (OECD, 2019), de acuerdo a Espinoza-Ortega (2021).

Poco más de la mitad de la muestra está representada por mujeres (51,9 %), los hombres representan el 47,7 %. El 66,8 % pertenece a la generación Millennial seguida de la generación X (26,1 %). El 90,5 % tiene escolaridad superior (licenciatura y posgrado). Poco más de la mitad son solteros (58,9 %). El 59,3 % pertenece al nivel socioeconómico medio. En cuanto a la zona del país donde viven, el 81,7 % son de la zona centro seguida de la zona sur (15,4 %) (Tabla 2).

Si bien el estudio es de corte exploratorio y no inferencial, las características de la muestra coinciden con la población mexicana en cuanto a la proporción de género, ya que poco más del 50 % pertenecen al género femenino (Instituto Nacional de Estadística y

Geografía–INEGI, 2021a y 2022); la generación con menor proporción es la Baby boomer y la de mayor proporción es la Millennial (31,4 %); en cuanto a la escolaridad la muestra difiere del total de la población, ya que poco más del 50 % tiene escolaridad básica, mientras que solo el 14,9 % tiene educación superior. Aspecto también observado en el estado civil donde el grupo de mayor proporción son las personas casadas con poco más del 40 %, seguido de los solteros y en menor porcentaje la cantidad de personas divorciadas (INEGI, 2021a). En cuanto a los ingresos el 5,4 % tiene ingresos menores a 7.000 MXN (271 EUR); el 34,2 % menos de 20.000 MXN (774,29 EUR); el 28,0 % ingresos entre 20.000 MXN y 27.000 MXN (774,29 y 1045 EUR) y el 32,5 % tiene ingresos superiores hasta llegar a 55.000 MXN (2129,30 EUR) (INEGI, 2021b). Respecto a las zonas del país, la zona centro es la que tiene mayor porcentaje de habitantes con poco más del 54 % de la población mexicana, mientras que las zonas norte y sur no difieren mucho en la cantidad de habitantes (INEGI, 2021a) (Tabla 2).

Análisis de la información

Se realizó un análisis de factores con los 27 ítems que integran el FCQ y se utilizó un análisis de componentes principales como método de extracción de los factores (Hair et al., 2019). Los ítems que no cumplieron con una comunalidad mínima de 0,5 fueron descartados (Field, 2013). Se utilizó la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para verificar el análisis factorial considerando valores mínimos de 0,5 y la prueba de esfericidad de Bartlett para verificar la matriz de correlación de las variables ($p < 0,05$) (Field, 2013; Santos-Antonio et al., 2021). Se utilizó una rotación ortogonal de máxima verosimilitud (Varimax) para identificar las variables que proporcionaron mayor carga a un factor y simplificar su interpretación (Field, 2013).

Tabla 1. Ítems del FCQ y escala para responder presentada a los participantes.
Table 1. FCQ items and response scale presented to participants.

	1 Nada importante	2 Poco importante	3 Muy importante
Los consumo por su efecto antioxidante			
Al comprarlos estoy apoyando a los recolectores de hongos			
Los consumo porque se preparan fácilmente			
Los consigo fácilmente			
Los consumo por su sabor			
Los hongos silvestres son caros			
Los como por tradición			
Su recolección beneficia al ecosistema del bosque			
Los consumo porque es un alimento alternativo no industrializado			
Los hongos contienen vitaminas y minerales			
Su consumo beneficia a las comunidades rurales			
Se pueden preparar muchos platillos			
Están disponibles en mi localidad			
Me agrada su olor			
Al ser un producto de recolección tienen un precio justo			
Lo consumía cuando era niño (a)			
Su recolección contribuye a diversificar los ingresos económicos del bosque			
Cuando los consumo, me siento conectado (a) con la naturaleza			
Consumo hongos porque son un alimento sano			
Me hace sentir bien el comprar a pequeños vendedores			
Combinan con otros ingredientes			
Los encuentro en tianguis y mercados cercanos			
Me gusta su textura			
Los hongos son baratos			
Se consumían en mi casa			
Los consumo porque no son cultivados			
Consumir alimentos naturales está de moda			

Tabla 2. Características socioeconómicas de la muestra (%).
Table 2. Socioeconomic characteristics of the sample (%).

Características	Muestra (%)	Población mexicana (%)
Género		
Femenino	51,9	50,8
Masculino	47,7	48,5
Otro	0,4	0,7
Generaciones		
Baby boomers	7,1	13,2
Generación X	26,1	22,5
Millennials	66,8	31,4
Escolaridad		
Básico	1,2	54,6
Medio superior	8,3	17,8
Superior	90,5	14,9
Estado civil		
Soltero	58,9	27,3
Casado	34,9	42,9
Divorciado	6,2	5,4
Nivel socioeconómico		
Bajo	18,7	5,4
Medio	59,3	34,2
Alto	22,0	28,0
Muy alto	0	32,5
Zona del país		
Norte	2,9	22,7
Centro	81,7	54,5
Sur	15,4	22,8

Posteriormente, se utilizaron las cargas factoriales como variables para realizar un análisis jerárquico de clúster, utilizando el mé-

todo Ward y la distancia euclidiana para identificar los grupos de consumidores por similitudes (Field, 2013). Una vez definidos los grupos, se utilizaron la mediana y el rango intercuartílico como medidas de tendencia central y de dispersión. Se recurrió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) y de U Mann-Whitney ($p < 0,05$) para identificar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos observados para cada factor. Así, la prueba de Kruskal-Wallis permite identificar si existen diferencias significativas entre los grupos, mientras que U Mann-Whitney indica en dónde están esas diferencias (Field, 2013). La confiabilidad de la escala tipo Likert utilizada se confirmó a través del coeficiente de Cronbach (Field, 2013). Los datos se analizaron con el programa estadístico SPSS versión 24.

Los grupos obtenidos se nombraron de acuerdo a las características que representaban (Steptoe et al., 1995). Posteriormente, se utilizó la prueba de Chi cuadrada y la prueba z con el método Bonferroni para identificar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con respecto a las características socioeconómicas. El valor de significancia se fijó en 0,5 % (Field, 2013).

Resultados

Variables identificadas en el consumo de HCS

En el análisis de componentes principales se eliminaron tres ítems que no cumplían con la premisa de un valor mínimo de 0,5 de comunalidad (Field, 2013), por lo que el análisis de factores se realizó con 24 ítems. Se identificaron ocho factores con una varianza acumulada de 64,626 %, un valor de KMO de 0,792 y una prueba de esfericidad de Bartlett de 0,000 (Tabla 3).

Tabla 3. Factores y valores correspondientes.
 Table 3. Factors and corresponding variance.

Factor	Ítems en cada factor	Varianza explicada		
		Comunalidades	Carga factorial	Autovalores
Gastronomía	Me gusta su textura	0,703	0,816	
	Se combinan con otros ingredientes	0,531	0,627	
	Me agrada su olor	0,539	0,611	5,232
	Consumo hongos porque son un alimento sano	0,687	0,574	11,388
	Se pueden preparar con muchos platillos	0,506	0,544	
Tradición	Lo consumía cuando era niño (a)	0,760	0,821	
	Se consumían en mi casa	0,754	0,778	
	Los como por tradición	0,713	0,690	2,647
	Los consumo porque no son cultivados	0,604	0,494	10,840
Alimento saludable	Los hongos contienen vitaminas y minerales	0,644	0,723	
	Los consumo por su efecto antioxidante	0,590	0,645	1,520
	Los consumo porque es un alimento alternativo no industrializado	0,621	0,644	9,117
				31,344
Conciencia social	Al comprarlos estoy apoyando a los recolectores de hongos	0,693	0,777	
	Me hace sentir bien el comprar a pequeños vendedores	0,654	0,739	1,478
	Su consumo beneficia a las comunidades rurales	0,566	0,563	
	Los encuentro en tianguis y mercados cercanos	0,619	0,414	9,091
Conciencia ecológica	Su recolección contribuye a diversificar los ingresos económicos del bosque	0,696	0,730	
	Su recolección beneficia al ecosistema del bosque	0,583	0,706	1,293
	Cuando los consumo, me siento conectado (a) con la naturaleza	0,576	0,497	
				7,510
Disponibilidad	Los consigo fácilmente	0,721	0,785	
	Están disponibles en mi localidad	0,723	0,738	1,192
Moda	Consumir alimentos naturales está de moda	0,709	0,817	1,125
				5,163
Aspectos económicos	Al ser un producto de recolección tienen un precio justo	0,637	0,708	
	Los hongos silvestres son caros	0,682	0,540	1,024
				5,045
				64,626
				59,582

El análisis de factores permitió identificar los motivos de consumo y su grado de importancia. Fueron nombrados como: a) Gastronomía, los ítems que lo conforman se relacionan con el aprovechamiento de los HCS y su versatilidad al combinarse con otros ingredientes y en la preparación de distintos platillos, donde sobresalen los aspectos sensoriales de textura y olor; y asociando a los hongos con un alimento sano. b) Tradición, vinculado al consumo tradicional de los hongos en el hogar durante la infancia. c) Alimento saludable, que destaca sus aportes nutricionales y que no son un producto industrializado. d) Conciencia social, concentra el interés por apoyar a los recolectores y vendedores de hongos y a las comunidades de donde proceden. e) Conciencia ecológica, muestra las preocupaciones por el medio ambiente y el vínculo con la naturaleza y el bosque a través del consumo de hongos. Los últimos factores fueron f) Disponibilidad, g) Moda y h) Aspectos económicos.

Grupos de consumidores identificados

Los factores identificados se utilizaron para realizar el análisis de clúster, que identificó tres grupos de consumidores. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p < 0,05$) en siete factores: Gastronomía, Tradición, Alimento Saludable, Conciencia Social, Conciencia Ecológica y Disponibilidad. En Gastronomía y Alimento Saludable, el Grupo 3 fue diferente a los Grupos 1 y 2. En Tradición, los tres grupos fueron diferentes (a,b,c). En Conciencia Social, el Grupo 1 fue diferente de los Grupos 2 y 3, al igual que en Conciencia Ecológica, tal como se aprecia en los superíndices en la tabla 4. En Disponibilidad, el Grupo 3 es diferente a los Grupos 1 y 2. En Moda, el Grupo 2 fue diferente a los Grupos 1 y 3. Siendo Aspectos económicos, el único en donde no hubo diferencias. como indican los superíndices la tabla 4 (mismo superíndice a).

La siguiente sección analiza las características de cada grupo a partir de los factores.

Tabla 4. Comparación de los grupos identificados.
Table 4. Comparison of the identified groups.

Factores	Grupo 1 (n = 112)		Grupo 2 (n = 87)		Grupo 3 (n = 42)		p*
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	Mediana	RIC	
Gastronomía	3,00 ^a	0,20	3,00 ^a	0,20	2,40 ^b	0,80	0,000
Tradición	2,75 ^a	1,00	2,25 ^b	1,00	1,75 ^c	0,81	0,000
Alimento saludable	2,66 ^a	0,33	2,66 ^a	0,67	2,00 ^b	1,00	0,000
Conciencia social	3,00 ^a	0,25	2,75 ^b	0,75	2,50 ^b	1,00	0,000
Conciencia ecológica	2,66 ^a	0,67	2,33 ^b	1,00	2,16 ^b	1,00	0,000
Disponibilidad	2,50 ^a	1,00	2,50 ^a	1,00	2,00 ^{ab}	1,00	0,004
Moda	1,00 ^a	1,00	2,00 ^b	1,00	1,00 ^a	0,00	0,000
Aspectos económicos	2,00 ^a	0,50	2,00 ^a	0,50	2,00 ^a	0,63	0,190

RIC: Rango intercuartílico; p*: prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$); ^{a,b,c}: los superíndices diferentes para cada factor indican diferencias significativas ($p < 0,05$) de acuerdo a la prueba de U Mann-Whitney.

Características socioeconómicas y razones de consumo de los grupos identificados

No se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos con respecto a las variables socioeconómicas (Tabla 5).

Los grupos fueron nombrados de acuerdo al peso de los factores, quedando de la siguiente manera:

Grupo 1 “Gastronómico tradicional y consciente”: Es el más grande y concentra casi la mitad de la muestra (46,47 %). Los motivos de consumo de HCS son la Gastronomía vinculada a la Tradición, pero donde influyen la Conciencia social y la Conciencia ecológica; sin dejar de lado la importancia de ser un Alimento saludable y con Disponibilidad.

Grupo 2 “Gastronómico hedónico”: Representa más de un tercio de la muestra (36,09 %). Los motivos de consumo de HCS son la Gastronomía, pero está asociada a la Moda o las nuevas tendencias de adquirir experiencias gastronómicas y sensoriales, y de un Alimento Saludable; donde la Conciencia ecológica no es importante.

Grupo 3 “Oportunista”: Concentra sólo el 17,42 % de la muestra. Este grupo manifiesta menor importancia en todos los factores. Esto sugiere que en realidad no presentan un interés real en su consumo y lo hacen sólo si se les presenta la oportunidad (Figura 1).

Discusión

Como se mencionó, los HCS han sido un alimento importante para las comunidades en zonas forestales (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014; Svanberg y Lindh, 2019). Se ubican en lo que Poulain (2019) establece como “pers-

pectiva funcionalista” de la alimentación, es decir, su recolección y consumo representa una actividad estructural y organizadora de lo social de esas comunidades. Sin embargo, en las comunidades urbanas desvinculadas del territorio, parece prevalecer la perspectiva estructuralista de Lévi-Strauss, que escapa al orden económico y donde prevalece una representación inconsciente de lo culinario (Poulain, 2019). Por ello es de destacar la importancia de lo gastronómico en los motivos de consumo del presente trabajo.

El aspecto gastronómico, sin duda, es común y relevante en muchos trabajos sobre alimentos, como ejemplo lo reportado en el consumo cotidiano de alimentos en consumidores de Brasil (Marsola et al., 2020). No obstante, en los alimentos sustentables, los aspectos del gusto tienen poca importancia y se da mayor énfasis a los valores éticos, así lo reportan Dowd y Burke (2013) en consumidores australianos. Por lo tanto, resalta en este trabajo la puntuación tan alta de la Gastronomía, como motivo de consumo de un producto de recolección.

Serrano-Cruz et al. (2018) observaron que para los consumidores mexicanos la gastronomía y la tradición están vinculadas. En ese sentido, en el presente trabajo el factor Tradición ocupa el segundo lugar. Sin embargo, su importancia depende del producto y de cómo se consume. Por ejemplo, en Perú, la tradición en el consumo de alimentos cotidianos no fue importante, pero si la conveniencia y el estado emocional (Santos-Antonio et al., 2021).

En las sociedades posmodernas se incorporan nuevos valores de consumo relacionados con la salud y los aspectos éticos (sociales o ambientales) (Fischler, 1995). Estos aspectos se aprecian en el presente trabajo, donde Alimento saludable es un motivo en el consumo de HCS, una variable que aparece cada vez más y con mayor importancia en los trabajos de alimentación. Por ejemplo, ha sido reportado en trabajos sobre consumo de alimentos

Tabla 5. Características socioeconómicas de los grupos (%).
 Table 5. Socioeconomic characteristics of the groups (%).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	p*
Género				
Femenino	58,0	44,8	50,0	0,287
Masculino	42,0	54,0	50,0	
Otro	0,0	1,1	0,0	
Generaciones				
Millennials	65,2	67,8	69,0	0,215
Generación X	29,5	26,4	16,7	
Baby boomers	5,4	5,7	14,3	
Escolaridad				
Básico	0,9	2,3	0,0	0,236
Medio superior	4,5	11,5	11,9	
Superior	94,6	86,2	88,1	
Estado civil				
Soltero	62,5	57,5	52,4	0,439
Casado	30,4	39,1	38,1	
Divorciado	7,1	3,4	9,5	
Nivel socioeconómico				
Bajo	17,0	19,5	21,4	0,716
Medio	57,1	60,9	61,9	
Alto	25,9	19,5	16,7	
Zona del país				
Norte	2,7	3,4	2,4	0,995
Centro	82,1	81,6	81,0	
Sur	15,2	14,9	16,7	

Análisis de Chi cuadrada * $p < 0,5$ y prueba z con método Bonferroni.

en general en consumidores peruanos (Santos-Antonio et al., 2021), en alimentos tradicionales en consumidores mexicanos (Espinoza-Ortega et al., 2016; Rojas-Rivas et al.,

2019) o en alimentos alternativos como los sustentables en Australia (Dowd y Burke, 2013) y en alimentos orgánicos en México (Escobar-López et al., 2017).

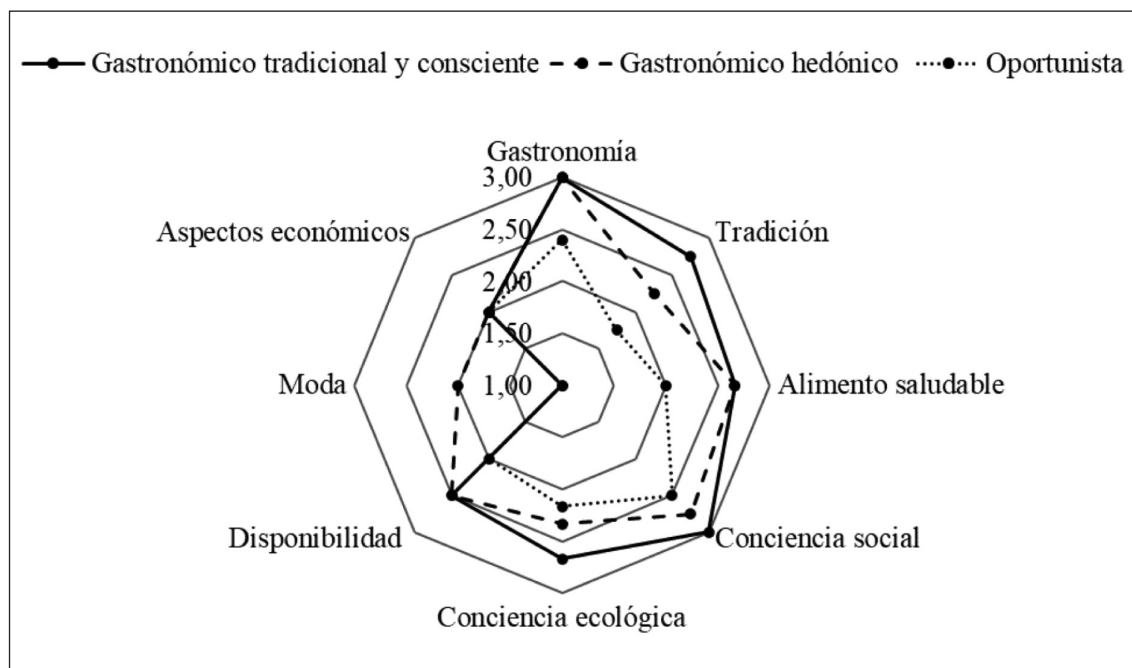


Figura 1. Características de los grupos de acuerdo a los factores identificados.

Figure 1. Group characteristics according to the identified factors.

Es en esa misma lógica de nuevos valores de consumo que aparece el factor Conciencia social y el de Conciencia ecológica. Otros trabajos coinciden con estos motivos de consumo, por ejemplo, en el contexto mexicano, se ha reportado que hay visos de sensibilidad social por parte de los consumidores al elegir los alimentos en general (Espinoza-Ortega *et al.*, 2016); y con mayor énfasis se ha documentado la preocupación por el medio ambiente en el consumo de alimentos sustentables y orgánicos (Dowd y Burke, 2013; Escobar-López *et al.*, 2017).

Se observan otros motivos de consumo, aunque con menor peso, por ejemplo, la Disponibilidad, que es la posibilidad de adquirir los HCS en el entorno cercano. Este factor también ha sido reportado como motivo importante en trabajos con alimentos presentes durante todo el año (Rojas-Rivas *et al.*, 2019;

Marsola *et al.*, 2020). El factor Moda, que también ha sido mencionado en consumidores de alimentos brasileños (Sproesser *et al.*, 2019), y los Aspectos económicos, coincidiendo con otro trabajo en México sobre consumo de alimentos orgánicos (Escobar-López *et al.*, 2017), pero de manera opuesta en alimentos en general donde sí resulta en un factor más relevante (Marsola *et al.*, 2020; Espinoza-Ortega *et al.*, 2021; Santos-Antonio *et al.*, 2021).

Fischler (1995) menciona que los vínculos de los consumidores con la familia, la sociedad y la cultura tradicional se han deteriorado en las sociedades urbanas modernas. Lo observado en el grupo "Gastronómico tradicional y consciente" muestra lo opuesto, en las sociedades urbanas en México existe un vínculo estrecho con los HCS y su consumo, pero influenciado de manera importante por el

entorno y la cercanía con las comunidades forestales (Thomé-Ortiz, 2017), y por los vínculos generacionales y familiares con el medio rural (Espinoza-Ortega, 2021) donde los alimentos consumidos durante la niñez permiten vínculos con los alimentos tradicionales y el lugar de origen por ello, como se observa en la Tabla 4. Para este grupo el motivo de consumo de HCS más importante es la Gastronomía (3,00) seguida de Tradición (2,75) a la cual otorgan mayor valor en comparación con los otros grupos. Al respecto, en el trabajo realizado por Molina-Castillo et al. (2022) se establece que en México los consumidores urbanos neofílicos, es decir, consumidores dispuestos a diversificar su alimentación, asocian a los HCS con el aprovechamiento gastronómico destacando los platillos tradicionales, la identidad y la familia, siendo así que como menciona Bourdieu (1998), los alimentos consumidos en la infancia permiten soportar el distanciamiento del mundo materno durante la adultez.

Knight (2014), en su estudio con consumidores griegos, menciona que los vínculos familiares con las zonas rurales permiten una conexión histórico-cultural en el consumo de HCS. Garibay-Orijel y Ruan-Soto (2014) y Moreno Fuentes (2014) mencionan que la diversidad gastronómica alrededor de los HCS en México debe su origen a su aprovechamiento por las comunidades recolectoras. Svanberg y Lindh (2019) agregan que, si los consumidores perciben poca familiaridad con los hongos, su aprovechamiento gastronómico tradicional se ve afectado. Como indica Fischler (1995), la familiaridad sobre un alimento influye fuertemente en su consumo, lo cual se refuerza con lo observado en la importancia que tiene el factor Tradición (2,75) para el grupo “Gastronómico tradicional y consciente” (Tabla 4) donde se presentan aspectos como el consumo en el hogar durante la infancia (Tabla 3).

Respecto a los nuevos valores alimenticios de las sociedades urbanas, la sensibilidad social

en el grupo “Gastronómico tradicional y consciente”, observada en el alto valor que los consumidores de este grupo asignan al motivo de consumo Conciencia social (3,00) (Tabla 4), coincide con lo reportado por Savelli et al. (2019) en consumidores italianos, y con Tsitsipati y Athanasios (2014) en consumidores griegos, donde los beneficios sociales y ecológicos influyen en el consumo de HCS.

Los consumidores del grupo “Gastronómico tradicional y consciente” dan mayor valor a la Conciencia ecológica (2,66) en comparación con los consumidores de los otros grupos (Tabla 4), la cual refleja la conexión con la naturaleza a partir del consumo de HCS. Esta conexión se interpreta, como lo indica Poulain (2019), como una incorporación subjetiva, a partir de la cual los consumidores tienen la oportunidad de retornar a la naturaleza, de incorporarla al consumir los hongos y volverse uno con ella, reforzando de esta forma su identidad. Aspecto también reportado por Molina-Castillo et al. (2022) en su estudio sobre las percepciones de los consumidores mexicanos sobre los HCS. Este vínculo con la naturaleza, con el bosque, es un aspecto inherente a los hongos, que no se ha observado en otros alimentos incluyendo los orgánicos.

El vínculo medioambiente-hongos también lo reportan otros trabajos. Por ejemplo, consumidores estadounidenses consideran que los productos a base de hongos pueden minimizar los impactos ambientales derivados de la producción de carne (Lang, 2020); consumidores austriacos (Schunko y Vogl, 2020) y griegos (Tsitsipati y Athanasios, 2014) consumen HCS porque asocian las prácticas de recolección con el cuidado del medio ambiente; o consumidores suecos, que perciben la conexión con la naturaleza en el consumo de HCS (Svanberg y Lindh, 2019). Este aspecto ha sido observado recientemente en consumidores mexicanos para los cuales, dicha conexión aumenta su aceptación (Molina-Castillo et al., 2022), lo que refuerza los resultados de este estudio.

Por otro lado, en cuanto al grupo “Gastronómico hedónico”: este grupo otorga un valor alto al motivo de consumo Gastronomía (3,00), pero a diferencia del grupo anterior, los consumidores de este grupo asignan menor valor al factor Tradición (2,25) (Tabla 4), es decir, lo tradicional influye menos en el consumo de hongos, lo que sugiere una influencia de intermediarios culturales, que como menciona Fischler (1995), está favorecida por la imitación. De acuerdo con Bourdieu (1998), el entorno es un determinante del gusto y puede llevar a una percepción distinta de los alimentos para los consumidores cuyo gusto fue heredado.

Este grupo, además de la importancia que otorga a Gastronomía (3,00), da mayor valor al motivo de consumo Moda (2,00) en comparación con los otros dos grupos (Tabla 4), lo que refuerza la idea de un consumo de placer. Al respecto, Fischler (1995) menciona que la información sensorial percibida favorece la incorporación de nuevos alimentos y contribuye al sentido de pertenencia del comensal a un grupo o cultura. Para este caso, más que la incorporación de un nuevo alimento es la incorporación de variantes o nuevas formas de consumirlo. Se observa una diversificación gastronómica que resulta del placer que da paso a la diferenciación (Poulain, 2019).

Otros trabajos han observado que en el consumo cotidiano de alimentos existen grupos de consumidores que guían sus elecciones principalmente por los aspectos sensoriales (Marsola et al., 2020) y por la influencia de las tendencias alimentarias (Sproesser et al., 2019) o modas. En esa idea, Sánchez-Vega et al. (2020) establecen que el consumo de alimentos tradicionales para los consumidores mexicanos en la posmodernidad tiene dos dimensiones, la tradicional (que se observa en este trabajo en los motivos de consumo del grupo “Gastronómico tradicional y consciente”) y la hedónica (observada en este estudio en el grupo “Gastronómico hedónico”).

Las nuevas experiencias gastronómicas y sensoriales se encuentran entre los principales motivos de consumo de HCS para los consumidores italianos (Savelli et al., 2019), griegos (Tsitsipati y Athanasios, 2014) y estadounidenses, porque favorecen la diversificación culinaria (Lang, 2020). Al respecto, Svanberg y Lindh (2019) resaltan la influencia de las redes sociales y de cocinas de otras culturas en la diversificación micogastronómica entre los consumidores urbanos suecos. Por otro lado, al ser los HCS un producto de temporada contribuyen a lo que Fischler (1995) denomina la alternancia alimentaria, ya que permiten diversificar la preparación de platillos. Este aspecto es observado en Molina-Castillo et al. (2023), donde los hongos contribuyen a la diversificación de platillos tanto tradicionales de México como de platillos relacionados con otras culturas.

Por su parte, Tsitsipati y Athanasios (2014) encontraron que para los consumidores en Grecia las características sensoriales, como sabor, olor y textura, guían su elección de HCS. Al respecto, Knight (2014) menciona que los hongos son un recurso con la capacidad de generar diversas experiencias sensoriales.

En cuanto al grupo “Oportunista”: este tipo de consumidores están presentes en diversos estudios sobre otros alimentos tanto de consumo cotidiano como alternativos. Otorgan poca importancia a todos los factores, suelen conformar los grupos más pequeños y consumen los alimentos sólo porque están disponibles en un momento dado, pero no hay interés real en ellos (Espinoza-Ortega et al., 2016; Escobar-López et al., 2017), tal y como se observa en este estudio en el valor que el grupo “Oportunista” otorga al motivo de consumo Disponibilidad (2,00), así como en la poca importancia que brinda a los demás motivos de consumo en comparación con el grupo “Gastronómico tradicional y consciente” y el grupo “Gastronómico hedónico” (Tabla 4).

Si bien en el presente trabajo no se identificó que los aspectos socioeconómicos influyan en los motivos de consumo de HCS, lo cual puede estar asociado a la forma de distribución del cuestionario, es importante mencionar que otros estudios sí han identificado que los aspectos socioeconómicos influyen en las elecciones de consumo, por ejemplo, Schunko y Vogl (2020) mencionan que las mujeres urbanas suelen conocer y consumir más alimentos silvestres respecto a los hombres. En México, otros trabajos establecen la asociación de las mujeres con el consumo de alimentos tradicionales, incluso en consumidores urbanos (Rojas-Rivas et al., 2019; Sánchez-Vega et al., 2020), mientras que Molina-Castillo et al. (2022) identificaron que las mujeres tienen más percepciones negativas y de rechazo hacia los HCS que los hombres.

Por otro lado, otros trabajos han identificado una tendencia de los hombres hacia nuevas experiencias gastronómicas y sensoriales, tal y como lo reportan en Italia Savelli et al. (2019) con consumo de trufas, y Sogari et al. (2019) con consumo de insectos. Otros trabajos llevados a cabo en el contexto mexicano establecen que, a diferencia de las mujeres, los hombres muestran menor preocupación por los aspectos ecológicos en los alimentos (Espinoza-Ortega et al., 2016; Escobar-López et al., 2017), no así en sus asociaciones hacia los HCS (Molina-Castillo et al., 2022).

Otros estudios reportan que, si bien los consumidores jóvenes se interesan en los aspectos sensoriales de los HCS (Savelli et al., 2019) y suelen consumirlos con mayor frecuencia (Boin y Nunes, 2018), el aprovechamiento micogastronómico está influenciado por la familia y las redes sociales (Svanberg y Lindh, 2019). Por su parte, Ivanova et al. (2019) identificaron que consumidores con mayor nivel de estudios muestran mayor preocupación por el impacto ambiental de sus elecciones de consumo. Por otro lado, algunos trabajos establecen que los ingresos altos tienden a

favorecer el consumo de HCS (Boin y Nunes, 2018), así como la diversidad micogastronómica (Savelli et al., 2019).

Conclusiones

Este trabajo es un primer acercamiento para comprender los motivos de consumo de HCS en consumidores mexicanos urbanos.

Se identificaron ocho motivos de consumo de HCS en los consumidores urbanos, los de mayor peso son lo Gastronómico, Tradicional, Alimento saludable, Conciencia social y Conciencia ecológica y los de menor peso la Disponibilidad, Moda y los Aspectos económicos. Sin embargo, esos motivos son percibidos de manera diferente, por lo que pudieron identificarse tres grupos de consumidores: "Gastronómico tradicional y consciente", "Gastronómico hedónico" y "Oportunista".

Es así, que los motivos de consumo de HCS entre los consumidores mexicanos urbanos son ambivalentes. Existe un interés gastronómico en los hongos, con dos vertientes: por un lado vinculado a lo tradicional, lo social y la conexión con la naturaleza, lo que sugiere un consumo de HCS asociado tanto a un gusto heredado como a los nuevos valores éticos; y por otro, a la moda, es decir, a un gusto adquirido por nuevas formas de consumo. Así mismo, es claro que la proximidad de los consumidores con las zonas de recolección incide en el consumo en una conexión histórico-cultural.

Los hallazgos de este trabajo pueden ser aprovechados en estrategias de políticas públicas, comunicación y comercialización que busquen incentivar un incremento en el interés de las sociedades urbanas en consumir HCS, con lo cual se deberá buscar generar beneficios económicos, sociales y culturales para las comunidades recolectoras.

El trabajo se realizó durante la fase de mayor riesgo de la pandemia de Covid-19, por lo

que la forma de distribución del cuestionario propició mayor participación de consumidores jóvenes, en ese sentido, se recomienda que futuras investigaciones realicen cuestionarios a los consumidores de forma presencial en espacios de comercialización de HCS.

Además, este trabajo brinda las pautas para continuar indagando en los motivos de consumo de alimentos de recolección considerando grupos de consumidores con formas de consumo específicas como el vegetarianismo y el veganismo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca para estudios de posgrado otorgada a la primera autora.

Referencias bibliográficas

- Aisala H., Manninen H., Laaksonen T., Linderborg K.M., Myoda T., Hopia A., Sandell M. (2020). Linking volatile and non-volatile compounds to sensory profiles and consumer liking of wild edible Nordic mushrooms. *Food Chemistry* 304: 125403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125403>.
- Boin E., Nunes J. (2018). Mushroom Consumption behavior and influencing factors in a sample of the Portuguese population. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* 30(1): 35-48. <https://doi.org/10.1080/08974438.2017.1382420>.
- Bourdieu P. (1998). *La distinción: Criterio y bases sociales del gusto*. Ed. Taurus, España. 597 pp.
- Dowd K., Burke K.J. (2013). The influence of ethical values and food choice motivations on intentions to purchase sustainably sourced foods. *Appetite* 69: 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.05.024>.
- Escobar-López S.Y., Espinoza-Ortega A., Vizcarra-Bordi I., Thomé-Ortiz H. (2017). The consumer of food products in organic markets of central Mexico. *British Food Journal* 119(3): 558-574. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0321>.
- Espinoza-Ortega A. (2021). Nostalgia in food consumption: exploratory study among generations in Mexico. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 25: 100399. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100399>.
- Espinoza-Ortega A., Martínez-García C.G., Rojas-Rivas E., Fernández-Sánchez Y., Escobar-López S.Y., Sánchez-Vegas L. (2021). Consumer and food changes in Mexican households during maximal contingency in the COVID-19 pandemic. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 24: 100357. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100357>.
- Espinoza-Ortega A., Martínez-García C.G., Thomé-Ortiz H., Vizcarra-Bordi I. (2016). Motives for food choice of consumers in Central Mexico. *British Food Journal* 118(11): 2744-2760. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2016-0143>.
- Evenson R.E., Gollin D. (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300: 758-762. <https://doi.org/10.1126/science.1078710>.
- Farfán-Heredia B., Casas A., Rangel-Landa S. (2018). Cultural, economic, and ecological factors influencing management of wild plants and mushrooms interchanged in Purépecha markets of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14: 68. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0269-9>.
- Field A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*, 4th. Ed. SAGE Publications, London. 1079 pp.
- Fischler C. (1995). *El (h)omnívoro: El gusto, la cocina y el cuerpo*. Ed. Anagrama, España. 421 pp.
- Frutos P., Rodríguez-Prado B., Latorre J., Martínez-Peña F. (2019a). A gravity model to explain flows of wild edible mushroom picking. A panel data analysis. *Ecological Economics* 156: 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.017>.

- Frutos P., Rodríguez-Prado B., Latorre J., Martínez-Peña F. (2019b). Environmental valuation and management of wild edible mushroom picking in Spain. *Forest Policy and Economics* 100: 177-187. <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2018.12.008>.
- Frutos P. (2020). Changes in world patterns of wild edible mushrooms use measured through international trade flows. *Forest Policy and Economics* 112: 102093. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102093>
- Garibay-Orijel R., Ruan-Soto F. (2014). Listado de los hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. En: *La Etnomicrología en México. Estado del Arte* (Eds. Moreno-Fuentes A., Garibay-Orijel R.), pp. 91-109. Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural (CONACyT)-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Biología (UNAM)-Sociedad Mexicana de Micología-Asociación Etnobiológica Mexicana, A.C.-Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicrología en México-Sociedad Latinoamericana de Etnobiología, Distrito Federal, México.
- Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. (2019). *Multivariate Data Analysis*, 8th. Ed. Cengage Learning EMEA, United Kingdom. 813 pp.
- INEGI (2021a). Censo de Población y Vivienda 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados> (Consultado: 18/05/2024).
- INEGI (2021b). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2020 (ENIGH). Presentación de resultados. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/> (Consultado: 18/05/2024).
- INEGI (2022). Encuesta Nacional sobre Diversidad Sexual y de Género (ENDISEG) 2021. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/endi-seg/2021/> (Consultado: 30/08/2024).
- Ivanova O., Flores-Zamora J., Khelladi I., Ivanaj S. (2019). The generational cohort effect in the context of responsible consumption. *Management Decision* 57(5): 1162-1183. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2016-0915>.
- Jiménez-Ruiz A., Thomé-Ortiz H., Espinoza-Ortega A., Vizcarra-Bordi I. (2017). Aprovechamiento recreativo de los hongos comestibles silvestres: casos de micoturismo en el mundo con énfasis en México. *Bosque* 38(3): 447-456. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000300002>
- Knight D.M. (2014). Mushrooms, knowledge exchange and polytemporality in Kalloni, Greek Macedonia. *Food, Culture & Society* 17(2): 183-201. <https://doi.org/10.2752/175174414X13871910532105>.
- Lang M. (2020). Consumer acceptance of blending plant-based ingredients into traditional meat-based foods: evidence from the meat-mushroom blend. *Food Quality and Preference* 79: 103758. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103758>.
- Marsola C.M, Cunha L.M., Carvalho-Ferreira J.P., Cunha D.T. (2020). Factors underlying food choice motives in a Brazilian sample: the association with socioeconomic factors and risk perceptions about chronic diseases. *Foods* 9(8): 1114. <https://doi.org/10.3390/foods9081114>.
- Molina-Castillo S., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H., Moctezuma-Pérez S., Martínez-García C.G. (2022). Los hongos comestibles silvestres: Entre las neofilias y neofobias de los consumidores mexicanos. *Bosque (Valdivia)* 43(3): 231-241. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002022000300231>.
- Molina-Castillo S., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H., Moctezuma-Pérez S. (2023). Gastronomic diversity of wild edible mushrooms in the Mexican cuisine. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 31: 100652. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100652>.
- Morales Vallejo P. (2010). Guía para construir escalas de actitudes. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid. 46 pp.
- Moreno Fuentes A. (2014). Un recurso alimentario de los grupos originarios y mestizos de México: los hongos silvestres. *Anales de Antropología* 48(1): 241-272.
- OECD (2019). *Under Pressure: the Squeezed Middle Class*. OECD Publishing, Paris. 173 pp. <https://doi.org/10.1787/689afed1-en>

- Pérez-Moreno J., Guerin-Laguet A., Rinaldi A.C., Yu F., Verbeken A., Hernández-Santiago F., Martínez-Reyes M. (2021). Edible mycorrhizal fungi of the world: what is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change?. *Plants, People, Planet* 3(5): 471-490. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10199>.
- Pichardo González B. (2006). La revolución verde en México. *Agraria* (4): 40-68. <https://doi.org/10.11606/issn.1808-1150.v0i4p40-68>
- Poulain J.P. (2019). *Sociologías de la alimentación. Los comensales y el espacio social alimentario*, Editorial UOC, Barcelona, España. 336 pp.
- Rohr J.R., Barrett C.B., Civitello D.J., Craft M.E., Delius B., DeLeo G.A., Hudson P.J., Jouanard N., Nguyen K.H., Ostfeld R.S., Remais J.V., Riveau G., Sokolow S.H., Tilman D. (2019). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nature sustainability* 2: 445-456. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>.
- Rojas-Rivas E., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H., Moctezuma-Pérez S., Cuffia F. (2019). Understanding consumers' perception and consumption motives towards amaranth in Mexico using the Pierre Bourdieu's theoretical concept of *Habitus*. *Appetite* 139: 180-188. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.04.021>
- Ruan-Soto F. (2018). Intoxicaciones por consumo de hongos silvestres entre los tsotsiles de Chumula, Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente* 6(17): 7-31.
- Sánchez-Vega L.P., Espinoza-Ortega A., Thomé-Ortiz H., Moctezuma-Pérez S. (2020). Perception of traditional foods in societies in transition: the maize tortilla in Mexico. *Journal of Sensory Studies* 36(2): e12635. <https://doi.org/10.1111/joss.12635>.
- Santos-Antonio G., Valladares C., Castillo A., Aparco J.P., Hinojosa-Mamani P., Velarde-Delgado P. (2021). Validación del cuestionario de elección de alimentos en jóvenes de Lima Metropolitana, Perú, 2017. *Revista Chilena de Nutrición* 48(4): 507-517. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000400507>.
- Savelli E., Bravi L., Murmura F., Pencarelli T. (2019). Understanding the consumption of traditional-local foods through the experience perspective: the case of the truffle. *British Food Journal* 121(6): 1261-1280. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2018-0290>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). *Desarrolla Agricultura tecnología para aumentar producción de hongos silvestres comestibles*. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/desarrolla-agricultura-tecnologia-para-aumentar-produccion-de-hongos-silvestres-comestibles> (Consultado: 21/05/2024).
- Serrano-Cruz M.R., Espinoza-Ortega A., Sepúlveda W.S., Vizcarra-Bordi I., Thome-Ortiz H., (2018). Factors associated with the consumption of traditional foods in central Mexico. *British Food Journal* 120(11): 2695-2709. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2017-0663>.
- Schunko C., Vogl C.R. (2020). Factors determining organic consumers' knowledge and practices with respect to wild plant foods: a country-wide study in Austria. *Food Quality and Preference* 85: 103960 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103960>.
- Sogari G., Menozzi D., Mora C. (2019). The food neophobia scale and young adults' intention to eat insect products. *International Journal of Consumer Studies* 43: 68-76. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12485>.
- Sproesser G., Moraes J.M.M., Renner B., Alvarenga M.S. (2019). The eating motivation survey in Brazil: results from a sample of the general adult population. *Frontiers in psychology* 10: 2334. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02334>.
- Stepoe A., Pollard T.M., Wardle J. (1995). Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite* 25: 267-284. <https://doi.org/10.1006/appe.1995.0061>
- Svanberg I., Lindh H. (2019). Mushroom hunting and consumption in twenty-first century post-industrial Sweden. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 15: 42. <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0318-z>.
- Taherdoost, H. (2019). What Is the Best Response Scale for Survey and Questionnaire Design; Review of Different Lengths of Rating Scale / Atti-

- tude Scale / Likert Scale. International Journal of Academic Research in Management 8(1): 1-12.
- Thomé-Ortiz H. (2017). Heritage cuisine and identity: free time and its relation to the social reproduction of local food. Journal of Heritage Tourism 13(2): 1-11. <https://doi.org/10.1080/1743873X.2017.1343336>.
- Tsitsipati V., Athanasios C. (2014). SWOT analysis of the truffles market in Greece. British Food Journal 116(12): 1976-1997. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2012-0293>.
- (Aceptado para publicación el 16 de diciembre de 2024)



itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2024 DE AIDA

Presidenta

Albina Sanz Pascua

Secretaria

Paula Gaspar García

D^a Paula Gaspar García, Directora de la revista ITEA, en calidad de Secretaria del Jurado para la concesión del **Premio Prensa Agraria 2024** de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA).

Notifica que, reunido el Jurado para la concesión del Premio Prensa Agraria 2024 el día 4 de febrero de 2025, en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), del que forman parte la Presidenta de AIDA que preside el Jurado, la Directora de la revista ITEA, la Directora de Investigación del CITA del Gobierno de Aragón, el Director del Instituto Agro-nómico Mediterráneo de Zaragoza, el Vicedirector de la Estación Experimental de Aula Dei y el Director del Instituto Pirenaico de Ecología, ha valorado especialmente la relevancia del estudio para la sostenibilidad de la ganadería ovina y ha decidido, por unanimidad, que el **Premio Prensa Agraria 2024** ha recaído en **Gabriel Anaya, Antonio Granero y María Jesús Alcalde** por su artículo publicado en la revista ITEA titulado **Situación genética de las principales líneas puras del merino español**.

Zaragoza, a 4 de febrero de 2025

LA PRESIDENTA DE AIDA
Albina Sanz Pascua

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2025 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) otorga un premio anual de Prensa Agraria para destacar aquel artículo de los publicados en ITEA en el año 2025 que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo y de transferencia al sector, así como un impacto relevante de sus resultados. El artículo deberá reflejar el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2025. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidencia de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Dirección de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Dirección del CITA (Gobierno de Aragón).
 - d) Dirección del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Dirección de la Estación Experimental de Aula Dei.
 - f) Dirección del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación debe rellenar esta ficha de inscripción y la siguiente hoja sobre Protección de datos.

INSCRIPCIÓN EN AIDA

Si desea Vd. pertenecer a la Asociación rellene la ficha de inscripción y envíela a la siguiente dirección:

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). Avenida Montañana, 930, 50059 Zaragoza.

Si elige como forma de pago la domiciliación bancaria adjunte a esta hoja de inscripción el impreso de domiciliación sellado por su banco.

También puede hacer una transferencia a la cuenta de AIDA (Caixabank, Ag. Zuera (Zaragoza), España, nº ES70 2100 8687 2702 0001 2107) por el importe de la cuota anual. En ese caso, adjunte un comprobante de la transferencia.

Apellidos:		Nombre:	
NIF:			
Dirección Postal:			
Teléfono:		Fax:	e-mail:
Empresa:			
Área en que desarrolla su actividad profesional:			
		En _____, a ____ de _____ de 20__	
		Firma:	

FORMA DE PAGO (COUTA ANUAL: 50 EUROS)

☐	Cargo a cuenta corriente (rellenar la domiciliación bancaria)
☐	Transferencia a la cuenta de AIDA ES70 2100 8687 2702 0001 2107 (adjuntar comprobante)

DOMICILIACION BANCARIA

Sr. Director del Banco/Caja			
Muy Sr. mío,			
Ruego a Vd. se sirva adeudar en la siguiente cuenta corriente (IBAN: 24 caracteres)			
que mantengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) .			
Atentamente,			
En _____, a ____ de _____ de 20__		Sello de la Entidad:	
Firmado:			

PROTECCIÓN DE DATOS

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO, de ahora en adelante AIDA, le informa de que los datos facilitados durante su relación con la Asociación serán tratados para gestionar el alta de socio, así como para las gestiones administrativas de la Asociación. La base legal para el tratamiento de sus datos es la relación contractual y su consentimiento. Sus datos podrán ser cedidos a las entidades que sea necesarias para el cumplimiento de nuestras obligaciones legales, y si así lo autoriza, a las empresas colaboradoras de la Asociación. Tiene derecho a acceder, rectificar, suprimir, oponerse al tratamiento de sus datos, así como retirar el consentimiento prestado y pedir su portabilidad.

AUTORIZACIONES

- ☐ * – Autoriza a que AIDA le envíe información a través de medios postales y/o electrónicos (correo electrónico, SMS, etc.) sobre noticias de la asociación, así como información de servicios de sus patrocinadores y/o colaboradores.
- Autoriza a que AIDA pueda facilitar sus datos de contacto a las empresas patrocinadoras o colaboradoras con fines comerciales. ☐ Sí ☐ No *

* Debe responder a estas cuestiones obligatoriamente.

Por último, en aras de dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y siguiendo las Recomendaciones e Instrucciones emitidas por la Agencia Española de Protección de Datos (A.E.P.D.),

SE INFORMA

- Los datos de carácter personal solicitados y facilitados por usted, son incorporados a un fichero de titularidad privada cuyo responsable y único destinatario es AIDA, con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 - Zaragoza.
- Solo serán solicitados aquellos datos estrictamente necesarios para prestar adecuadamente los servicios solicitados, pudiendo ser necesario recoger datos de contacto de terceros, tales como representantes legales, tutores, o personas a cargo designadas por los mismos.
- Todos los datos recogidos cuentan con el compromiso de confidencialidad, con las medidas de seguridad establecidas legalmente, y bajo ningún concepto son cedidos o tratados por terceras personas, físicas o jurídicas, sin el previo consentimiento del socio, tutor o representante legal, salvo en aquellos casos en los que fuere imprescindible para la correcta prestación del servicio.
- Una vez finalizada la relación entre la Asociación y el socio, los datos seguirán archivados y conservados mientras sean necesarios para dar cumplimiento a las obligaciones legales o, en su defecto, serán devueltos íntegramente al socio (o autorizado legal) o suprimidos si así se solicita por su parte.
- Los datos que facilite serán incluidos en el Tratamiento denominado Socios de AIDA, con la finalidad de gestión del alta de socio, la gestión del servicio contratado, pago de cuotas, contacto, etc., y todas las gestiones relacionadas con los socios y manifiesto mi consentimiento.
- Tiene derecho a acceder a sus datos personales, a solicitar su rectificación, cancelación y oposición, indicándolo por escrito a AIDA con domicilio en Avenida Montañana, no 930, 50059 – Zaragoza, o al correo electrónico de la Asociación: administracion@aidaitea.org.
- Los datos personales serán cedidos por AIDA a las entidades que prestan servicios a la misma siempre que sea estrictamente necesario para llevar a cabo los servicios ofrecidos por la Asociación. Igualmente, sus datos serán cedidos si existe una obligación legal.

Nombre y apellidos del Socio:

DNI:

Representante legal (si lo hubiere):

DNI:

En _____, a ____ de _____ de 20 ____

FIRMA DEL SOCIO:

NORMAS PARA LOS AUTORES

Puede encontrar toda la información sobre como hacer los envíos,
las directrices de como hacer los manuscritos y las licencias
bajo las que se publican los artículos en nuestra web, en la URL
<https://www.aida-itea.org/index.php/revista-itea/envio-de-articulos>

Volumen 121

Número 1

Marzo 2025

itea

información técnica económica agraria

www.aida-itea.org

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

