

VOL VI

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026

VOL VI

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Eduardo Eugênio Spers
Imagem da Capa	Bruna Bejarano, Arquivo Pessoal
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos



Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, *Universidade Estadual do Ceará*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México

Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, Portugal

Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo (USP)*, Brasil

Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha

Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay

Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá

Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Galina Gumovskaya – *Higher School of Economics*, Moscow, Russia

Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal

Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina

Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia

Prof.^a Dr.^a Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru

Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile

Prof.^a Dr.^a Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*, Brasil

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos

Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha

Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal

Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros*, Brasil

Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. José Cortez Godinez, *Universidad Autónoma de Baja California*, México

Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, *Instituto Politécnico Nacional*, México

Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha

Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia



Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México

Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo*, Brasil

Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Simões, *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, *Universidade Federal de Itajubá*, Brasil

Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista (UNESP)*, Brasil

Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto*, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Maria da Luz Vale Dias – *Universidade de Coimbra*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão*, Brasil

Prof.^a Dr.^a M^a Graça Pereira, *Universidade do Minho*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria Gracinda Carvalho Teixeira, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, *Instituto Politécnico de Viseu*, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba

Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, *Universidade Federal de Lavras*, Brasil

Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, *Universidad del Pais Vasco*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, *Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional*, México

Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil

Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru

Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, *Universidade Federal de Lavras*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, *Universidade do Estado da Bahia*, Brasil

Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, *Universidade Federal do Pará*, Brasil

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, *Universidade Federal do Piauí*, Brasil

Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, *Universidade Federal do Piauí*, Brasil

Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, *Universidade Federal de Uberlândia*, Brasil

Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil

Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia

Prof.^a Dr.^a Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E87 Estudos em ciências agrárias e ambientais VI [livro eletrônico] /
Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Editora
Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-92-5

DOI 10.37572/EdArt_240326925

1. Formação docente. 2. Aprendizagem socioemocional –
Educação. 3. Bem-estar docente – Prática pedagógica. 4. Educação
superior. I. Gutiérrez, Paula Correa. II. Delgado, Fabiola Sáez. III.
Coatt, Pilar Jara.

CDD 370.71

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

O volume VI da coletânea *Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais* reúne um conjunto de trabalhos que evidenciam a diversidade e a complexidade das investigações contemporâneas no campo agrário e ambiental, articulando perspectivas que vão desde a gestão dos territórios até os sistemas produtivos e o cuidado com a saúde e o bem-estar animal.

Organizado em três eixos temáticos, o volume inicia com discussões voltadas ao meio ambiente, à sustentabilidade e às dinâmicas socioecológicas, contemplando estudos que abordam questões relacionadas à governança territorial, aos saberes locais, às estratégias de gestão ambiental e à conservação da fauna. As contribuições deste eixo evidenciam a importância da articulação entre conhecimento científico e práticas sociais na compreensão dos desafios ambientais contemporâneos, bem como na construção de respostas sustentáveis e na preservação da biodiversidade em diferentes contextos.

O segundo eixo, dedicado à produção agrária, aos sistemas produtivos e aos recursos naturais, reúne pesquisas que exploram aspectos fundamentais da produção agrícola, incluindo qualidade de sementes, rendimento de culturas, organização de sistemas produtivos e manejo fitossanitário. Os trabalhos destacam a relevância de abordagens técnicas e científicas para o fortalecimento da produção, ao mesmo tempo em que apontam para a necessidade de práticas mais sustentáveis e eficientes no uso dos recursos naturais.

Por fim, o eixo voltado à saúde, produção e bem-estar animal apresenta estudos que discutem aspectos sanitários, comportamentais e de manejo na produção pecuária. As investigações evidenciam a importância de integrar conhecimento científico, tecnologia e práticas de cuidado para garantir não apenas a produtividade, mas também o bem-estar dos animais e a sustentabilidade dos sistemas produtivos, reforçando a centralidade dessas dimensões na pecuária contemporânea.

Ao reunir essas diferentes perspectivas, este volume reafirma o caráter interdisciplinar das Ciências Agrárias e Ambientais e sua relevância para enfrentar os desafios atuais relacionados à produção, à conservação dos recursos naturais e à sustentabilidade. Trata-se de uma obra que contribui para o avanço do conhecimento científico e para o fortalecimento de práticas mais responsáveis e integradas no campo agrário e ambiental.

Eduardo Eugênio Spers

SUMÁRIO

MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E DINÂMICAS SOCIOECOLÓGICAS

CAPÍTULO 1..... 1

GENDER, FOREST LAND TENURE, AND AGRARIAN GOVERNANCE IN MEXICO: A COMPARATIVE ANALYSIS ORIENTED TOWARD PUBLIC POLICY

Marcial Reyes Cázares

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269251

CAPÍTULO 2..... 19

GEOGRAFICIDAD DEL TERRITORIO: LA COMPRENSIÓN DE LAS ZONAS ÁRIDAS DESDE LOS SABERES LOCALES PARA IDENTIFICAR IMPACTOS AMBIENTALES Y ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. EL CASO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMÍ

Leslie Steffany Sánchez Escobar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269252

CAPÍTULO 3..... 31

LA GESTIÓN SOCIAL PARTICIPATIVA COMO HERRAMIENTA EFECTIVA EN LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Fredy Aranda Tamayo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269253

CAPÍTULO 4..... 42

MEASUREMENT OF THE DUST CONCENTRATION ELIMINATED BY A COMPOUND FEED FACTORY FOR THE PURPOSE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Cristian Vasile

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269254

CAPÍTULO 5..... 51

EXPERIENCIA DE REHABILITACIÓN DE DOS ESPECIES DE FLAMENCOS, EN PREDIOS DEL BIOPARQUE MUNICIPAL VESTY PAKOS, LA PAZ – BOLIVIA

Alvaro Antonio Quispe Flores

Fortunato Macedonio Choque Bautista

Luis Enrique Beltrán Mendoza

Omar Emilio Rocha Olivio

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269255

PRODUÇÃO AGRÁRIA, SISTEMAS PRODUTIVOS E RECURSOS NATURAIS

CAPÍTULO 6..... 60

LA PRUEBA DE GERMINACIÓN EN MAÍCES CRIOLLOS DE LOS ESTADOS DE GUANAJUATO Y MICHOACAN

José Luis Gutiérrez Liñán

Carmen Aurora Niembro Gaona

Alfredo Medina García

Oscar Arce Cervantes

Luis Felipe Ramírez Santoyo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269256

CAPÍTULO 7.....70

CALIDAD FÍSICA Y RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE AVENA, EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

Alfredo Josué Gámez Vázquez

Miguel Angel Avila Perches

Rocio Edelmira Hernández Caldera

Leandris Argente Martínez

Mirna Bobadilla-Meléndez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269257

CAPÍTULO 8..... 83

ZONIFICACIÓN DEL SISTEMA AGROSILVOPASTORIL DE LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO DE RIEGO CARRIZAL-CHONE, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Lizardo Reina Castro

Alberto Julca-Otiniano

Manuel Canto Sáenz

Hugo Soplin Villacorta

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269258

CAPÍTULO 9..... 98

SENSIBILIDAD DE HONGOS FITOPATÓGENOS DE RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE AL ACEITE DE NEEM (*Azadirachta indica*, GERANIALES: MELIACEAE)

Abraham Bibiano-Flores

Ivette Ortiz-Lopez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2403269259

CAPÍTULO 10..... 108

DESPARASITANTE ECOLÓGICO PARA REDUCIR LA CARGA PARASITARIA EN PEQUEÑOS RUMIANTES

Amalia Cabrera Núñez

Miguel Ángel Lammoglia Villagómez

María Rebeca Rojas Ronquillo

Daniel Sokani Sánchez Montes

Jorge Luis Chagoya Fuentes

 https://doi.org/10.37572/EdArt_24032692510

SAÚDE, PRODUÇÃO E BEM-ESTAR ANIMAL

CAPÍTULO 11..... 115

DISEASES OF HOOFES TO THE HOLSTEIN FRESIAN DAIRY CATTLE IN THE INTENSIVE FARM SYSTEM OF BREEDING

Ivanka hadžić

Ivan Pavlović

 https://doi.org/10.37572/EdArt_24032692511

CAPÍTULO 12..... 160

SEROVARIEDADES DE *LEPTOSPIRA* Y SU RESPUESTA INMUNOLÓGICA AL USO DE BACTERINAS EN LOS BOVINOS LECHEROS DE LA FMVZ-BUAP

Gabriel Gerardo Aguirre Espíndola

Felicitas Vázquez Flores

Mari Carmen Larios-García

Mara Isabel Santiago Luna

 https://doi.org/10.37572/EdArt_24032692512

CAPÍTULO 13.....172

ADAPTAÇÃO COMPORTAMENTAL AO CLIMA DE BOVINOS EM PASTOREIO:
INTEGRAÇÃO DA MONITORIZAÇÃO DE PRECISÃO E EVIDÊNCIA DE CAMPO DE
ANIMAIS DE RAÇA MINHOTA

Gustavo Paixão

Fernando Mata

Joaquim Lima Cerqueira

José Pedro Araújo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_24032692513

SOBRE O ORGANIZADOR.....183

ÍNDICE REMISSIVO 184

CAPÍTULO 1

GENDER, FOREST LAND TENURE, AND AGRARIAN GOVERNANCE IN MEXICO: A COMPARATIVE ANALYSIS ORIENTED TOWARD PUBLIC POLICY

Data de submissão: 13/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

Marcial Reyes Cázares

Doctor en Género y Derecho por el
Instituto Universitario Puebla
Tecnológico Nacional de México
campus Pátzcuaro
Av. Tecnológico N°1, Tzúrumutaro
Pátzcuaro, Michoacán, México
<https://orcid.org/0000-0002-5987-949X>

ABSTRACT: The analysis of structural gender inequalities in forest land tenure is one of the most complex topics in the study of Mexico's ejidal and communal systems from a comparative international perspective oriented toward public policy. Through quantitative indicators, sociological theory, and governance frameworks, this study demonstrates how formal frameworks of equality coexist with exclusionary practices rooted in customary land tenure regimes. The findings highlight a persistent gap between legal recognition and the effective exercise of women's rights to land tenure, with direct implications for local territorial governance, sustainability, and the design of public policies. Throughout Mexico's history, women's participation in the agrarian domain

has been constant and effective, as women have fought on equal terms in various social armed conflicts, through which large territorial extensions were recovered and distributed equitably among family heads. However, faced with an Agrarian Law decontextualized from an egalitarian reality and tailored to the conditions of the 1950s, it opened the criteria for communities and ejidos to be governed by customary laws, thereby intensifying exclusion and discrimination in a more radical manner. Current legislation stipulates the terms "owner," "possessor," and "children," considering males preferentially, thereby nullifying women's rights, even though constitutional decrees specify such rights. It is taken into account that women can only access property if they are heads of household, but under Agrarian Law and customary practices, only when widowed is she considered a possessor until one of her male children reaches majority age; if she has no male child, her rights would be diminished, as she would be excluded from the ejidal and/or communal nucleus. In the context of Mexico's current government, characterized by a greater presence of women in high-level political and administrative power spaces, a structural contradiction persists between the discourse of substantive equality and the material reality of agrarian rights. While female leadership has been promoted in institutional spheres and public decision-making, this symbolic and normative preference has not translated into substantive transformations

in social land ownership or community forest governance. The gender gap in access to agrarian property continues to be reproduced through rooted practices and patriarchal structures that limit women's effective access to property, control over forest resources, and ejidal and communal decision-making bodies. This dissociation evidences that women's political empowerment, without structural reform of the agrarian regime and its implementation mechanisms, is insufficient to guarantee substantive equality in access to land and the management of common goods, constituting one of the main pending challenges for agrarian public policy with a human rights and gender focus.

KEYWORDS: women; equality; right to property; customs and practices.

1. INTRODUCTION

Gender inequality in land tenure and forest resources constitutes one of the most persistent structural challenges, not only in Mexico but as a constant in Latin America. Despite normative advances in formal equality between women and men, effective access, control, and decision-making over land continue to be profoundly conditioned by historical power structures, patriarchal sociocultural norms, and property regimes that reproduce intersectional inequalities linked to gender, ethnicity, and rurality (Deere & León, 2001; FAO, 2018).

Various comparative studies have documented that, in South American countries such as Peru, Bolivia, Colombia, and Brazil, rural and indigenous women face systematic barriers to accessing land titles, even though they play a central role in agricultural production, community forest management, and local food security (Lastarria-Cornhiel et al., 2014; Razavi, 2009). These inequalities not only limit the full exercise of women's economic rights but also have direct implications for environmental sustainability, natural resource governance, and territorial resilience in the face of climate change (Agarwal, 2010; Larson et al., 2019).

In Mexico, this issue takes on particular characteristics derived from the social agrarian property regime, which governs ejidos and indigenous and peasant communities, and which concentrates a significant proportion of the national forest area. While the legal framework formally recognizes equal rights between women and men to become ejidatarias and comuneras, empirical evidence shows that female participation has been historically marginal, both in agrarian rights titles and in collective decision-making spaces (Deere et al., 2017; INEGI, 2022).

The national average of women with rights to agrarian property oscillates between 26% and 27%, noting that according to information from the National Agrarian Registry and the 2024 Census and Atlas of Social Property by the National Institute of Statistics and Geography (INEGI), the distribution and percentage of women's access to agrarian

property varies by region. In Tabasco, with 35% of the territory, women are subjects of rights to property access, while the lowest is Yucatán with only 13%, where more marked gender gaps in land tenure persist due to deeply rooted customs and practices that exclude women from land tenure.

This gap between legal equality and substantive inequality responds to deeply rooted structural factors. Among them are patrilineal inheritance patterns, the traditional assignment of productive and reproductive roles, as well as community practices that privilege men as legitimate subjects of property and agrarian representation (Lastarria-Cornhiel & Garcia-Frías, 2005). In this sense, the 1992 agrarian reform, while expanding certification and regularization mechanisms for social property, did not sufficiently incorporate a gender perspective, which in many cases reinforced female exclusion dynamics in rights formalization processes (Appendini & De Luca, 2006). Amid repeated exclusion in Mexico among women who have access to agrarian property (similar to men but in lesser proportion), not all have equal equity regarding the use, enjoyment, and benefit of property, as depending on their category, they will have rights to parcel rights certificates and thus participation in decision-making, in the best cases, but in the vast majority, they will only have access to housing in the agrarian nucleus without any additional rights or programs. (Table 1)

Table 1: Types of Women's Access to Property and Agrarian Status in Mexico.

Category	Percentage Women	Description
Ejidatarias	25%	Hold parcel rights certificates and voting rights in assemblies.
Comuneras	29%	Hold rights in communal lands (more common in the south).
Posesionarias	29%	Work the land but do not have full certificates or full voting rights.
Avecindadas	32%	Live in the agrarian nucleus without rights over croplands, only homesteads.

Source: Author's elaboration based on data from the National Agrarian Registry 2024.

The exclusion of women from land and forest tenure has consequences that transcend the patrimonial sphere. Various studies have shown that the lack of formal rights limits women's access to public programs, credits, technical assistance, and sustainable forest management schemes, reproducing cycles of economic dependence and social vulnerability (World Bank, 2020; FAO, 2021). Likewise, the scarce female presence in ejidal and communal authority bodies (Illustration 1) restricts the incorporation of differentiated

perspectives in decision-making on the use and conservation of natural resources (Reyes Cázarez and Cázarez, 2020).

Illustration 1: Organizational Structure of Ejidal and Communal Authorities.



From a human rights and sustainable development perspective, equality in land tenure is recognized as a key element for the empowerment of rural women and for achieving the Sustainable Development Goals, particularly those linked to gender equality, inequality reduction, and terrestrial ecosystem protection (UN Women, 2019). However, in collective property contexts like Mexico's, a tension persists between the formal recognition of rights and their materialization in inclusive community practices.

In this framework, this study proposes a critical analysis of gender inequality in land and forest tenure in Mexico, situating it in a comparative Latin American context and examining the legal, institutional, and sociocultural factors that explain the persistence of these gaps. Starting from the assumption that legal equality is a necessary but insufficient condition to guarantee substantive equality, the study seeks to contribute to the academic and public policy debate on the need for integral approaches that articulate normative reforms, affirmative actions, and cultural transformations in rural and forest territories.

In this line of analysis, a critical reading is essential to understand gender inequality in land tenure and forest resources from a structural and institutional perspective, arguing that the historical exclusion of women in ejidos and communities is not a residual or culturally isolated phenomenon, but the result of a legal and administrative architecture that, even under discourses of formal equality, reproduces power asymmetries in the allocation, certification, and exercise of agrarian rights, emphasizing that social property, far from being gender-neutral, operates as a space where customary norms, bureaucratic practices, and patriarchal relations converge to limit women's effective access to land and forest governance (Reyes Cázarez, 2022).

Likewise, from a public policy and environmental justice perspective, it can be identified that the lack of female titles over land and forests has direct implications for the effectiveness of conservation strategies, sustainable forest management, and territorial development, where the absence of women in community decision-making processes weakens environmental governance schemes and reduces territories' adaptive capacity to extractive pressures and climate change, without overlooking the illegal and unfair commercialization of ejidal and communal lands.

In this sense, the harmonization of what is proposed herein with international literature has a well-founded structure, noting that the substantive incorporation of women as full subjects of agrarian rights not only constitutes a legal and ethical obligation but a strategic condition for the socio-environmental sustainability of forest ejidos and communities (Reyes Cázares, 2022).

2. FEMINIST POLITICAL ECOLOGY AND LAND TENURE

The foundation of **feminist political ecology** sets a precedent in the analytical framework that examines power relations structuring access, control, and use of natural resources from a gender perspective. Feminist political ecology argues that environmental inequalities are not neutral but are deeply traversed by patriarchal, colonial, and capitalist systems that differentially assign rights, responsibilities, and benefits associated with nature (Rocheleau, Thomas-Slayer & Wangari, 1996).

In integrating a feminist ecology policy in Mexico, it is imperative to revisit the legacy of Wangari Maathai, who through the Green Belt Movement demonstrated that forest development is inseparable from women's autonomy. Her transcendent model not only reforested degraded lands but subverted power hierarchies by positioning peasant women as guardians of natural heritage and decision-makers.

From this perspective, land and forest tenure cannot be analyzed solely as a formal legal arrangement but as a field of political dispute where gender hierarchies are reproduced. Comparative studies in Asia, Africa, and Latin America show that women, even when actively participating in daily forest resource management, are often excluded from formal property rights and decision-making spaces, limiting their ability to influence sustainable management practices (Agarwal, 2010; Nightingale, 2011).

In the Latin American context, feminist political ecology has been particularly relevant for analyzing collective property regimes (such as ejidos, indigenous communities, and communal territories) where customary norms often reinforce patriarchal patterns, even in the presence of egalitarian legal frameworks (Deere & León, 2001). This tension

between positive law and social practices is central to understanding the persistence of gender inequality in land and forest tenure in Mexico.

3. INSTITUTIONAL ECONOMICS AND PROPERTY RIGHTS

The second theoretical axis of the study is institutional economics, particularly approaches to property rights and collective action. From this strand, tenure security is a key factor in incentivizing long-term investments, improving natural resource management, and strengthening local governance (North, 1990; Ostrom, 1990).

International literature shows that when women have clear and secure property rights over land, positive effects are generated at both micro and macro levels: increased agricultural productivity, greater investment in soil and forest conservation, improvements in food security, and rural poverty reduction (World Bank, 2020; FAO, 2021). In contrast, tenure insecurity limits access to credit, public programs, and forest management mechanisms, reproducing structural inequalities.

In collective property systems, institutional economics recognizes that rights are not limited to individual titles but include rights of use, exclusion, and decision. However, empirical evidence indicates that these rights are often distributed unequally within communities, with persistent gender biases placing women in subordinate positions (Agarwal, 2001). Institutional analysis is particularly pertinent to the Mexican case, where social agrarian property combines state norms, community arrangements, and informal practices that differentially affect women and men, as documented by recent national evidence.

4. THEORY OF LAND AND FOREST RESOURCE GOVERNANCE

The third theoretical pillar is **land governance theory**, which emphasizes the processes, actors, and institutions that determine how decisions are made about territorial access and use. From this perspective, effective land and forest governance requires inclusion, transparency, and equitable participation of different social groups (FAO, 2012).

International literature has shown that women's active participation in community governance bodies is associated with better environmental outcomes, including lower deforestation, greater compliance with community rules, and more sustainable forest management practices (Agarwal, 2009; Larson et al., 2019). However, in many rural contexts of the Global South, women remain underrepresented in decision-making spaces, especially in positions with real power over territory.

In Mexico, empirical evidence shows that, although women represent around a quarter of people with agrarian rights, their presence in ejidal and communal leadership positions is below 10%, limiting their influence on land and forest resource governance. This institutional imbalance reinforces the need to analyze land governance from a gender perspective, articulating theory and empirical evidence.

International instruments on the prevention and eradication of all forms of violence against women associate that women's rights and inequality in land tenure is not solely a problem of access to assets but a factor of discrimination leading to vulnerability as full rights subjects, holders of all human rights and fundamental freedoms on equal terms with men; failing to guarantee the right to agrarian and forest property is a practice that for decades has evidenced a pattern of poverty reproduction, food insecurity, and social exclusion. It is also important to associate this dynamic based on the hegemony of male possession and dominion over agrarian property where forest resources are located, being a perpetual form of inequality where women face legal, cultural, and institutional barriers restricting their right to possess, inherit, and control land, even though their contribution to agricultural production is central to rural subsistence. This evidence reinforces the argument that formal equality in legislation is insufficient without effective implementation mechanisms and institutional change.

Likewise, agricultural property in women's hands has multiplier effects on rural development. Empirical findings show that when women have secure land rights, investment in productive improvements increases, crops diversify, and household resilience to economic and environmental crises strengthens. These results are consistent with the study's central hypothesis, evidencing that secure tenure not only benefits women individually but improves the collective performance of agrarian and territorial systems.

The exclusion of women from agricultural property weakens land governance by concentrating decision-making power in reduced groups and reproducing unequal relations within rural communities. The lack of formal rights limits women's capacity to participate in land use planning, access public programs, and demand accountability, with direct implications for natural resource sustainability. This empirical evidence supports the hypothesis's centrality and reinforces the need to integrate gender equality as a structural component of land governance and rural development policies.

Based on the international theoretical framework, comparative literature, and documented empirical evidence, the study's hypothesis is presented below:

The substantive inclusion of women as full holders of property rights over land and forests significantly improves territorial governance, natural resource sustainability,

and rural development outcomes by strengthening collective decision-making, long-term management, and endogenous equity in a rural context free of gender gaps in agricultural property, with lesser socio-environmental vulnerability and egalitarian outcomes in well-being and abundance of natural resources, with forest heritage being of utmost importance.

5. METHODOLOGY

The methodological development is structured under a logic of scientific construction oriented toward understanding gender inequality in forest land tenure and its structural relationship with agrarian governance in Mexico, integrating an international comparative analysis and an explicit orientation toward public policy impact. The methodological architecture starts from the recognition that agrarian and territorial phenomena are configured within complex institutional systems, where formal norms, customary arrangements, economic structures, and historical power relations interact, so the investigative process is oriented toward building complex causal explanations and not exclusively descriptive ones (North, 1990; Ostrom, 1990; FAO, 2012).

From this perspective, forest land tenure is conceived as a socio-institutional system where formal legal frameworks, administrative practices, sociocultural dynamics, and informal power exercise mechanisms converge. Under this premise, the methodological process is oriented toward identifying gaps between the formal recognition of women's agrarian rights and their effective materialization in territories, understanding such gaps as structural phenomena reproduced through institutional, social, and cultural mechanisms across the three levels of government (Deere & León, 2001; Agarwal, 2010).

The adopted multilevel logic allows for simultaneous analysis of the macrostructural dynamics of the Mexican agrarian regime, meso-territorial institutional arrangements associated with ejidal and communal governance, and micro-social expressions linked to the daily exercise of property rights by women. This approach avoids legal or culturalist reductionisms, favoring structural interpretations that link institutional decision-making with the persistence of inequalities in access to agrarian and forest property (Larson et al., 2019; FAO, 2018).

In the realm of public policy, the methodology incorporates the analysis of systemic failures in the design-implementation-outcome chain, starting from the assumption that gender inequality in agrarian property does not respond solely to normative gaps but to differentiated implementation processes, institutional capture at different government levels, and reproduction of patriarchal practices within territorial governance systems

(World Bank, 2020; Razavi, 2009). In this framework, it is recognized that participation dynamics in ejidal and communal assemblies reproduce historical exclusion schemes that limit women's effective participation in decision-making, allowing the linkage of empirical analysis with the formulation of strategic recommendations for redesigning public policy instruments with a gender focus (FAO, 2021).

The construction of the empirical object is developed through the systematic integration of territorial, statistical, and institutional analysis, enabling the identification of structural exclusion patterns. This process allows establishing relationships between institutional variables – such as agrarian rights certification, representation in decision-making bodies, and access to public programs – and observable social outcomes in terms of female participation in territorial governance and control of forest resources (INEGI, 2022; Deere et al., 2017).

Complementarily, international comparative analysis is incorporated as an external validation mechanism, allowing the identification of similarities and divergences between the Mexican case and other collective property regimes in Latin America and the Global South. This approach does not seek mechanical model transfer but the identification of institutional trajectories, public policy instruments, and inclusion mechanisms that have proven effective in comparable sociopolitical contexts (Lastarria-Cornhiel et al., 2014; Agarwal, 2001).

The investigative process is also oriented toward analyzing institutional configurations that favor or limit the substantive inclusion of women as full agrarian rights subjects. To this end, the analysis of the current legal framework is considered, including agrarian legislation, its regulations, and other normative instruments, recognizing that social agrarian property constitutes a hybrid system where legal norms, community rules, and informal practices coexist (Appendini & De Luca, 2006; North, 1990).

This integration allows reducing biases derived from the institutional fragmentation of the agrarian and forest sector, as well as the country's territorial heterogeneities. The analysis of institutional performance enables identifying inconsistencies between the formal design of public policies and their territorial implementation, contributing to the generation of evidence-based recommendations (FAO, 2012; World Bank, 2020).

The temporal dimension is incorporated through a longitudinal perspective oriented toward analyzing the historical evolution of female participation in agrarian property, normative changes, and transformations in territorial governance schemes. This approach allows understanding gender inequality as a dynamic historical-institutional phenomenon, avoiding static or decontextualized interpretations (Deere & León, 2001; Razavi, 2009).

From the governance approach, the analysis considers the distribution of decisional power within agrarian nuclei, establishing relationships between rights titles, assembly participation, access to representation positions, and capacity to influence forest resource management. This framework allows understanding territorial governance as a political process, evidencing the relationship between property, power, and control of natural resources (Ostrom, 1990; Larson et al., 2019).

Likewise, the methodology incorporates an intersectional approach that articulates gender inequality with variables such as ethnic belonging, socioeconomic condition, geographic location, and social property regime, favoring territorially situated interpretations and avoiding simplified generalizations (FAO, 2018; Nightingale, 2011).

Epistemologically, the research is inscribed in a critical tradition oriented toward producing knowledge applied to institutional transformation. Under this logic, the investigative process seeks not only to describe inequalities but to identify the mechanisms that reproduce them, the system's critical points, and opportunities for public policy intervention (Agarwal, 2010; Rocheleau et al., 1996).

Finally, the methodological approach incorporates a prospective orientation that links the analysis of current inequalities with future institutional transformation scenarios. This component is fundamental for constructing public policy recommendations oriented toward strengthening substantive equality in agrarian property and community forest governance (UN Women, 2019; FAO, 2021).

In terms of scientific validity, the research is based on coherence between the theoretical framework, empirical analysis, and construction of policy-oriented conclusions. Analytical traceability is established as a guiding principle, ensuring that each interpretive assertion derives from systematically analyzed empirical evidence (World Bank, 2020; FAO, 2012).

In sum, recurrent practices of discrimination, inequity, and inequality must be oriented toward generating scientifically sound, socially relevant, and politically useful knowledge, positioning the results as technical input for formulating agrarian and forest public policies with a human rights and gender perspective, contributing to strengthening territorial governance, socio-environmental sustainability, and the construction of more equitable rural development models (FAO, 2021; Deere et al., 2017).

6. RESULTS

The statistics and models presented evidence that gender inequality in access to forest property in Mexico constitutes a persistent structural phenomenon, characterized

by a systematic gap between the formal recognition of agrarian rights and their effective exercise in territories. The systematization of statistical, institutional, and international comparative information allows identifying consistent patterns of female exclusion reproduced through the design-implementation-outcome chain of agrarian and forest public policy.

In aggregate terms, national statistical evidence shows that women represent between 26% and 27% of the total people with formally recognized agrarian rights, reflecting a structural underrepresentation relative to their demographic weight and real participation in rural productive activities. According to data from the National Institute of Statistics and Geography and the National Agrarian Registry, this proportion decreases significantly when specifically analyzing titles over productive or commercially exploitable forest areas, where female participation can drop to levels close to 18–20% in strategic forest regions of the south and southeast of the country (INEGI, 2022).

Regional analysis reveals profound territorial inequalities. While entities with more advanced agrarian regularization processes and inclusion policies present female proportions above the national average, in regions with strong predominance of traditional customary regimes, female participation in forest property is significantly reduced. For example, states with strong communal indigenous property presence show percentages below 20% in direct female titles over forest areas, confirming the coexistence of egalitarian legal frameworks with exclusionary community practices.

From the perspective of public policy outcomes, the analysis evidences that the gender gap in forest property generates cumulative effects in three critical dimensions: access to productive promotion instruments, participation in territorial governance, and community socio-environmental resilience. Comparative information shows that women with formal agrarian rights have up to 35% higher probabilities of accessing forest productive support programs, rural credits, and sustainable management schemes, compared to women without recognized titles (World Bank, 2020).

In terms of territorial governance, the evidence shows that female underrepresentation in property directly translates into exclusion from decision-making spaces. Although women represent approximately a quarter of people with agrarian rights, their participation in ejidal or communal representation positions with real decision-making capacity over forest resources remains below 10% nationally. This gap generates a masculine concentration of territorial power that reproduces exclusion patterns in land use definition, distribution of forest exploitation benefits, and allocation of institutional supports.

Comparative analysis with other Latin American countries confirms that the Mexican case presents similar structural patterns, though with particularities associated with collective social property. Regional studies document that in contexts where women access full forest property rights, reductions of up to 20% in community deforestation rates are observed, as well as significant improvements in sustainable management norm compliance (Larson et al., 2019). These results confirm that female exclusion is not solely an equity issue but a factor limiting territorial sustainability strategies' efficiency.

The evidence systematized by the Food and Agriculture Organization demonstrates that inequality in land and forest tenure has direct impacts on food security, rural poverty reduction, and environmental sustainability. In the Mexican case, limited female titles restrict women's access to payments for environmental services programs, forest certification, and sustainable community management, reproducing intergenerational cycles of economic and territorial exclusion (FAO, 2021).

From the institutional approach, the results evidence the existence of institutional capture processes that limit the effectiveness of equality public policies. Although normative frameworks formally recognize equal rights, operational mechanisms for agrarian certification, rights succession, and agrarian status recognition continue to operate under structural gender biases. These biases manifest particularly in agrarian inheritance processes, where patrilineal patterns continue to predominate in the transmission of rights over parcels and forest areas.

Longitudinal analysis allows identifying that, although there has been a gradual increase in female participation in agrarian property over recent decades, the growth rate is insufficient to close the structural gap in the short and medium term. Projections based on current trends suggest that, without structural public policy interventions, parity in agrarian property could take more than 40 years to achieve.

The results also evidence that female exclusion from forest property has direct implications for territories' socio-environmental vulnerability. Communities with lesser female participation in forest governance present higher environmental degradation levels, lesser productive diversification, and lesser adaptive capacity to extreme climate events. This correlation reinforces the hypothesis that gender equality constitutes a strategic factor for territorial sustainability.

The evidence generated by the World Bank confirms that women's tenure security over land increases investment in soil conservation and sustainable forest management, in addition to improving family well-being and community development indicators (World Bank, 2020). In contrast, women's exclusion from forest property limits communities' capacity to implement integral natural resource management strategies.

Finally, the results allow identifying that gender inequality in forest property in Mexico cannot be explained solely by normative gaps but by a combination of institutional, sociocultural, and economic factors operating systemically. The evidence demonstrates that this gap's persistence responds to the interaction between community patriarchal structures, agrarian certification bureaucratic processes, and limitations in effective implementation of public policies with a gender focus.

In synthesis, the results confirm that inequality in female access to forest property constitutes one of the main bottlenecks for consolidating sustainable, inclusive, and resilient territorial governance models in Mexico, positioning substantive equality in land tenure as a strategic component of contemporary agrarian and environmental public policy.

7. DISCUSSION

The obtained results allow situating gender inequality in access to forest property in Mexico within a broader historical-institutional framework, in which different agrarian reform cycles have differentially configured the structural conditions of territorial access, control, and governance. In this sense, the comparative analysis between the Cárdenas agrarian models, the structural liberalization period associated with Salinismo, and the current political cycle of the Mexican State allows understanding that contemporary inequality is not the product of a single historical stage but of the superposition of institutional arrangements that, although responding to different economic and political logics, have maintained constant gender biases in social land property.

From a historical perspective, the agrarian model promoted during Lázaro Cárdenas's government (1936-1940) laid the structural foundations of Mexico's social property regime, consolidating the ejido as a productive, territorial, and political unit. The Cárdenas reform represented a large-scale redistributive process that allowed broad peasant sectors access to land; however, its institutional design was structured under a "family head" logic that, in practice, operated as an indirect exclusion mechanism for rural women (Deere & León, 2001; Stephen, 1997).

While the Cárdenas discourse incorporated social justice and redistribution elements, the operational design of agrarian distribution articulated around patriarchal family structures that prioritized rights assignment to adult men as household representatives. This design generated an institutional trajectory effect that persists to the present, where formal agrarian rights titles continue to be associated with masculine household representation, particularly in forest territories where property implies strategic territorial control and access to high economic value resources (Agarwal, 2010; Deere et al., 2017).

The empirical results presented earlier, showing female participation between 18% and 21% in formal forest rights, can be interpreted as a historical extension of this initial institutional model. The Cárdenas reform democratized peasant access to land but did not transform gender relations within the social property regime. From institutional theory, this can be understood as a process of “inequality institutionalization,” where formal redistributive rules coexisted with patriarchal social norms that limited women’s substantive inclusion (North, 1990; Ostrom, 1990).

The second major inflection point in the Mexican agrarian regime’s trajectory occurs with the structural reforms promoted during Carlos Salinas de Gortari’s government (1988-1994), particularly the 1992 reform to Constitutional Article 27. This process transformed the social redistribution agrarian model toward a land market liberalization scheme, individual rights certification, and openness to private investment mechanisms (Appendini & De Luca, 2006).

From a gender perspective, Salinismo represented an ambivalent transition. On one hand, individual rights certification allowed, in theory, formal recognition of women as agrarian title holders. However, empirical results show that this process was implemented over historically unequal structures, reproducing exclusion patterns. The evidence shows that certification processes mainly favored those already exercising *de facto* control over land, i.e., predominantly men (Lastarria-Cornhiel & García-Frías, 2005).

The results presented in this research, particularly data on agrarian succession where over 65% of transfers continue to privilege male descent, can be interpreted as a direct consequence of the Salinista reform. Certification formalized existing rights but did not transform the power relations determining who accessed those rights. This phenomenon can be explained from institutional political economy as a case of “formalization of pre-existing inequalities” (Razavi, 2009).

In the forest realm, this effect was particularly profound. Land market openness and increasing economic valorization of forest resources generated incentives for territorial control concentration in actors with greater political and economic power within communities, reproducing structural exclusions toward women, youth, and indigenous groups with lesser decision-making incidence (Larson et al., 2019).

The third relevant historical moment corresponds to the contemporary political cycle, associated with the transformation project promoted during Andrés Manuel López Obrador’s government (2018-2024), and the current governmental movement’s political continuity. This period has been characterized by a political discourse centered on social justice, inclusion, and strengthening the social agrarian sector. However, this research’s

empirical results show that, although there has been significant symbolic advancement in visibilizing women's role in public life, structural changes in agrarian and forest property have been more limited.

The systematized data indicate that the annual growth of women holding forest rights remains below 0.7%, suggesting that current public policies have had limited impact on transforming female access to strategic territorial assets. This can be explained by the persistence of failures in the design-implementation-outcome chain, where social and productive programs operate over an institutional base that continues to reproduce historical inequalities.

From the territorial governance approach, the current political stage has strengthened the inclusion social narrative but has not structurally transformed rights assignment mechanisms within agrarian nuclei. The evidence that less than 12% of decisional forest positions are occupied by women confirms the persistence of informal institutional barriers limiting substantive female participation in territorial governance.

A particularly relevant element is that, unlike *Cárdenismo* – centered on territorial redistribution – and *Salinismo* – oriented toward land market liberalization – the current public policy model has prioritized direct economic resource transfers over structural transformation of the property regime. While these programs have reduced short-term economic vulnerabilities, the results show they have not substantially modified territorial power distribution.

From the feminist political ecology perspective, the results confirm that land and forest property constitutes a field of political dispute where gender relations, economic power, and territorial control converge (Rocheleau et al., 1996; Agarwal, 2010). The persistence of inequality in forest property limits not only female economic empowerment but also the efficacy of community environmental governance models.

International comparative evidence shows that territories with greater female participation in forest property tend to present better environmental sustainability indicators, reinforcing the study's central hypothesis: gender equality in territorial property is not solely a social justice goal but a structural condition for socio-environmental sustainability (FAO, 2021; World Bank, 2020).

In public policy terms, the discussion allows concluding that real transformation of gender inequality in forest property requires structural interventions beyond formal legal reforms or compensatory social programs. The evidence suggests the need for integral reforms including redesign of agrarian succession mechanisms, participation quotas in territorial governance, differentiated incentives in forest programs, and strengthening collective rights with a gender perspective.

Finally, the discussion confirms that gender inequality in forest property in Mexico constitutes a historically constructed structural phenomenon, where different agrarian reform cycles have generated partial advances without completely transforming underlying power relations. This gap's persistence represents one of the main challenges for contemporary agrarian policy, particularly in a context of climate crisis, pressure on forest resources, and the need to strengthen rural territories' socio-environmental resilience.

BIBLIOGRAPHY

Agarwal, B. (2001). Participatory exclusions, community forestry, and gender: An analysis for South Asia and a conceptual framework. *World Development*, 29(10), 1623–1648.

Agarwal, B. (2009). Gender and forest conservation: The impact of women's participation in community forest governance. *Ecological Economics*, 68(11), 2785–2799.

Agarwal, B. (2010). *Gender and green governance: The political economy of women's presence within and beyond community forestry*. Oxford University Press.

Agarwal, B. (2018). Gender equality, food security and the sustainable development goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 34, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.002>

Aguilar, L. F. (2010). *Política pública: Una visión general*. Siglo XXI Editores.

Aguilar, L. F. (2012). *Gobernanza y gestión pública*. Fondo de Cultura Económica.

Ali, D. A., Deininger, K., & Goldstein, M. (2014). Environmental and gender impacts of land tenure regularization in Africa. *World Development*, 61, 262–276. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.04.006>

Appendini, K., & De Luca, M. (2006). Women's land rights in Mexico: A policy perspective. *Land Use Policy*, 23(4), 365–375. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2005.02.002>

Appendini, K., & De Luca, M. (2006). Changes in social reproduction and rural livelihoods in Mexico. *Journal of Agrarian Change*, 6(3), 345–366.

Astelarra, J. (2005). *Políticas públicas de igualdad de género*. Naciones Unidas / CEPAL.

Astelarra, J. (2008). *Género y políticas públicas*. Universitat de Barcelona.

Banco Mundial. (2023). *Derechos de las mujeres a la tierra y desarrollo rural*. World Bank.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.

Deere, C. D., & León, M. (2001). *Empowering women: Land and property rights in Latin America*. University of Pittsburgh Press.

Deere, C. D., Alvarado, G. E., & Twyman, J. (2017). Gender inequality in asset ownership in Latin America: Female owners vs household heads. *Development and Change*, 48(2), 505–530. <https://doi.org/10.1111/dech.12314>

- FAO. (2012). *Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). *Gender and land rights database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). *The gender gap in land rights*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). *Base de datos sobre género y derechos a la tierra*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2021). *Gender and land statistics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). *Governing land for women and men: A technical guide to support the achievement of responsible gender-equitable governance of land tenure*. FAO.
- INEGI. (2022). *Censo Agropecuario 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2022). *Censo Agropecuario y Atlas de la Propiedad Social*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Larson, A. M., Monterroso, I., & Mwangi, E. (2019). Community forestry and the challenge of gender equity. *International Forestry Review*, 21(S1), 1–12. <https://doi.org/10.1505/146554819827906799>
- Larson, A. M., Monterroso, I., & Cronkleton, P. (2019). Community rights, enforcement and access to forest resources. *World Development*, 120, 41–53.
- Lastarria-Cornhiel, S., & García-Frías, Z. (2005). Gender and land tenure reform in Mexico. *Rural Sociology*, 70(4), 545–575. <https://doi.org/10.1526/003601105775012714>
- Lastarria-Cornhiel, S., & García-Frías, Z. (2005). Gender and land rights: Findings and lessons from country studies. *World Development*, 33(3), 409–429.
- Lastarria-Cornhiel, S., et al. (2014). *Women's land rights and tenure security in Latin America*. Landesa.
- Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A., Doss, C., & Theis, S. (2019). Women's land rights as a pathway to poverty reduction. *Global Food Security*, 21, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.01.002>
- Nightingale, A. J. (2011). Bounding difference: Intersectionality and the material production of gender, caste, class and environment in Nepal. *Geoforum*, 42(2), 153–162.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- ONU Mujeres. (2019). *El progreso de las mujeres en el mundo: Familias en un mundo cambiante*. Naciones Unidas.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Razavi, S. (2009). Engendering the political economy of agrarian change. *Journal of Peasant Studies*, 36(1), 197–226.

Reyes Cázares, M. (2022). *Propiedad agraria en México: Mujeres, derechos, historia, usos y costumbres* (1.ª ed.). Editorial La Colmena.

Reyes Cázares, M., & Reyes Cázares, D. (2019). The right of women to agricultural property in the context of customs and cultural practices in ejidos and communities in Mexico. *BEST: International Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences*, 7(12), 11–20.

Reyes Cázares, M., & Reyes Cázares, D. (2020). El derecho de las mujeres a la propiedad agraria: Un contexto de usos y costumbres en ejidos y comunidades en México. En *Novas Possibilidades rumo ao Futuro das Ciências Humanas e suas Tecnologias* (Vol. 1, pp. 88–99). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.7682002047>

Ribot, J. C., & Peluso, N. L. (2003). A theory of access. *Rural Sociology*, 68(2), 153–181. <https://doi.org/10.1111/j.1549-0831.2003.tb00133.x>

Rocheleau, D., Thomas-Slayter, B., & Wangari, E. (1996). *Feminist political ecology: Global issues and local experiences*. Routledge.

World Bank. (2020). *Gender dimensions of land tenure and forest governance*. World Bank Publications.

World Bank. (2020). *Women, business and the law 2020*. World Bank Publications.

CAPÍTULO 2

GEOGRAFICIDAD DEL TERRITORIO: LA COMPRENSIÓN DE LAS ZONAS ÁRIDAS DESDE LOS SABERES LOCALES PARA IDENTIFICAR IMPACTOS AMBIENTALES Y ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO. EL CASO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMÍ

Data de submissão: 17/02/2026

Data de aceite: 06/03/2026

Leslie Steffany Sánchez Escobar

Maestra en Estudios Regionales

Doctorante en Estudios del Desarrollo

Problemas y Perspectivas Latinoamericanas

Instituto de Investigaciones

Dr. José María Luis Mora

Plaza Gómez Farías, Gómez Farías

San Juan, Benito Juárez, 03730

Ciudad de México, CDMX

<https://orcid.org/0009-0008-0727-8618>

RESUMEN: El estudio de la Reserva de la Biosfera Mapimí es un acercamiento a una de las zonas de conservación más emblemáticas en América Latina, al ser la primera reserva constituida por el programa Man and Biosphere – UNESCO. Actualmente se aplican políticas ambientales a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas desde el Gobierno de México, que lleva más de cuatro décadas operando en el territorio. Con ello, han consolidado practicas ambientales que han transformado el quehacer comunitario, dirigiéndolo hacia a actividades económicas sustentables para mitigar los daños a la flora, fauna, y pastizales endémicos afectados por el pastoreo intensivo desde el siglo XVI.

A través de las Representaciones Sociales (RS) y la memoria desde de la historia oral, es posible analizar las relaciones que se tejen en las comunidades a través de las prácticas sociales, su relación con los procesos de identidad territorial y la forma en que las políticas ambientales aplicadas han logrado transformar las dinámicas productivas. Los hallazgos de la investigación se centran en la hibridación de los saberes locales con el conocimiento técnico – científico, mediante procesos de educación ambiental que han logrado instrumentar prácticas e identidades en las comunidades. Esta forma de cocimiento les permite relacionarse con la naturaleza desértica y con ello identificar problemas ambientales locales.

PALABRAS CLAVE: conocimiento local; representaciones sociales; memoria; territorio; desierto.

1. INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Mapimí¹ enfrenta problemáticas ambientales diversas, entre ellas se encuentran la degradación de los suelos, como resultado de otros periodos en la historia - como la colonización - que acarreo un desgaste derivado del pastoreo intensivo y no regulado, o las exploraciones de metales

¹ Se utilizarán los acrónimos RBM para referirse a la Reserva de la Biosfera Mapimí.

preciosos en otras regiones del Bolsón de Mapimí (Carrillo Valdés & Cramausse, 2016). Uno de los riesgos actuales es el cambio climático, que ha permitido la diversificación productiva del lugar, orientando una parte de las actividades económicas a las acciones de conservación, ligadas con la recuperación de suelo y protección de animales endémicos, como la tortuga de bolsón (*Gopherus flavomarginatus*).

Esta reserva que forma parte del Desierto Chihuahuense es uno de los lugares más importantes de México por su riqueza biótica y sus paisajes. Lo anterior está estrechamente relacionado con el pasado geológico del lugar, que ha permitido que el territorio cuente con una diversidad de suelos, por lo que cuenta con una gran variedad de matorrales y pastizales endémicos (Grünberger, 2004). Actualmente, la reserva cuenta con 11 ejidos y 4 pequeñas propiedades (López – Pardo 2019), con una superficie total de 342,387.98 hectáreas de acuerdo con el Plan de Manejo y Conservación. Se tiene el conocimiento de al menos 403 tipos de plantas, de las cuales 31 son endémicas. Por ello, la CONANP (2006), mantiene un programa constante de monitoreo de fauna, debido a que mucha de la biodiversidad se encuentra en la lista de protección ambiental de especies nativas de México de acuerdo con la NOM – 059 – SEMARNAT.

La configuración de la Reserva de la Biosfera Mapimí es un entramado complejo de relaciones entre territorios, es decir, sus características espaciales le permiten configurar relaciones en diferentes escalas (Hasbaert, 2013) debido a su interacción con diferentes tipos de territorialidades (Mançano Fernandes, 2008). Lo cual vuelve complejo la administración del espacio, tanto de forma comunitaria o mediante la organización política que se desprende del uso de la naturaleza, y también, desde la aplicación de políticas ambientales que tomen en cuenta los saberes locales como un eje transversal. El cambio climático obliga a los organismos públicos y privados a dar soluciones frente a un problema que no parece retroceder. Entonces, si pensamos en problemas globales, la comprensión de las problemáticas locales pueden tener otras interpretaciones sobre el territorio - desde quienes habitan en él – para que estos puedan ser un espacio en donde otro tipo de relaciones sean posibles, desde la detección de frentes climáticos, en la generación de propuestas de conservación y de dinámicas de vida que les permitan continuar habitando su territorio y no supeditadas a relaciones de verticalidad desde las instituciones, donde las estrategias de desarrollo de las zonas áridas son pensadas desde las agendas globales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

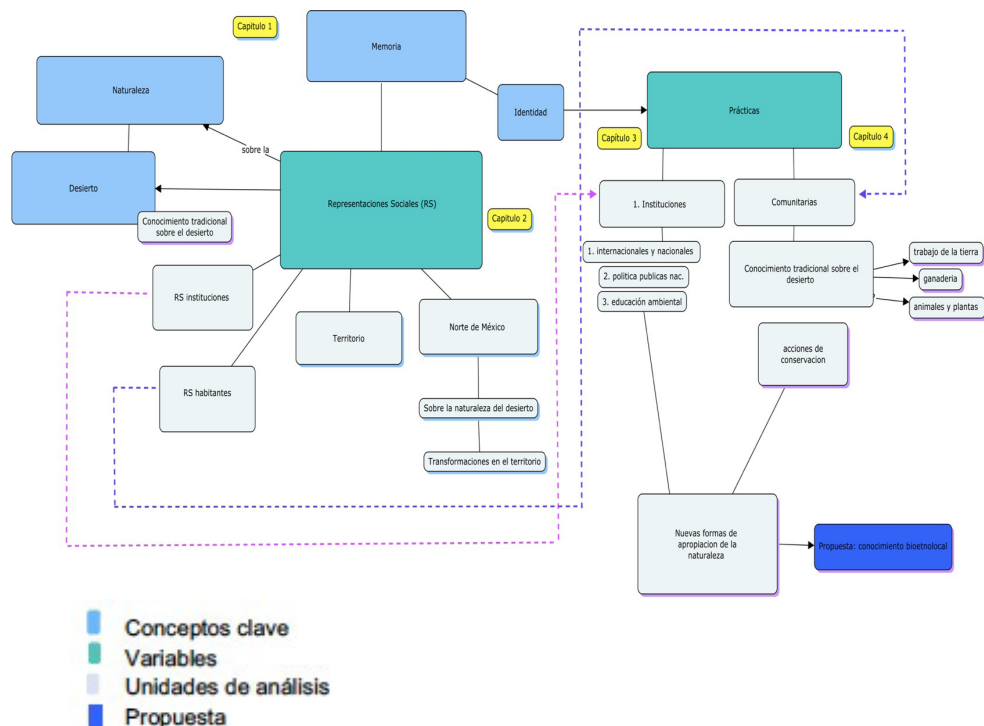
Esta investigación tiene en cuenta que desde la *geograficidad*² (Santos,1991) se pueden establecer periodos o momentos que representaron cambios en el espacio que nos hablen del territorio. Estos periodos se expresan en lo tangible: como las delimitaciones geográficas, como en lo intangible: hablando de las interpretaciones locales de la naturaleza y el desierto. Y es bajo esta óptica, que se puede llevar un curso sobre los momentos que han favorecido la construcción de conocimiento sobre el espacio o la simple relación entre las sociedades y su entorno. De acuerdo con Leff (2004), el carácter simbólico que se le atribuye en la actualidad a la comprensión de la naturaleza va más allá de la epistemología ambiental que permea en las sociedades; en la que estamos inmersos mediante la educación y a su vez, corresponde a patrones sociales, económicos, dentro de un espacio-tiempo que es determinado por las dinámicas globales. La comprensión de la naturaleza también está estrechamente relacionada con lo mediático, lo simbólico, usos y costumbres, el lenguaje, los significados que le son atribuidos y que son derivados de una lógica de consumo y no de preservación – conservación.

Tomando en cuenta lo anterior, uno de los objetivos de la investigación fue analizar el carácter simbólico de la relación con la naturaleza que tienen las y los ejidatarios que viven dentro de la RBM y conocer como se instrumenta en su vida cotidiana. El estudio se realizó en un periodo de dos años, con el título *“Representaciones sociales de la naturaleza y el desierto, una aproximación a la Reserva de la Biosfera Mapimí. El caso de los ejidos La Flor y Laguna de Palomas (Estación Carrillo), 1979 – 2023”*³. El enfoque metodológico de la investigación es de corte cualitativo, incluye 6 unidades de análisis: fuentes hemerográficas, bibliográficas, datos oficiales como IPICYT, CONANP, CONAZA, RISZA e INECOL, entrevistas mediante la metodología de historia oral, análisis del espacio mediante paisajes sonoros (Schafer, 1993, pág. 31) para la comprensión del territorio, entrevistas a funcionarios de instituciones de conservación ambiental, cartografías participativas y su procesamiento en software de análisis cartográfico mediante QGIS (versión 3.16). El proceso analítico de toda la investigación se muestra en el siguiente diagrama:

² Comprensión del espacio geográfico como un producto social e histórico, influenciado por las relaciones entre objetos y acciones humanas, y marcado por las dinámicas de la globalización. Interpretado a partir de Santos, Milton en *La naturaleza del espacio*. 1991. P.37

³ Investigación disponible en repositorio del Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora: <https://mora.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1018/752>

Diagrama 1. Proceso analítico de la investigación.



El proceso analítico de la investigación fue elaborado de acuerdo a los conceptos teóricos que se trabajaron durante el proceso de investigación, tomando en cuenta la relación con factores internos y externos dentro del territorio, su interrelación y la propuesta conceptual que se propone para próximos análisis.

El análisis territorial fue in situ, en cuatro etapas que comprenden los meses de abril, julio, octubre y diciembre del 2023, una parte fundamental fue el acercamiento con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y con autoridades ejidales, cada una en lo particular brindó una perspectiva y forma de ver el problema. Se realizaron 3 cartografías participativas: 2 por ambas comunidades de estudio y 1 a funcionarios de instituciones ambientales. Por último, se realizaron 3 recorridos sonoros con enfoque en ecología acústica durante las fechas correspondientes a las cartografías participativas en ambos ejidos, estas se centraron en el reconocimiento de fauna local, espacios de identidad, así como la identificación de transformaciones territoriales a partir de los sonidos, que permitieron agregar a la construcción de los mapas colectivos y construir en cada uno de los ejidos, un mapa donde se visibiliza la historia particular de cada localidad, así como momentos en su acontecer que remiten a la influencia de cambios estructurales a nivel global. En el tratamiento de la información recopilada, se prestó especial atención a la interacción entre los saberes locales y las políticas de conservación promovidas por las instituciones.

A su vez, se realizó acompañamiento en 4 talleres promovidos por las instituciones, dirigidos a las comunidades: En el mes de abril del 2023, se llevó a cabo “Taller de educación ambiental en acciones de conservación “MAB – UNESCO” (CONANP), en el mes de julio la “Capacitación de Legislación en Materia de Vida Silvestre y Áreas Naturales Protegidas” impartido por PROFEPA a los habitantes de Granja Morelos (Zona de influencia) y el “Taller de Identificación de Aves Migratorias” (CONANP) por otra parte, en el mes de octubre se acompañó el “Taller de educación ambiental y separación de residuos” en el marco de la “Feria del Desierto Chihuahuense” en Gómez Palacio, Durango. En estas actividades realizadas por las instituciones que gestionan la RBM, se pudo obtener información respecto al tipo de capacitaciones que reciben las comunidades y la forma en como les integran mediante educación ambiental a los planes de conservación, restauración y manejo del territorio.

La cultura ejidal se entreteje con distintos elementos: la diversificación productiva del campo, pasando de una economía agrícola a innovar en formas de servicios ecoturísticos; a su vez, las acciones de conservación, la ganadería sustentable y la historia de la comunidad, (que ha perdurado en la memoria colectiva), permite mantener formas organizativas que son herencia del reparto agrario. En ese sentido, la realidad social ha permitido moldear diferentes territorialidades, una cultura propia donde muchas formas de relacionamiento son posibles, desde las interacciones institucionales en el marco de políticas globales de conservación local, hasta la toma de decisiones por medio de asambleas de ejidatarios. El territorio como categoría de análisis, tiene memoria y es en ese pasado histórico y ambiental en donde las representaciones sociales se hacen presentes entre quienes habitan este desierto. De manera consciente o no, forman parte de una cultura nortea expresada a través de saberes, tradiciones, festividades, costumbres, usos tradicionales de la naturaleza y nuevas formas de apropiación de esta.

El saber local es una categoría esencial para comprender la realidad rural, se usó el modelo de las *representaciones sociales* de Claude Abrie (2001) para la comprensión de la realidad objetiva, en la medida en que los grupos rurales se representan a sí mismos a través de la colectividad y de sus integrantes. Ello se expresa mediante roles, normas de comportamiento y formas organizativas orientadas desde las instituciones dentro del territorio y que se encuentran en constante retroalimentación entre sus integrantes. Lo anterior permite el siguiente planteamiento: la conservación del patrimonio natural en este caso la RBM, tiene que ser un proceso de socialización, tomando como base el conocimiento local o *ecological understanding* (Berkes & Turner, 1999) ya existente

como un mecanismo que subsane, agregue a la aplicación de políticas ambientales transversales y tome en cuenta las visiones comunitarias, autodeterminación, toma de decisiones y planes para su propio futuro como colectividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño de los instrumentos de recopilación de información y las cartografías participativas tuvieron énfasis en la historia oral; de esta forma, la memoria fue un eje conductor para representar al territorio a través del paso del tiempo, y fundamental para que los habitantes de la Reserva de la Biosfera Mapimí evocarán momentos importantes, fechas, cambios en el territorio, eventos destacados desde la experiencia individual y también desde la colectiva. En cuanto las representaciones sociales (RS) sobre el desierto, se entretajan a través de la vida cotidiana y se resaltan identidades locales, siendo las relaciones institucionales y aquellas que han sido heredadas por medio de la aculturación⁴, una base para la yuxtaposición de pautas culturales que les dotan de identidad colectiva a través de la conservación de su territorio. En su aplicación práctica, la metodología de análisis cartográfico consistió en la intervención de cartas geográficas del territorio, obtenidas del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, cuyas informaciones reflejan la división política de los estados del norte de México, y muestran los principales caminos, cadenas montañosas y cuerpos de agua. Posteriormente, estos mapas fueron intervenidos desde el saber individual y colectivo, recurriendo a la memoria y a preguntas clave para identificar espacios de interés, áreas de conservación y problemáticas dentro del territorio.

Las representaciones sociales juegan un papel importante en la formación de las identidades de quienes habitan la RBM, pues en ellas se manifiestan percepciones acerca del entorno, su cultura, la naturaleza desértica que les rodea y los usos, costumbres que continúan socializándose como un proceso guiado por la identidad y la memoria (Halbwachs, 2004). La presencia de las instituciones ambientales como catalizadoras de nuevas identidades, a su vez, generan nuevas prácticas sociales y ambientales que se materializan culturalmente dentro del territorio.

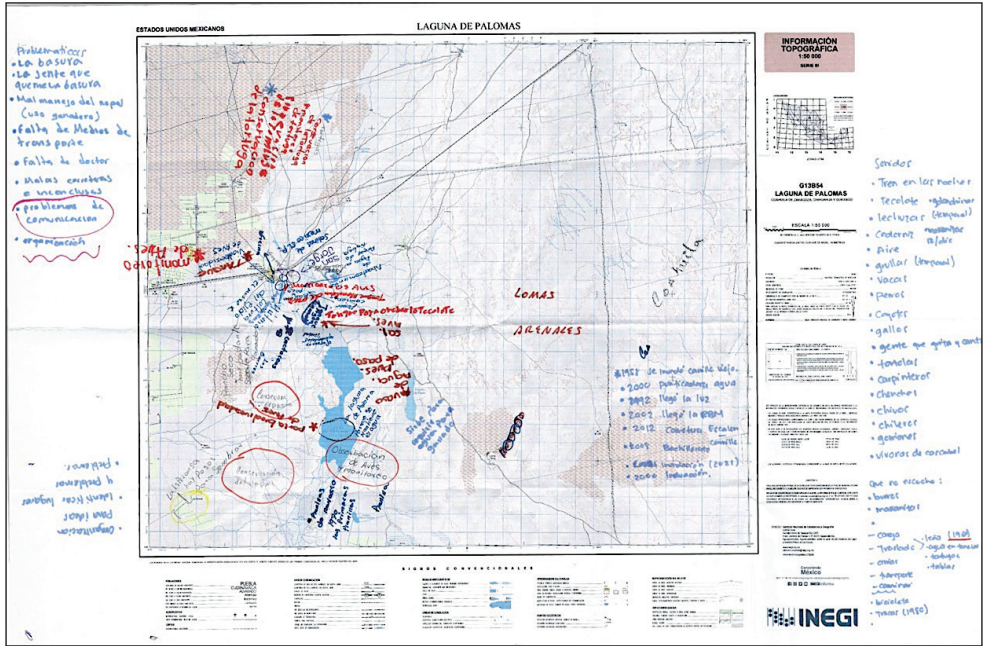
En los resultados de las entrevistas y en las cartografías participativas, fue posible identificar dos elementos a partir de las representaciones sociales, el primero una identidad institucional mediante el discurso de la conservación del entorno, que ha sido socializado a las comunidades a través de la educación ambiental; el segundo, una

⁴ Aculturación: Es un proceso por el cual una persona o un grupo de personas (comunidades enteras) adquieren de manera involuntaria una nueva cultura o algunos aspectos de aquélla; incorporándola a la cultura propia. Consultado en <http://uapas1.bunam.unam.mx/sociales/aculturacion/>

relación con el territorio a partir de la memoria individual y colectiva, lo cual les permite crear nuevas pautas de relacionamiento en donde ambos elementos convergen para la creación de conocimiento.

Esto me permite proponer el término *conocimiento bioetnolocal*, que es el resultado de ambos procesos de socialización en donde existe un tercer elemento, un proceso de simbiosis entre el conocimiento técnico - científico brindado por las instituciones ambientales y el conocimiento local de las comunidades, lo cual les permite entablar nuevas formas de relacionamiento de acuerdo con su contexto biocultural, donde se conjuntan tanto formas de conocimiento de la naturaleza, prácticas políticas y tradicionales como nuevas capacidades de carácter ambiental a partir de la educación.

Mapa 1. Cartografía participativa ejido Laguna de Palomas (Estación Carillo).



Fuente: Carta de Laguna de Palomas, versión 2023, obtenida de INEGI en la versión 2023. Intervenida con participantes de Programas de Conservación de la Reserva de la Biosfera Mapimí en Laguna de Palomas. Diciembre 2023.

Este conocimiento, instrumentalizado mediante acciones de conservación, les permite sentirse identificados como una región y territorio común; en donde la importancia biótica del ecosistema es asumida como un elemento de identidad y por ello, pueden tomar acción directa en la consevación del territorio. Esta relación de construcción de identidades se retroalimenta con su pasado histórico, donde aún

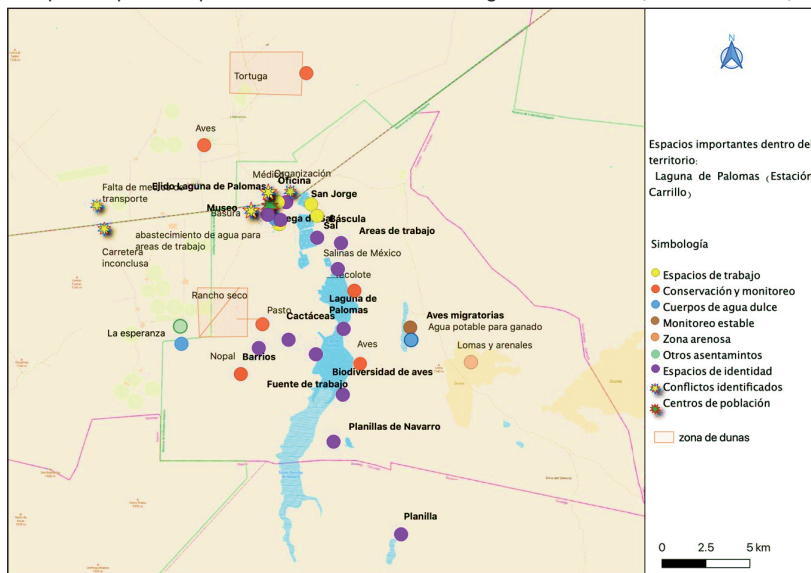
conservan la añoranza de sus tradiciones y continúan transmitiendo los conocimientos locales acerca del uso de la naturaleza, festividades y fechas importantes a los miembros más jóvenes de la comunidad.

En cuanto a los sitios que hablan de la identidad de la comunidad, se pudo identificar los espacios en donde realizan las acciones de conservación en conjunto con la CONANP y otras instituciones. Entre ellas destacan sitios de monitoreo de tecolote, tortuga de bolsón (*Gopherus flavomarginatus*) y observación de aves en lugares específicos, como la Laguna de Palomas, espacio donde también se cosecha salmuera; otro elemento destacado fue la conservación de pastizales y arenales de “Las Lomas”. En cuanto a los elementos de sonido, la comunidad identificó veinte sonidos diferentes, relacionados con la vida cotidiana del ejido y otros relacionados con los animales nativos de la RBM. Entre los sonidos mencionados destaca el tren, que solía recoger la sal de la empresa “Salinas de México”, ruidos de las personas a cualquier hora del día, y otros relacionados con el tráfico, propio de las actividades económicas como los autos cargueros de sal. Entre la fauna destacada se encuentra el tecolote, lechuzas, codornices, grullas, vacas, perros, coyotes, gallos, tórtolas, carpinteros, chanchos, chivos, chileros y serpientes de cascabel⁵.

De acuerdo con la cartografía que se realizó con los participantes de los programas de conservación, se pudieron determinar sitios de múltiple interés, por ejemplo, en el ejido Laguna de Palomas (Estación Carrillo) destacan 13 lugares ligados a la identidad del ejido, siendo las “Planillas de Navarro”, un espacio importante, relacionado con los bienes comunes locales, lo cual nos habla que su identidad está ligada a las actividades productivas relacionadas con la cosecha de salmuera. También se identificaron 7 lugares de monitoreo o espacios donde se realizan labores de conservación de flora, fauna y espacios en conflicto dada su naturaleza social como ambiental.

⁵ Véase también, tecolote llanero (*Athene cunicularia*), lechuza (*Tyto alba*), codorniz azul (*Cellipepa squamata*), grulla (*Antigone canadensis*), coyote (*Canis ltrons*), tórtola o paloma huilota (*Zenaida macroura*), carpintero del desierto (*Melanerpes uropygialis*), chanco del monte o pecari (*Tayassu tajacu*), chilero o chirulo, gorrión doméstico (*Passer domesticus*), Cascabel diamantada (*Crotalus atrox*), (*C. viridis*) y (*C. scutulatus*).

Mapa 2. Espacios importantes dentro del territorio. Laguna de Palomas (Estación Carrillo).



Fuente: Elaboración propia con información recopilada en la base de datos de INEGI y Open Street Map 2023. Reforzada con los resultados de las cartografías participativas, entrevistas a profundidad y recorridos con enfoque etnográfico con la participación de los ejidatarios de Laguna de Palomas (Estación Carrillo). Procesados mediante QGIS versión 3.16, 7 de abril, 2024.

La cartografía social participativa, como herramienta, brinda una oportunidad didáctica para crear nuevos relatos a partir de la memoria y de la creatividad de sus participantes, vislumbrando a un mapa fuera de cualquier representación ideológica y territorial que tenga la función de cuantificar al territorio (Iconoclastas, 2013). El ejercicio cartográfico a partir de la intervención de mapas oficiales, permite romper con la idea de territorio estático, rígido, delimitado geográficamente, y permite vislumbrar otros planos intangibles que son significativos para los habitantes de la Reserva de la Biosfera Mapimí.

Las prácticas de gestión de la naturaleza tanto de instituciones como de sus habitantes muestran la creación de *nuevas formas de conocimiento sobre la naturaleza*, donde las instituciones dedicadas a la investigación y conservación han jugado un papel importante en la construcción del mismo, contribuyendo a conformar estructuras organizativas que han reforzado a las ya existentes y a su vez, creando un tipo de conocimiento híbrido, resultado del diálogo del conocimiento local, con el conocimiento experto (científico) brindado por los investigadores que realizan estudios en la reserva o por los aplicadores de políticas ambientales, que se apoyan en las comunidades al momento de realizar las labores de conservación o monitoreo. Esto permite comprender como se han creado una serie de conocimientos nuevos, haciendo posible un tipo de conocimiento que dialoga con los saberes tradicionales del lugar, permitiendo a sus

habitantes ejecutarlo a través de acciones de conservación y restauración de áreas dañadas dentro de la biosfera y a su vez, cambiar el paradigma de las comunidades a una cultura de conservación de la naturaleza.

4. CONCLUSIONES

La investigación subraya la compleja interrelación entre factores históricos, sociales y ambientales que han moldeado este significativo espacio natural del Desierto Chihuahuense. Desde la colonización española hasta las políticas neoliberales, la reserva ha experimentado cambios profundos en su organización comunitaria, el uso del suelo y la conservación de su biodiversidad. Estos procesos de apropiación del espacio y la valoración de los bienes comunes han sido influenciados tanto por dinámicas locales como por directrices institucionales y globales. La integración de conocimientos locales y científicos se destaca como un elemento crucial para desarrollar prácticas de gestión sostenible en las comunidades, que, derivado del conocimiento con el que cuentan actualmente, son capaces de enfrentar retos ante el cambio climático, más no así en términos de desarrollo rural, que les brinde mejores condiciones de adaptación. Es necesario un proceso de apropiación del conocimiento híbrido que ha sido socializado en las últimas décadas; aunque es un territorio donde su población maneja conocimiento especializado y han contribuido significativamente a la conservación de un área prioritaria para la biodiversidad mexicana, aún se debate la permanencia y adaptabilidad de las comunidades en este espacio con condiciones climáticas extremas, en donde persiste la vulnerabilidad hídrica, económica y social como principal desencadenante de la migración climática.

Lo anterior deja abiertas muchas preguntas acerca de la capacidad de las poblaciones rurales del norte de México de subsistir ante los retos que implican los cambios en el metabolismo natural, resultado de un sistema de producción capitalista que no cede. Si bien estas poblaciones han logrado incorporarse a un modelo que les permite contribuir con servicios ecosistémicos logrando importantes avances en la restauración de pastizales y captura de carbono, las nuevas formas de ruralidad exigen la adaptación de sus poblaciones en diversos aspectos, no sólo el ecosistémico. Aquí se propone el concepto de *conocimiento bioetnolocal*, como una consideración final y aporte en esta investigación. Con ello me refiero a un tipo de conocimiento que está arraigado en un lugar específico y que se relaciona estrechamente con la biología, historia, la oralidad, la memoria geográfica de un territorio y sus manifestaciones culturales alrededor de la naturaleza. En el caso de los habitantes de este desierto, un tipo de conocimiento que ha

sido transmitido a partir de la endoculturación de los miembros de la comunidad y que a su vez, el conocimiento científico se suma y potencia esa forma de saber local, mediante un proceso alterno de aculturación.

Se considera que la transnacionalización de los procesos productivos no solo atañe a las actividades ganaderas, sino también a aquellas de carácter intangible que se desarrollan dentro de un contexto rural y que son complejas por la manera en la que se han integrado a lógicas que responden a los cambios derivados del cambio climático. En el caso de la Reserva de la Biosfera Mapimí desde finales de la década de los años setenta, se han incorporado nuevas formas de comprender el territorio a través de la ciencia, descuidando su capacidad de intervención en estas comunidades, orillando a la pérdida de conocimientos tradicionales, sin un proceso que los estimule su preservación a la par de la creación del conocimiento técnico. La creación de una tercera forma de conocimiento resultado de una hibridación, es una cuestión valiosa en sí misma, pues en la medida que se conoce el entorno se posibilita su entendimiento y cuidado. Sin embargo, estos procesos continúan apegándose a lógicas desarrollistas que atienden a la conservación de los territorios como reservas para el futuro, dejando de lado una de las partes más importantes: Un proceso ético de adaptación de las personas, su continuidad dentro de los territorios, la preservación de sus saberes heredados por generaciones sobre formas de relacionarse con la naturaleza y este excedente de carácter intangible, el conocimiento.

REFERENCIAS

Abric, J. C. (2001). Prácticas sociales y representaciones. En las representaciones sociales: Aspectos teóricos. (Ed.) Ediciones Coyoacán. (pp. 18 - 213).

Aceves, J. (2013). La Historia Oral, plataforma para una práctica interdisciplinar: Una conversación frente al espejo. En K. Covarrubias, & M. Camarena, *La Historia Oral y la Interdisciplinariedad. Retos y Perspectivas*. (Ed.), Universidad de Colima (pp. 109).

Schafer, M. (1993). The tuning of the world. A pioneering exploration into the history and present state of the most neglected aspect of our environment: the soundscape. Spain, Barcelona: Intermedio.

Batista da Costa, E., & Sodr  Maluly, V. (2021). Geografía histórica y tiempo geográfico, concepto y superaci n de dicotom as. *Revista de Geografía Norte Grande*, No. 79, (pp. 253-277) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8227287>

Berkes, F. (1999). Traditional Ecological Knowledge and Resource Management. *Organization & Environment* 14, (pp. 377-380). <https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/37990/> <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907701.pdf>

Carrillo Valdés, C., & Cramaussel, C. (enero de 2016). El difícil poblamiento de Mapimí y la fundación del presidio en 1711. *Revista de Historia UJED* (8), 65 - 95.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad (CONABIO) (28 de noviembre de 2023). *¿Qué es una ecorregión?* Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/quees>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). (2013). *Informe Técnico Final: Monitoreo de la tortuga de bolsón en la reserva de la biósfera de Mapimí*. [Archivo PDF] https://www.conanp.gob.mx/programas/pdf/mon_14.pdf

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), (2006). *Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Mapimí*. Editorial SEMARNAT - CONANP, https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DGCD/76.pdf

Grünberger, O., & Liot, C. (2004). Las salinas de Carrillo: un ejido de producción de sal continental en el desierto chihuahuense. En O. Grünberger, V. Reyes - Gómez, & J. -L. Janeau, *Las playas del desierto chihuahuense (parte mexicana)* (Ed.), INECOL (pp. 362).

Halbwachs, M. (2004). La memoria colectiva. *Memoria colectiva y memoria histórica*, (Ed.), Prensas Universitarias de Zaragoza, (pp. 53 – 84).

Iconoclasistas. (2013). Manual de mapeo colectivo. Recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa. (Ed.) Tinta y limón. <https://iconoclasistas.net/4322-2/>

Leff, E. (2014). La apuesta por la vida. *Imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territorios ambientales del sur* (Ed.), Vozes editora. <http://dx.doi.org/10.18601/16578651.n19.11>

López J. (2019). *Análisis participativo de las obras de restauración: caso de estudio ejido La Soledad*. IPICYT.

Mançano Fernández, B. (2008). Sobre la tipología de los territorios. Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), (pp. 1 - 20) <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/bernardo-tipologia-de-territorios-espanol.pdf>

Santos, Milton (1991) *La naturaleza del espacio*. Editorial Ariel S. A. Barcelona, España. (P.37)

Quantum GIS (7 de abril de 2024). Open street map. https://download.qgis.org/qgisdata/QGIS-Documentation2.0/live/html/en/docs/user_manual/osm/openstreetmap.html

CAPÍTULO 3

LA GESTIÓN SOCIAL PARTICIPATIVA COMO HERRAMIENTA EFECTIVA EN LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Data de submissão: 17/02/2026

Data de aceite: 05/03/2026

Fredy Aranda Tamayo

Ingeniero Forestal

Universidad Nacional Agraria

La Molina Perú

Magister Scientiae en Solución de

Conflictos Sociales

Universidad San Martín de Porres Perú

<https://orcid.org/0009-0001-5364-9351>

RESUMEN: La Gestión Social en el Perú es una herramienta importante de solución de conflictos desde hace más de 2 décadas. El 98% de incendios forestales en el Perú son causados por quemas con fines agrícolas. La mayoría de las quemas agrícolas ocurren en territorios de comunidades campesinas o nativas. Estas comunidades en Perú tienen una cultura de cooperación y trabajo a nivel comunitario denominadas AYNÍ que proviene desde la época preincaica y ayudó a realizar proyectos monumentales como sistemas de manejo del agua y una agricultura diversificada para alimentar a su imperio. En base a este antecedente cultural, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre de Perú, elaboró en el 2019 el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales – PPRRIF.

Una de las estrategias planteadas es la Capacitación Comunitaria, la cual propone que se sensibilice y capacite principalmente al 100% de las autoridades (jefes, presidentes comunales, “Apus”, etc.) nativas, indígenas o campesinas y que luego en un efecto cascada ellos puedan dar el “mandato” y a la vez la capacitación a los miembros de la comunidad la manera de realizar quemas controladas de sus pastizales o desechos agrícolas. Estos “mandatos” dados por estas autoridades locales son de cumplimiento estricto dentro de la comunidad. Durante el año 2019 se realizaron ensayos pilotos en comunidades campesinas en Cajamarca, Arequipa sensibilizando autoridades y miembros de la comunidad (utilizando esta estrategia) en la disposición adecuada de los rastrojos agrícolas, quemas controladas, habilitación de franjas cortafuegos, etc. obteniendo una reducción de la frecuencia de incendios forestales en este periodo.

PALABRAS CLAVE: prevención; gestión social; comunidades; quemas.

PARTICIPATORY SOCIAL MANAGEMENT AS AN EFFECTIVE TOOL IN FOREST FIRE PREVENTION

ABSTRACT: Social management in Peru has been an important tool for conflict resolution for more than two decades. Ninety-eight percent of forest fires in Peru are caused by burning for agricultural purposes. Most

agricultural burning occurs in rural or indigenous communities. These communities in Peru have a culture of cooperation and community work called AYNI, which dates back to pre-Inca times and helped them carry out monumental projects such as water management systems and diversified agriculture to feed their empire. Based on this cultural background, Peru's National Forest and Wildlife Service developed the Forest Fire Risk Prevention and Reduction Plan (PPRRIF) in 2019. One of the strategies proposed is Community Training, which aims to raise awareness and train 100% of the authorities (chiefs, community presidents, "Apus," etc.) native, indigenous, or peasant authorities, so that they can then cascade the "mandate" and training to community members on how to carry out controlled burning of their grasslands or agricultural waste. These "mandates" issued by local authorities are strictly enforced within the community. During 2019, pilot trials were carried out in rural communities in Cajamarca and Arequipa, raising awareness among authorities and community members (using this strategy) about the proper disposal of agricultural stubble, controlled burning, the creation of firebreaks, etc., resulting in a reduction in the frequency of forest fires during this period.

KEYWORDS: prevention; social management; communities; burning.

1. MARCO CONCEPTUAL DE LA GESTIÓN SOCIAL EN EL PERÚ

La gestión social en Perú se define como el proceso de planificación, organización, ejecución y evaluación de proyectos o iniciativas humanitarias destinadas a la mejora de la vida de las personas en cada dimensión y a nivel comunitario, así como la prevención o resolución de conflictos sociales. Su implementación implica el compromiso colaborativo de entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, el sector privado y el público en general para resolver desafíos comunes y fomentar el desarrollo sostenible (Bobadilla, 2004).

Nuestro país se encuentra entre los primeros en aplicar sistemáticamente este concepto. Luego de varios años de inestabilidad social, a partir de 1990 hubo un punto de inflexión que inició una transformación en el manejo de los asuntos públicos y comunitarios (Espino, 2024).

En el marco de este proceso, el sistema evolucionó de uno donde el Estado era el único responsable de la gestión de las políticas sociales, hacia un modelo más inclusivo que articula la participación activa de la sociedad civil en la formulación y ejecución de dichas políticas (Espino, 2024).

La gestión social se establece como un campo disciplinario legitimado que centra su atención en el involucramiento activo de las comunidades locales, en el diálogo interpersonal continuo, en el análisis sistemático de las repercusiones sociales, en la defensa de la equidad social y en la concepción y ejecución de iniciativas que busquen el desarrollo sostenible (Bobadilla, 2004).

Los grupos no gubernamentales, así como otros componentes de la sociedad civil, han ido adquiriendo una relevancia creciente en la puesta en marcha y el seguimiento de políticas sociales, recurriendo a la gestión social como técnica fundamental para cumplir sus metas y consolidar la gobernanza a nivel local (PNUD, 2015).

Simultáneamente, la responsabilidad social corporativa (RSC) emergió como una cuestión prioritaria dentro del mundo empresarial. Las organizaciones entendieron que debían manejar de forma responsable su huella social y, como respuesta, implementaron iniciativas de gestión social orientadas al bienestar comunitario (Añasco, 2021).

Por consiguiente, la gestión social en el Perú ha ganado consistencia desde los años 90, impulsada por la reforma del Estado, la consideración de la participación ciudadana como fundamento del desarrollo y la cooperación entre múltiples actores, orientada a la creación de un modelo más inclusivo y sostenible.

Durante los últimos veinticinco años, los líderes comunales han fortalecido su capacidad de influencia, participando activamente en la decisión sobre proyectos de inversión, la derogatoria de leyes y las exigencias sociales que configuran el debate político nacional. La Ley N° 29785, Ley del Derecho a la Consulta Previa a los Pueblos Indígenas u Originarios, aparece como un hito en esta trayectoria de involucramiento ciudadano, al ser promulgada en 2011. Normativa que, en consonancia con el Convenio 169 de la OIT, otorga a las comunidades indígenas el derecho de ser consultadas antes de que se adopten medidas legislativas o administrativas susceptibles de incidir sobre sus derechos colectivos (Congreso de la República, 2011).

2. EFECTIVIDAD DE LA GESTIÓN SOCIAL DESDE EL ENFOQUE COMUNITARIO

En las regiones andinas y amazónicas del Perú persiste una densa trama comunitaria basada en cooperación y reciprocidad ancestral (Inoach, 2021). En los Andes, principios como el ayni y la minka/faena articulan ayuda mutua y acción comunal; en la Amazonía, existen prácticas análogas que cumplen funciones de cohesión social (Rengifo, 2018).

El ayni, ampliamente estudiado por la antropología andina, organiza el trabajo agrícola, la infraestructura y la corresponsabilidad entre familias y ayllus (Wutich et al., 2017). La fortaleza comunitaria también se refleja en la capacidad normativa interna, expresada en estatutos que incluyen sanciones graduales (amonestaciones, multas u otras) y que son reconocidos por el ordenamiento jurídico peruano (Albó, 1991).

Asimismo, las autoridades comunales son elegidas democráticamente por la Asamblea General, en periodos y actas prescritas por estatuto, lo que garantiza

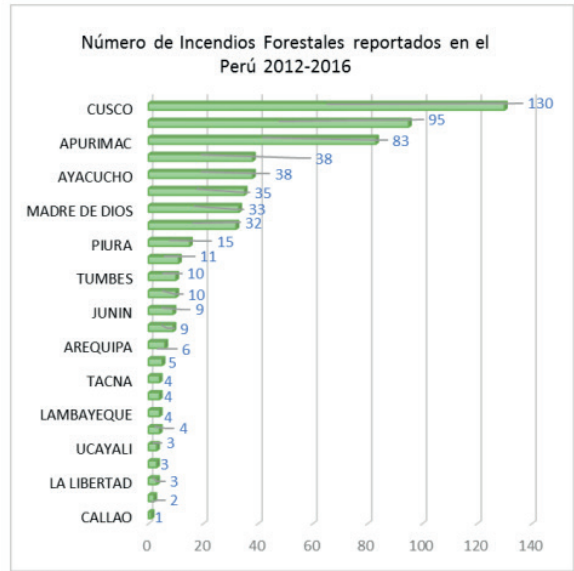
legitimidad y continuidad administrativa (Congreso de la República, 1987). De esta manera, la combinación de reciprocidad, parentesco y legitimidad asamblearia otorga a la gestión social comunitaria una efectividad singular en la planificación y ejecución de programas colectivos.

3. LOS INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÚ

Los incendios forestales en el país presentan un patrón recurrente, evidenciando, además, un incremento sostenido, tanto en la cantidad de eventos como en su intensidad, de tal modo que la periodicidad se constituye en una variable que demanda atención prioritaria (MINAN, 2022).

A continuación, el Gráfico N° 01 expone de manera diáfana los departamentos en los que se registraron episodios de incendios forestales recurrentes entre 2012 y 2016, permitiendo una lectura territorial de su persistencia.

Gráfico 1. Incendios forestales reportados por departamento, 2012 - 2016.



Fuente: COEN -INDECI-2016

Fuente: Andina. (2018, 19 de enero).

4. CAUSAS PRINCIPALES DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÚ

El ministerio del Ambiente establece que el 98 % de los incendios forestales tienen su origen en las quemas realizadas con fines agrícolas, cifra que refleja cómo la

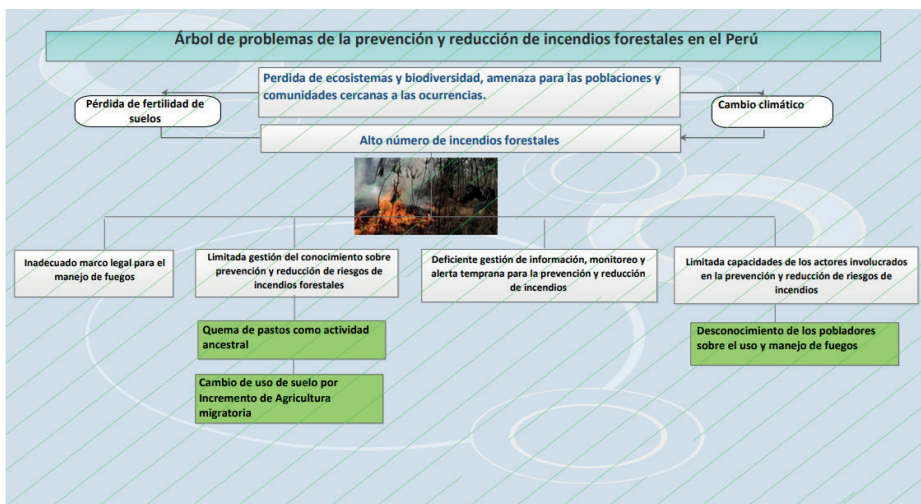
expansión agrícola descontrolada es la principal motor del aumento de estos siniestros cada año (Andina, 2018).

El análisis más amplio sobre la prevención y la reducción de incendios, representado en el gráfico N° 02 (árbol de problemas de la prevención y reducción de incendios forestales en el Perú), manifiesta tres problemas centrales que requieren atención inmediata:

- La quema de pastos, internamente considerada una práctica ancestral.
- El cambio de uso del suelo, que está siendo acelerado por la creciente agricultura migratoria.
- La carencia de conocimiento entre las comunidades sobre el manejo y la utilización del fuego.

Integrar estos factores en la planificación y ejecución de las políticas preventivas es, por tanto, una exigencia ineludible para hacer frente a la siniestralidad forestal en el Perú.

Gráfico 2 Árbol de problemas de la prevención y reducción de incendios forestales en el Perú.



Fuente: Andina (2018).

La quema agrícola en la región andino-amazónica del Perú se remonta a épocas prehispánicas y fue registrada por cronistas como Felipe Guamán Poma de Ayala, quien documentó técnicas culturales y uso del fuego en cultivos y actividades comunales. Esta práctica mantiene vigencia, aunque sus dimensiones y condiciones climáticas actuales difieren de las históricas (Adorno, 2022).

Las principales motivaciones de los agricultores para quemar incluyen: manejo de rastrojos para facilitar la siembra (SNFFS, 2020); percepción de mejora temporal de la fertilidad por cenizas (pH y nutrientes), beneficio efímero sin prácticas conservacionistas; renovación de pastizales como el ichu (SNFFS, 2018); y control microclimático frente a heladas, práctica extendida en zonas altoandinas (Aronés et al., 2024). Estos factores están reportados tanto en organismos públicos como en literatura técnica sobre “roza y quema”.

Cuando la quema se emplea para ampliar la frontera agrícola mediante tala y fuego, se configura la llamada “agricultura migratoria” o “roza, tumba y quema” (SNFFS, 2019). Estudios técnicos la describen como un método de preparación de terrenos que suprime vegetación y mejora brevemente las propiedades del suelo. Sin embargo, sin asesoría y control, eleva el riesgo de incendios forestales y erosión. En el Perú, los informes oficiales vinculan la mayoría de igniciones y expansiones al uso del fuego con fines ganaderos y agrícolas, especialmente la quema de restos de cultivos y pasturas.

5. CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A COMUNIDADES

La quema agrícola en la región andina constituye una práctica con profundo linaje cultural, utilizada por siglos para renovar suelos y regular ciclos de cultivo. Modificar o abolir esta costumbre supone un reto, pues no se trata solo de hábitos, sino de conductas sustentadas en memoria colectiva, relatos, religión y sentido de pertenencia transmitidos por generaciones. Por ello, su transformación no se logra solo con razones técnicas o sanciones, sino mediante diálogo, pactos motivados y propuestas que reconozcan y refuercen las narrativas andinas que otorgan dignidad a la práctica.

Aspectos clave al abordar el cambio de costumbres son: la resistencia inicial, pues las prácticas tradicionales generan seguridad; la necesidad de un proceso gradual, que exige tiempo y constancia; y la sustitución progresiva, con alternativas viables aceptadas por la comunidad.

En las zonas andinas y amazónicas, las comunidades campesinas y nativas mantienen fuertes lazos culturales y familiares. Su gobernanza se ejerce en la Asamblea General, mediante sufragio directo y renovación periódica de dirigentes. Los acuerdos adoptados son de obligado cumplimiento, y las normas internas incluyen sanciones administrativas o sociales para quienes los incumplen, lo que refuerza la efectividad de la organización comunal.

6. ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

En las regiones andinas y amazónicas, la herencia comunal y familiar constituye una fortaleza cultural que puede capitalizarse en programas de educación ambiental, en línea con el SNFFS, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (LFFS) y su reglamento. La estrategia se articula en cuatro ejes principales:

- **Sensibilización:** actividades que promueven reflexión crítica y brindan información clave, buscando cambios en percepción, compromiso y actitud para una gestión sostenible de recursos forestales y fauna silvestre.
- **Capacitación:** acciones formativas que combinan teoría y práctica, fortaleciendo competencias de los actores forestales mediante cursos, talleres, seminarios o diplomados en modalidades presencial, semipresencial o virtual, conforme a la PNFFS y la LFFS.
- **Asistencia Técnica:** presencia de especialistas en campo que asesoran, resuelven consultas y refuerzan competencias en situaciones reales, complementando con sesiones de capacitación.
- **Extensión:** aprendizaje colectivo basado en la práctica en terreno, donde teoría y experiencia se integran en un proceso vivo de reflexión crítica y evaluación continua, generando soluciones adaptadas al contexto ambiental y social.

7. EFECTO CASCADA EN LAS ESTRATEGIAS DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES

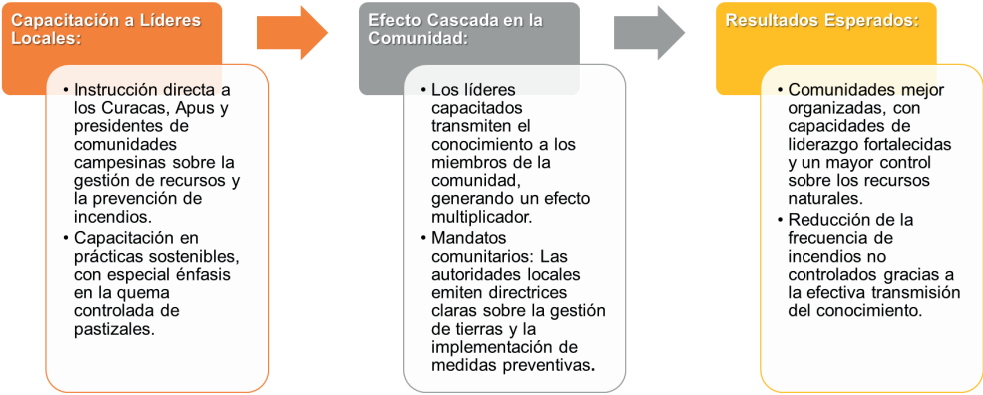
Según lo analizado todas estas estrategias (en un inicio) deben estar enfocados a las autoridades comunales y luego con un efecto cascada se transmita o “dar la orden” de cumplimiento irrestricto en diversas acciones para prevenir incendios forestales:

Estas acciones incluyen:

- Quema controlada (técnicas)
- Producción de compost
- Elaboración de fajas cortafuegos.
- Establecimiento de calendarios de quemas ordenadas dentro de una comunidad
- Comunicación comunal y vecinal al momento de hacer las quemas.

Las acciones deben seguir la siguiente secuencia:

Gráfico 3. Capacitación y Concienciación Comunitaria: Efecto Cascada.



Se realizaron trabajos pilotos aplicando esta propuesta con resultados resaltantes:

Piloto – Agua Salada (Cajamarca)

Tabla 1 Piloto – Agua Salada (Cajamarca).

Campo	Valor
Zona / Piloto	Agua Salada
Referencia de ubicación (texto original)	Cajamarca, agua salada, Cajabamba
Distrito	Chancaybaños
Provincia	Santa Cruz
Región	Cajamarca
UBIGEO	061304
Latitud Sur (grados-minutos-segundos)	6° 34' 6.4" S
Latitud (decimal)	-6.56845016000
Longitud Oeste (grados-minutos-segundos)	78° 53' 1.5" W
Longitud (decimal)	-78.88373752000
Altitud	1674 m s. n. m.

Referencia – Cajabamba

Tabla 2. Referencia – Cajabamba.

Campo	Valor
Departamento	Cajamarca
Región (macro)	Sierra Norte del Perú
Límites – Norte	Provincia de San Marcos
Límites – Este y Sur	Departamento de La Libertad
Límites – Oeste	Provincia de Cajamarca

Superficie	1,788.11 km ²
Altitud (ciudad de Cajabamba)	2,651 m s. n. m.
Clima	Alta variedad climática por extensión entre 2,000 y 3,000 m s. n. m.

Departamento de Moquegua

Tabla 3. Departamento de Moquegua.

Campo	Valor
Departamento	Moquegua
Ubicación en el país	Sur del Perú
Límites – Norte	Arequipa y Puno
Límites – Este	Puno y Tacna
Límites – Sur	Tacna
Límites – Oeste	Océano Pacífico y Arequipa
Territorio	Costa y sierra
Rango de altitudes	Desde nivel del mar hasta más de 6,000 m

8. LÍNEA DE ACCIÓN FUTURA

Tareas conjuntas para desarrollar la prevención de incendios forestales en el Perú

- Alta recurrencia en territorios comunales: la mayoría de incendios se produce en ámbitos rurales y comunales; su repetición anual demanda planificación estacional y control territorial con autoridades locales (Bautista, 2020).
- Causalidad antrópica ($\pm 98\%$): las quemas agropecuarias, sin control técnico, son la principal causa. La política pública debe priorizar la prevención y manejo del fuego, más que la supresión (SNFFS, 2023).
- Brechas de capacidades técnicas: agricultores carecen de formación en quema prescrita, lectura meteorológica y protocolos de seguridad; cerrarlas es condición clave para reducir eventos (SNFFS, 2023).
- Ventaja del enfoque comunitario: el tejido organizativo y la legitimidad de las autoridades comunales facilitan acuerdos, cumplimiento de reglas locales y aplicación de sanciones cuando la prevención se diseña con la comunidad (SNFFS, 2019).
- Foco en autoridades y promotores locales: la capacitación periódica y con materiales estandarizados debe priorizar a jefes comunales, apus y directivas, para garantizar continuidad y control social (SNFFS, 2023).

- Efecto cascada de aprendizaje: autoridades formadas replican contenidos hacia promotores y familias (train-the-trainers), institucionalizando calendarios comunales de quema, fajas cortafuego, compostaje y protocolos de aviso y vigilancia (FAO, 2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adorno, R., & Boserup, I. (2022). La nueva corónica y buen gobierno de Guaman Poma. *Anales del Museo de América*, (30), 145–168. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6953213>

Agencia Peruana de Noticias ANDINA. (2018, 19 de enero). Incendios forestales arrasaron 942 399 hectáreas de cobertura vegetal. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-incendios-forestales-arrasaron-942399-hectareas-cobertura-vegetal-736629.aspx>

Albó, X. (1991). El retorno del indio. *Revista Andina*, 9(2), 299–345. Centro Bartolomé de Las Casas.

Añasco-Huariccallo, L. A. (2021). Responsabilidad social empresarial en el proceso de gestión de conflictos sociales: caso Puno-Perú. *Revista Revoluciones*, 3(3), 52-68. <https://doi.org/10.35622/j.rr.2021.03.006>

Andina. (2018, 19 de enero). Incendios forestales arrasaron 942,399 hectáreas de cobertura vegetal. Agencia Peruana de Noticias ANDINA. <https://andina.pe/agencia/noticia-incendios-forestales-arrasaron-942399-hectareas-cobertura-vegetal-736629.aspx>

Aronés A., Badía, A., Nadal, J., & Bonnesoeur, V. (2024). Incendios forestales en ecosistemas de la puna húmeda en los Andes de Ayacucho, Perú. *Investigaciones Regionales–Journal of Regional Research*, 2024/2(59), 127-147. <https://doi.org/10.38191/iirr-jorr.24.014>

Bautista, M. (2020). Tendencias de riesgos asociadas a incendios forestales. Análisis estadístico de emergencias generadas por incendios forestales, focos de calor y generación de tendencias de los riesgos. Instituto Nacional de Defensa Civil. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1300191/INCENDIOS%20FORESTALES-%202020-MIGUEL%20BAUTISTA.pdf>

Bobadilla, P. (2004). La gerencia social en el nuevo siglo: una aproximación teórica. *Debates en Sociología*, (29), 53-72. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/debatesensociologia/article/download/7023/7190/>

Congreso de la República del Perú. (2011). Ley N° 29785: Ley del Derecho a la Consulta Previa a los Pueblos Indígenas u Originarios. *Diario Oficial El Peruano*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-derecho-consulta-previa-pueblos-indigenas-originarios-reconocido>

Congreso de la República. (1987, 14 de abril). Ley N.º 24656: Ley General de Comunidades Campesinas. *Diario Oficial El Peruano*.

Espino, V. C., Medina, C. G. ., Montoya, R. ., Quijano, F. ., & Jara, C. J. . (2024). Modernización de la Gestión Pública en el Perú a partir de las experiencias del Covid-19. *Prohominum*, 6(2), 77–93. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0236>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). Community-based fire management: A review (FAO Forestry Paper No. 166). FAO. <https://doi.org/10.4060/i2495e>

Inoach, G. (2021). Proceso de constitución del gobierno territorial autónomo awajún. *Amazonia Peruana*, 17(34), 13–29. Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica. <https://doi.org/10.52980/revistaamazonaperuana.vi34>

Ministerio del Ambiente, Grupo Impulsor de Acción Climática de la Academia, Instituto Geofísico del Perú, & Universidad Nacional Agraria La Molina. (2022). Incremento de la frecuencia de los incendios sobre la cobertura vegetal en el Perú: Contexto y alternativas. Ministerio del Ambiente. <https://investigacion.minam.gob.pe/sites/default/files/2023-11/PB%20RICARDO%20ZUBIETA.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). Informe sobre desarrollo humano: trabajo al servicio del desarrollo humano. Nueva York: PNUD. Recuperado de <https://www.undp.org/es/publicaciones/informe-sobre-desarrollo-humano-2015>

Rengifo, G. (2018). El ayni y la minka: dos formas colectivas de trabajo. Instituto de Estudios Peruanos.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). Cartilla forestal para docentes: Educación ambiental para prevenir los incendios forestales. Ministerio de Agricultura y Riego.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). Plan de prevención y reducción de riesgo de incendios forestales en el Perú. Ministerio de Agricultura y Riego.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2020). Plan de prevención y reducción de riesgo de incendios forestales en el Perú. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2021). Plan de desarrollo de capacidades para la gestión forestal y de fauna silvestre 2021–2025. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4612338/Plan%20de%20Desarrollo%20de%20Capacidades%20para%20la%20Gesti%C3%B3n%20Forestal%20y%20de%20Fauna%20Silvestre%202021-2025.pdf?v=1691186774>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2023). Plan de desarrollo de capacidades para la gestión forestal y de fauna silvestre 2021–2025. SERFOR. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1801952/Plan%20de%20Desarrollo%20de%20Capacidades%20para%20la%20Gesti%C3%B3n%20Forestal%20y%20de%20Fauna%20Silvestre%202021%20-%202025.pdf?v=1690239342>

Wutich, A., Beresford, M., & Carvajal, C. (2017). Ayni real and imagined: Reciprocity, indigenous institutions, and development discourses in contemporary Bolivia. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology*, 22(3), 522–543. <https://doi.org/10.1111/jlca.12292>

CAPÍTULO 4

MEASUREMENT OF THE DUST CONCENTRATION ELIMINATED BY A COMPOUND FEED FACTORY FOR THE PURPOSE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Data de submissão: 12/02/2026

Data de aceite: 27/02/2026

Cristian Vasile

University lecturer PhD Eng

Faculty of Agronomy

University of Craiova, Romania

<https://orcid.org/0009-0001-7444-4793>

CV

ABSTRACT: Given the increasingly diverse needs of people, as well as the more and more rapid technological developments, a growth in competition between companies of a certain profile or field of activity can be observed. All these aspects greatly influence economic activities at the national and even worldwide level. That is why the Romanian economy has set as a long-term objective the implementation of a real market economy, which fully respects international norms and standards. Thus, also for the compound feed industry, achieving this objective requires equipping the profile factories with modern and high-performance equipment, with a high degree of mechanization, automation and computerization, with high productivity and low specific consumption. Within this article

are presents some theoretical aspects about the equipment used to monitor flue gases eliminated by the production installations of compound feeds. This study continues with an analysis of dust concentrations removed through flue gases in order to confirm compliance with international standards regarding the protection of employed personnel and the environment.

KEYWORDS: combustion installation; gases; dust concentration; temperature; granules.

1. INTRODUCTION

In the combustion installations that produce the steam jets at very high temperatures that are necessary for the sterilization of the mixture, but also for the homogenization of the compound feeds in various forms, as well as in the cooling plants of the final product, both noxious substances and certain amounts of dust or powders are eliminated into the atmosphere, which affect the environment and implicitly have a negative impact on life and the surrounding nature. (Heinsohn, 1999; Bond, 2003; Bollen, 2014; Klippel, 2014)

Fly ash, eliminated through the chimney of combustion installations, fine ash

dust carried by the wind from ash dumps and coal dust originating from coal dumps or from its transportation and preparation, together constitute a solid noxious substance, which is also found in the form of aerosols. Ashes pollute and degrade the environment, deposit on vegetation, buildings, streets and give an unpleasant appearance, ultimately being inhaled by people.

Toxic aerosols are the category of pollutants that have the most harmful effects on humans. Fortunately, these ashes have a very low content of heavy metals (Cr, Ni, Cd, As, Pb), so in most cases the aerosols formed are non-toxic.

More important is the activity of moving harmful gases through dust and exerting their dangerous effects at very great distances from the emission site.

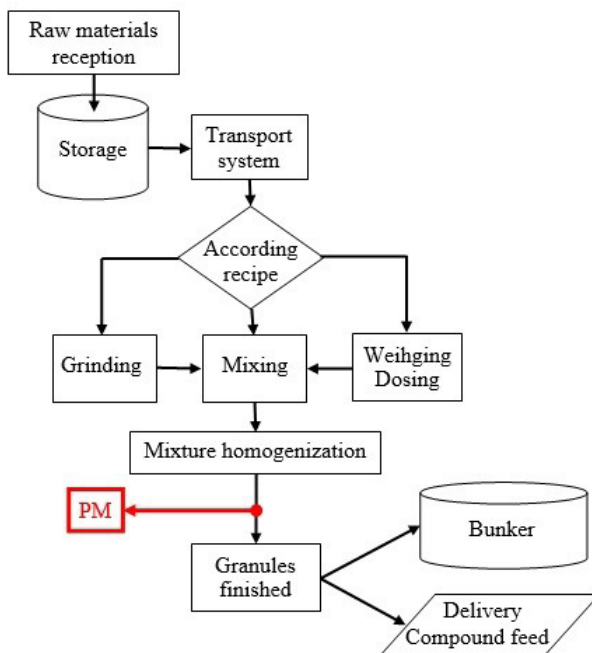
That is why it is absolutely necessary the monitoring and rigorous control of dust concentrations in gases emitted by work facilities that have combustion sources, internal combustion engines or air ventilators that collect various particles. This paper presents the activities carried out to study and experimentally measure dust concentrations resulting from the technological process performed in a compound feed factory, in order to ensure environmental protection.

2. MATERIALS AND METHODS

The technological flow corresponding to the activities effectuated in a compound feed factory is very complex, considering that a compound feed recipe is made up of a mixture of plant and animal feed with mineral salts, antibiotics, vitamins, enzyme preparations and medicinal substances, with a very precise dosage so as to correspond to the physiological needs of the different categories of animals that are fed. (lonel, 2002; Lailer, 2005; Feifei, 2017; Vasile, 2023)

In figure 1 it is schematically presented the technological flow from the compound feed factory where the experimental analyses were performed and indicates the working point for performing measurements (PM) regarding the dust concentration in the gases eliminated by the working installations.

Figure 1. The diagram of technological flow in compound feed factory where is marked the measurement point (PM).



Two of the very important activities in the compound feed production process have been analyzed in this article: the activity of producing steam at very high temperatures and then the activity of cooling the obtained granules.

Thus, the steam produced in the installation of combustion using the steam generator have an important role both for homogenizing the granules and for sterilizing them. The granules thus obtained are then cooled with the help of air in a cooling installation, and after cooling the granules will be transported to the finished product storage bunker or directly to packaging for delivery.

At the second activity which was analyzed, in the cooling process of the obtained product, the air used as a thermal agent heats up due to the increased temperatures of the granules, but at the same time it also carries in its movement the particles released following the drying phase of the respective compound feeds, in this way forming the dust.

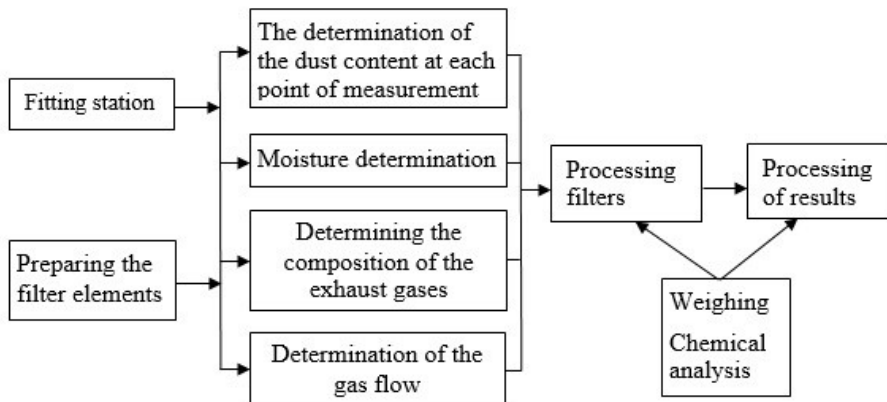
The installation with which the measurement is carried out the quantity of powders in the flue gases from their exhaust ducts is complex and practically is formed of several independent component parts. (Ionel, 1994; Roden, 2006)

After correct mounting the installation, it is brought to the normal operating temperature, respectively the suction tube is brought to about 120°C, the tightness is

checked by closing the probe, an operation followed by starting the suction pump, so that the pressure drop is 200 mbar. The flow rate passing through the installation must be less than 2% of the flow rate that will pass through it during the measurements.

Follows the probe is then positioned at the point of experimental measurement in the direction of gas flow, after which the probe is watertight in the opening area of the channel wall, the suction pump is started and through the by-pass system is moving on to the suction of the gas from the smoke duct (exhaust tube).

Figure 2. Logic scheme of the steps performed to determine the dust content in the flue gases.



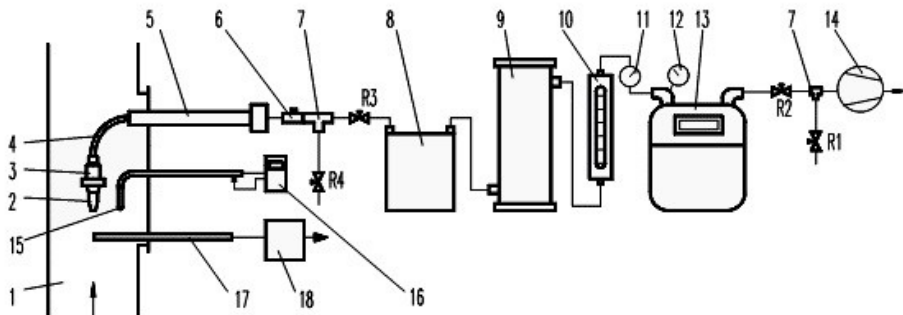
Throughout the entire duration of measurements are monitored the flow parameters of the emitted gases (velocity, flow rate) and the measured values are periodically noted.

Knowing that there is an uneven distribution of dust in the flow section, measurements are made by arranging several sampling points in the section of the probe used, which will allow the correct determination of the average concentration of dust emitted per section.

To evaluate the optimal operating conditions of combustion plants serving the work process of obtaining compound feed, it is necessary to measure the pressure, temperature, and also the volume participation of the main components of the gases eliminated by the combustion plants by using the TESTO 350 M/XL gas analyzer, in order to correctly calculate the density of the exhaust gases.

The device used for measuring the dust concentrations in emitted combustion gases, by type STROHLEIN STE4, is shown in figure 3.

Figure 3: Structure of the measuring device type STROHLEIN STE4 1-gas passage, 2-nozzle calibrated, 3-housing filter cartridge, 4-connectors, 5-socket electrical heating, 6-thermocouple, 7-tees, 8-tank condensate, 9-drying tower silica gel, 10-flow meter, 11-gauge, 12-thermometer, 13-meter vacuum pump exhaust, 14-channel, 15-Pitot-Prandtl tube, 16-electronic micromanometer, 17-well, 18-analyzer TESTO, R1-R4-taps.



The aspirated flue gases will follow the following path: after suction through the calibrated nozzle (2), they will pass through the filters contained in the filter cartridge (3) where the solid particles will be retained, followed by the gas passing through the probe (5) electrically heated to 180°C into the condensate tank (8). To protect the active elements of the used measurement device, the taken gas sample is passed through a drying tower (9). Next, the flue gases pass through the device itself, where the flow rate is determined with the flow meter (10), the pressure with the pressure gauge (11), the temperature with the thermometer (12) and the amount of gases sucked in through the gas meter (13). The volume of gas to be aspirated in is adjusted with the help of valve R1. (Vasile, 2015).

The speed of sample aspirated through the gas channel is determined from the relationship:

$$w_c = \sqrt{\frac{2 \Delta p_{din}}{\rho_{gtc}}} \left[\frac{m}{s} \right]$$

in which:

Δp_{din} – dynamic pressure, measured using the Pitot-Prandtl tube, in [Pa];

ρ_{gtc} – density of the wet gas corresponding to the composition at the pressure and temperature in the channel, in [kg/m³].

To know the exact working conditions at the time of the measurements, the temperature of the compound gases t_{cg} (°C) and the static pressure Δp_{st} [mbar] are determined using a TESTO type measuring device. (Marton, 2016)

Monitoring is carried out throughout the technological process of obtaining the desired type of compound feed. Therefore, throughout the experimental measurements,

the values of the flow parameters for the flue gases removed from the steam generator furnace are monitored and recorded at equal intervals of time (initially every 2 minutes, and then every 5 minutes), namely:

- gas temperature in the probe t_s in $^{\circ}\text{C}$;
- gas temperature t_k read on the meter thermometer t_c in $^{\circ}\text{C}$;
- gas depression Δp_k , read on the meter's manometer in mbar;
- gas flow rate indicated by the rotometer in m^3/h ;
- barometric pressure, in mbar.

Upon completion of the measurement at a certain point in the exhaust duct, the suction of the gases eliminated by the combustion plant under study is stopped, and at the same time the timer and the electrical power supply to the probe sleeve are turned off and the suctioned gas flow rate is noted, as well as the time elapsed for performing these analyses. (Franke, 2006; Vasile, 2015)

To obtain the final results regarding the dust concentration in the analyzed flue gases, the following steps must be taken: the amount of water collected in the condensate tank is measured and the wetted silica gel is weighed, and after the probe has cooled, the filter element is removed, stored in a specially prepared container and then both the filter cartridge and the flat filter are weighed.

3. RESULTS AND DISCUSSION

During the analyses carried out in the compound feed factory, the dust concentrations were measured at the exhaust duct of the heating agent, represented by jets of steam at very high temperatures.

For the compound feed assortment tested in this work, called "Broiler chicken", will be applied the method for determining of dust concentrations described in the previous paragraphs of this article, about how to handle the Strohlein STE4 device which is specialized for these types of measurements.

According to the standard for measuring dust concentrations, the minimum required sample volume, under isokinetic conditions, is 1 m^3 .

Depending on the speed of the effluent at the exhaust duct, the sampling time can vary from minutes to hours. In order to be able to take the sample under isokinetic conditions, it is necessary to know some thermodynamic parameters of the effluent.

Thus, for the compound feed "Broiler chicken" the determined thermodynamic parameters of the effluent are:

- ambient temperature $t_{amb} = 20 [^{\circ}\text{C}]$;
- dynamic pressure $p_{din} = 0.1 [\text{mbar}]$;
- effluent temperature $t_{ef} = 48 [^{\circ}\text{C}]$;
- effluent humidity $Rh = 78 [\%]$;
- effluent velocity $w_{ef} = 5.2 [\text{m/s}]$.

In table 1 it is indicated the dust concentration value, as well as a series of other parameters characteristic of that measurement sample.

Table 1. Calculation of dust concentration for "Broiler Chicken".

Name	MU	Broiler FS
Initial mass of filter cotton wool	g	48.9836
Initial mass of filter paper + box	g	9.7021
Final mass of filter cotton wool	g	48.9847
Final table filter paper + box	g	9.7026
Effluent temperature at the stack	$^{\circ}\text{C}$	48.0
Pressure difference p	mbar	0.10
Static pressure p_s	mbar	0.00
Initial counter	m^3	627.5370
Final counter	m^3	628.5420
Start time	-	9:00
End time	-	9:42
Initial meter temperature t_i	$^{\circ}\text{C}$	24.0
Final meter temperature t_f	$^{\circ}\text{C}$	25.0
Mass of collected dust m_{dust}	g	0.0016
The volume of gas flowing through the meter V_{cont}	m^3	1.0050
Dust concentration in flue gases C_{dust}	mg/m^3_N	1.7462

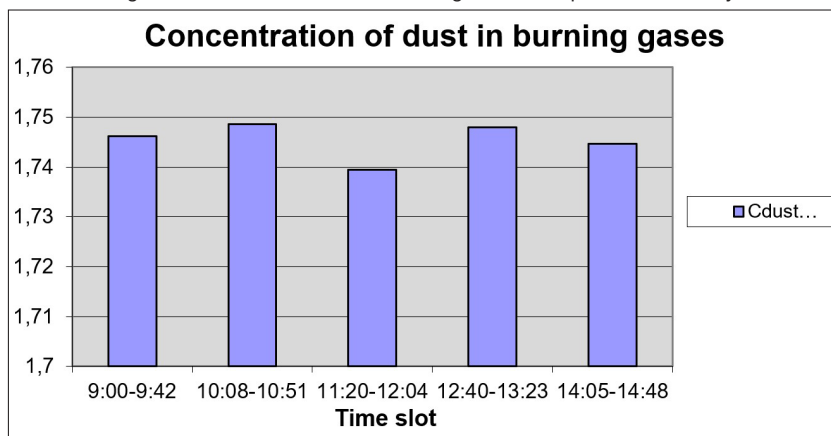
For the specific case of the combustion installation that was analyzed in this article, several experimental measurements were carried out at different time intervals, for different production batches of the compound feed assortment of type "Broiler chicken" and the results obtained for the dust concentration values are presented in table 2.

Table 2. Dust concentration in flue gases C_{dust} .

Measurement sample	1	2	3	4	5
Time slot	9:00-9:42	10:08-10:51	11:20-12:04	12:40-13:23	14:05-14:48
$C_{dust} [\text{mg}/\text{m}^3_N]$	1.7462	1.7486	1.7394	1.7479	1.7446

In the figure 4 it is graphically presents the evolution of the measured values for the dust concentration in the gases emitted from the exhaust duct of the combustion installation studied.

Figure 4: Dust concentration in the flue gas from compound feed factory.



4. CONCLUSIONS

In order to obtain accurate results from the analyses performed to monitor the work process in the compound feed factory where the research was performed, the dust concentrations were measured at the exit from exhaust duct of the heating agent.

Following the international rules and standards for operation in this field of activity, Order 462/1993 was issued in our country. It imposes, in addition to the noxious limits, also limits on dust concentrations. The dust emission limit for compound feed production installations is 5 mg/m³N.

A very important conclusion resulting from these experimental measurements is that the steam generator combustion installation, in terms of dust emissions, falls within the normal limits established by the European and international laws in force.

Starting from the consideration of the importance of respecting national and international rules and standards concerning to environmental protection, it is very necessary that the working installations from the compound feed factories be modernized and equipped with the most efficient automated and computerized control equipment of all activities effectuated, as well as the existence of rigorous control of the concentrations of polluting substances and dust eliminated through combustion gases, through the action of hot steam jets or cooling air jets.

REFERENCES

- Bollen J., Brink C. (2014). Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Econ.*, pp. 202–215.
- Bond T.C., Covert D.S., Kramlich J.C., Larson T.V., Charlson R.J. (2002). Primary particle emissions

from residential coal burning: Optical properties and size distributions, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 107, no. D21, pp 1-14.

Feifei S.; Yun D.; Xiaohua Y. (2017). Air pollution, food production and food security: A review from the perspective of food system. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 16(12); pp. 2945-2962, 2017.

Franke M., Rey A. (2006). Improving pellet quality and efficiency, Buhler AG Uzwil, Switzerland, *Feed Technology*, vol. 1, issue 3, pp. 5-9.

Heinsohn R.J., Kabel R.L. (1999). Sources and Control of Air Pollution, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp 32-34.

Ionel I., et al. (1994). Measuring emissions from flue gases using electrolytic sensors, *The National Conference of Thermodynamics, Romania*, vol. I, pp. 231-235.

Ionel, I., et al. (2002). Environmental protection, research and development object of the fuel analysis and ecological investigations laboratory, *AGIR Magazine*, No. 1, ISSN 1224-7928, pp. 35-41.

Klippel A., & Schmidt M., (2014). Dust concentration measurements during filling of a silo and CFD modelling of filling processes regarding exceeding the lower explosion limit. *Journal of loss prevention in the process industries*, vol. 29, pp. 122-137.

Lailer P.C., Dahiya S.S., Lal D., Chauhan T.R. (2005). Complete feed for livestock concept, present status and future trend, *The Indian journal of animal sciences*, vol. 75, pp. 84–91.

Marton S., Zimmermann A., Kreuzer M., Gaillard G., (2016). Comparing the environmental performance of mixed and specialised dairy farms: the role of the system level analysed, *Journal of Cleaner Production*, vol. 124, pp. 73-83.

Roden C. A., Bond T. C., Conway S., Pinel A. B., McCarty N., Still D. (2006). Laboratory and field investigations of particulate and carbon monoxide emissions from traditional and improved cookstoves, *Environmental Science and Technology*, Vol. 40/21, pp 6750–6757.

Vasile, C. (2015) Studies regarding pollutant emissions analysis from gases burnt in the process of obtaining combined fodder, *SGEM 2015 Conference Proceedings*, ISBN 978-619-7105-38-4 / ISSN 1314-2704, Book4, pp.1097-1104.

Vasile C. (2023). Monitoring Noxious Substances From Combined Feed Factories for Environmental Protection, *China-USA Business Review*, Vol. 22, No. 2, pp. 45-51, ISSN: 1537-1514, DOI: 10.17265/1537-1514/2023.02.001.

*** - User manual, Strohle STE4

CAPÍTULO 5

EXPERIENCIA DE REHABILITACIÓN DE DOS ESPECIES DE FLAMENCOS, EN PREDIOS DEL BIOPARQUE MUNICIPAL VESTY PAKOS, LA PAZ – BOLIVIA

Data de submissão: 15/02/2026

Data de aceite: 27/02/2026

Alvaro Antonio Quispe Flores

Bioparque Municipal Vesty Pakos

La Paz, Bolivia

<https://orcid.org/0009-0000-3198-2826>

Fortunato Macedonio Choque Bautista

Bioparque Municipal Vesty Pakos

La Paz, Bolivia

<https://orcid.org/0009-0005-0799-2537>

Luis Enrique Beltrán Mendoza

Bioparque Municipal Vesty Pakos

La Paz, Bolivia

<https://orcid.org/0009-0006-7892-7473>

Omar Emilio Rocha Olivio

Bioparque Municipal Vesty Pakos

La Paz, Bolivia

<https://www.researchgate.net/profile/Omar-Rocha-2>

RESUMEN: Se presentan los casos clínicos de tres flamencos: dos ejemplares de la especie *Phoenicoparrus andinus* y un ejemplar de la especie *Phoenicopterus chilensis* que se encontraban dentro de las etapas comprendidas entre juveniles y adultos, el primer individuo *P. andinus* nació

en los predios del Bioparque, quién sufrió un accidente durante un desplazamiento de rutina dentro de su ambiente, el segundo *P. andinus* proveniente de rescate ante ataques ferales y tercer individuo *P. chilensis* ingresó proveniente de un accidente suscitado en vida libre. Los mismos fueron atendidos en diferentes circunstancias entre las gestiones 2017 y 2022, Los tres flamencos presentaban sintomatología de paraparesia. Por lo cual, permanecían postrados y requerían asistencia personalizada y alimentación asistida para sobrevivir. Se realizaron estudios radiográficos para evaluar los daños del trauma en cada individuo con el objetivo de tomar las medidas correspondientes según exigían las circunstancias. Se diseñó un plan de manejo para cada ave y se instauró el tratamiento respectivo, que comprendía los periodos post procedimiento y de rehabilitación. Dado que correspondía la inmovilización parcial y/o total de los tres individuos, las tareas se enfocaron en rotaciones, tomas o baños de sol, hidratación tópica, cambios de cama y/o vendajes, preparación y alimentación asistida con una dieta adecuada para cada caso clínico y posteriormente, implementar ejercicios de fisioterapia e hidroterapia para estimular las terminaciones nerviosas que permitirían la movilidad de los miembros comprometidos. El manejo realizado para la fisioterapia e hidroterapia coadyuvó en la recuperación y evolución favorable de los ejemplares. Estas técnicas, complementadas con un manejo

conductual y nutrición adecuada, demuestran ser buena alternativa para rehabilitar especies en condiciones similares. Actualmente, uno de los ejemplares, *P. andinus* se encuentra en cautiverio siendo parte del Programa de Conservación para Flamencos altoandinos del Bioparque Municipal Vesty Pakos y el ejemplar *P. chilensis* fue reinsertado a su hábitat natural.

PALABRAS CLAVE: paraparesia; accidente; flamencos; conservación; Bioparque.

REHABILITATION EXPERIENCE OF TWO FLAMINGO SPECIES, ON THE GROUNDS OF THE VESTY PAKOS MUNICIPAL BIOPARK, LA PAZ - BOLIVIA

ABSTRACT: This paper presents the clinical cases of three flamingos are: two individuals of the species *Phoenicoparrus andinus* and one individual of *Phoenicopterus chilensis*, including both juvenile and adult stages. The first *P. andinus*, was born at the Biopark and suffered an accident during a routine movement within its enclosure. The second *P. andinus* was rescued after a ferret attack, and the third individual, *P. chilensis*, was admitted following an accident in the wild. The cases were managed under different circumstances between 2017 and 2022. All three flamingos presented symptoms of paraparesis, remaining recumbent and requiring individualized care, including assisted feeding for survival. Radiographic studies were performed to assess the extent of trauma in each case in order to determine appropriate interventions. A specific management plan was developed for each bird, and treatment was implemented, including post-procedure care and rehabilitation. Due to the partial and/or total immobilization, of the individuals, daily management focused on body repositioning, controlled sun exposure, topical hydration, bedding and/or bandage changes, and assisted feeding with a diet tailored to each clinical condition. Subsequently, physiotherapy and hydrotherapy exercises were introduced to stimulate to stimulate nerve function and promote mobility in the affected limbs. The physiotherapy and hydrotherapy protocols contributed to recovery and favorable clinical outcomes. These techniques, combined with behavioral management and proper nutrition, represent a viable alternative for rehabilitation of birds in similar conditions. Currently, one *P. andinus* remains in captivity as part of the Andean Flamingo Conservation Program at the Vesty Pakos Municipal Biopark, while the *P. chilensis* individual was successfully.

KEYWORDS: paraparesis; accident; flamingos; conservation; Biopark.

1. INTRODUCCIÓN

Los flamencos constituyen un grupo de aves asociados con ambientes acuáticos salinos de poca profundidad, algunos localizados hasta 5000 metros sobre el nivel del mar. En el mundo existen seis especies de flamencos, de las cuales tres se encuentran en Sudamérica (Valqui *et al.* 2002, Caziani *et al.*, 2007, Derlindati *et al.* 2024).

En la región altoandina, compartida por Argentina, Bolivia, Chile y Perú, se distribuyen las tres especies de flamencos: el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), el flamenco de James o puna (*Phoenicoparrus jamesi*) y el flamenco chileno o austral (*Phoenicopterus chilensis*). Las dos primeras tienen distribuciones más restringidas,

se encuentran principalmente en lagunas altoandinas y salares. No obstante, algunos estudios registraron al flamenco andino en tierras bajas, principalmente en la época invernal (Marconi, *et al.* 2020, 2025, Rocha, 2023).

Realizan grandes desplazamientos entre los sitios de alimentación y cría, incluso durante la incubación y la crianza de los pichones (Caziani *et al.*, 2007). Sin embargo, al igual que otras especies de aves, reducen el gasto energético por medio de descanso y favorecen la conservación de calor a través del aseo (Elkins, 2010). No obstante, algunos estudios que analizaron los patrones comportamentales en flamencos asociados ante determinadas condiciones meteorológicas fueron realizados únicamente en condiciones de cautiverio (Anderson y Williams, 2010; Bouchard y Anderson, 2011; Peluso *et al.*, 2013).

En ese contexto, estas especies se encuentran amenazadas por la variación en las precipitaciones, que las afectan directamente, ya que los cambios en los niveles de agua modifican los niveles de salinidad y la disponibilidad de hábitats de anidación y cría. Asimismo, factores como las condiciones por la Oscilación del Sur de El Niño, así como movimientos estacionales inconclusos (Romano *et al.*, 2017).

Rocha *et al.*, (2023) sugiere que las principales amenazas son causadas por la contaminación de los humedales, actividad minera y aguas residuales, actividad turística intensiva no regulada e introducción de ganado no autóctono (vacuno y ovino), otras actividades que amenazan la supervivencia de los flamencos en Bolivia, son el drenaje de aguas para fines de riego, trasvase de aguas, proyecto geotérmico para aprovechamiento de litio y extracción de huevos de sus colonias de nidificación, además de las sequías prolongadas en los humedales altoandinos.

El flamenco andino se encuentra en la categoría Vulnerable (VU) a nivel global por la UICN (2025) y su población total es la menor de las tres especies (Marconi, *et al.* 2020, 2025). Por su parte, el flamenco chileno se encuentra en la categoría Cerca de la Amenaza (NT); en el suroeste de Potosí y en Laguna Colorada, su abundancia es menor, sin embargo, en los Lagos Poopó y Uru Uru es abundante, no obstante, es la más abundante de las tres especies a nivel regional.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo fue realizado en el Bioparque Municipal Vesty Pakos (BMVP), un Centro de Custodia de Fauna Silvestre (CCFS) que alberga fauna proveniente del tráfico ilegal, accidentes, rescates, mascotismo, entre otros. Ubicado en el Departamento

de La Paz, Bolivia, dentro del Parque Nacional Mallasa con una extensión de 201.522,15 m² sobre los 3.265 m.s.n.m.

2.2. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE FLAMENCOS

Uno de los programas que el BMVP desarrolla, es el “Programa de Conservación de Flamencos Altoandinos”, el cual tiene por objetivo de fortalecer las capacidades técnicas y las condiciones de habitabilidad para el cuidado y reproducción de flamencos altoandinos, con fines de conservación de la especie, y consolidar este Centro de Custodia de Fauna Silvestre en una institución experta en manejo *ex situ* de flamencos altoandinos en Bolivia.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS CLÍNICOS

2.3.1. Primer caso *P. andinus*

Durante la gestión 2017, el 30 de octubre, se presentó el primer caso, correspondiente a un individuo de la especie *P. andinus* de siete meses de edad. Durante su desplazamiento matinal, el ave sufrió un accidente dentro de su ambiente, quedando postrado.

Tras la evaluación médica, se observó leve desplazamiento del miembro inferior izquierdo, por lo que fue trasladado a una clínica particular para realizar examen radiológico. El estudio evidenció fisura epifisiaria a nivel de la articulación tibio-tarsal; en consecuencia, se decidió inmovilizar la región afectada mediante una escayola.

Con el fin de evitar estrés durante el proceso de rehabilitación, se adoptaron las siguientes medidas: Rotación y/o reubicación periódica, exposición solar, hidratación tópica y alimentación asistida del individuo. Posteriormente, se elaboró un arnés de madera (Gráfica 1), acorde a las características de la especie, que le permitía adoptar una postura natural sin comprometer la recuperación del área afectada. Asimismo, facilitó que el individuo consuma alimento por voluntad propia.

Gráfica 1. Arnés de madera posicionado sobre estanque de agua.



Transcurrido 16 días, se retiró la escayola y se inició el periodo de fisioterapia e hidroterapia, el cual se realizó de manera progresiva. Inicialmente, el flamenco fue colocado en el arnés dentro de un estanque con un volumen de agua suficiente para estimular las terminaciones nerviosas.

La primera etapa realizada con agua caliente ($\geq 18^{\circ}\text{C}$), con el fin de favorecer la relajación muscular y mejorar la circulación. La segunda etapa se realizó con agua fría ($< 15^{\circ}\text{C}$) orientada a reducir la inflamación y estimular el sistema inmunológico. Posteriormente, se retiró el arnés y se mantuvo al individuo en un volumen menor de agua, con el objetivo de evaluar su desplazamiento bajo condiciones controladas.

Este manejo permitió que el individuo, entre los días 24 al 30 posteriores al incidente, retomara gradualmente su rutina regular y de forma gradual incorporado al resto del grupo de su ambiente.

2.3.2. Segundo caso *P. andinus*

El 17 de octubre de 2020, fue derivado al BMVP un *P. andinus* juvenil procedente de otro centro de custodia. El individuo fue rescatado de ataques ferales y se encontraba postrado sin capacidad de incorporarse, presentando lesiones de consideración en ambas alas.

Tras la realización de análisis complementarios, no se evidenciaron fracturas en ninguno de los miembros; sin embargo, el individuo permanecía postrado. Por ello, se inició la metodología aplicada en el primer caso, con algunas adecuaciones. En este cuadro

clínico no se realizó la inmovilización, optando por instaurar protocolo de fisioterapia con uso de antiinflamatorios tópicos, formulados en base a ketoprofeno (Ankofen pomada) y salicilato de amilo (Atomo).

Al igual que el primer caso, el individuo fue colocado sobre el arnés dentro de un estanque de agua, con el objetivo de estimular motilidad, mediante sesiones diarias que incrementaron de forma gradual hasta evidenciar una mayor fortaleza física (Gráfica 2). Finalmente, se habilita un espacio con malla antideslizante que permitió su desplazamiento regular en una superficie estable.

La recuperación completa del individuo se alcanzó en un periodo de 35 días.

Gráfica 2. Hidroterapia en *P. andinus* sujeto con arnés en estanque de agua.



2.3.3. Tercer caso *P. chilensis*

El tercer caso se presentó el 14 de diciembre del 2021, cuando un individuo *P. chilensis* ingresó al BMVP con sintomatología de paraparesia. Como consecuencia, el ave permanecía postrado y requería asistencia personalizada, así como alimentación asistida para su supervivencia.

Al tratarse de un flamenco adulto proveniente de vida silvestre, fue necesario limitar los factores de estrés, tales como ruidos fuertes, manipulación excesiva o innecesaria, presencia constante de personal y cambios bruscos de temperatura. En función de los cuadros anteriores, se estableció un protocolo de manejo que incluyó alimentación asistida, ejercicios de fisioterapia e hidroterapia, utilizando el arnés y la metodología implementada en los casos anteriores.

La rehabilitación del individuo demandó un periodo de entre 32 a 35 días, tras el cual hasta su reinserción a vida silvestre (Gráfica 3).

Gráfica 3. Cronología de rehabilitación de *P. chilensis* hasta su reinserción a vida silvestre.



3. RESULTADOS

La metodología aplicada permitió la rehabilitación de tres ejemplares: dos flamencos andinos (*P. andinus*), que permanecen dentro del “Programa de conservación de flamencos altoandinos del BMVP” y un flamenco chileno (*P. chilensis*), que fue reinsertado a la vida silvestre.

El BMVP cuenta con instalaciones adecuadas para rehabilitación de flamencos, así como un ambiente de exhibición de 200 m², con capacidad para 100 individuos.

Los resultados obtenidos, junto al proceso de aprendizaje generado sobre el manejo de flamencos altoandinos, contribuyen a fortalecer los esfuerzos de conservación *ex situ* de especies amenazadas. Asimismo, no existen registros previos de la aplicación de estas técnicas en Bolivia, las cuales, en combinación con una nutrición adecuada, constituyen una alternativa efectiva para la rehabilitación de estas especies en condiciones similares, al reducir los niveles de estrés, facilitar la manipulación y favorecer una evolución clínica positiva durante el proceso, mejoraron su estado físico general.

4. DISCUSIÓN

Se requiere fortalecer las capacidades técnicas, el equipamiento y la infraestructura destinada al rescate y cría en cautiverio de flamencos altoandinos de distintas procedencias.

Si bien los resultados obtenidos demuestran que la metodología empleada fue exitosa, su aplicación puede variar en función de la especie, el estadio etario, el cuadro clínico

u otros factores asociados. En ese sentido, la evaluación del estrés, acorde a la especie y el estadio, resulta fundamental, considerando que el proceso de rehabilitación puede implicar una manipulación frecuente y periodos prolongados de asistencia alimentaria.

En aves que sufren de estrés crónico como consecuencia del encierro o de condiciones de cautiverio inadecuadas, es más frecuente la aparición de lesiones en los miembros inferiores. Por ejemplo, en rapaces con interacciones antrópicas o depresión del sistema inmune, suelen presentar fracturas o daño articular en alas y piernas, fractura de hueso coracoides, entre otras condiciones debilitantes que perpetúan el estrés al no ser manejadas (Contreras y Ubilla, 2013).

De igual manera, según Pereira y Nassar (1998), el estrés derivado de la dominancia constituye un factor predisponente importante para la presentación de patologías en los miembros inferiores, sugiriéndose que los trastornos fisiológicos, junto con la inmunodepresión, desempeñan un papel relevante.

En ese marco, los flamencos, al ser aves particularmente sensibles al estrés podrían presentar patologías o accidentes que comprometan los miembros inferiores, frente a los cuales la metodología aplicada en el presente estudio podría resultar pertinente. No obstante, en función de la gravedad del cuadro clínico y de los niveles de estrés, es imprescindible realizar una evaluación previa antes de su implementación, dado que la recuperación y el tratamiento representan procesos prolongados y complejos, debido a que generalmente los individuos tienen las defensas bastante disminuidas y el proceso cicatrizal o regenerativo bajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson MJ Y Williams SA (2010). Why do flamingos stand on one leg? *Zoo Biology* 29:365–374.
- Bouchard L Y Anderson M (2011). Caribbean Flamingo resting behavior and the influence of weather variables. *Journal of Ornithology* 152:307–312.
- Caziani SM, Rocha Olivio O, Rodríguez Ramírez E, Romano MC, Derlindati EJ, Tálamo A, Ricalde D, Quiroga C, Contreras JP, Valqui M y Sosa H (2007). Seasonal distribution, abundance, and nesting of Puna, Andean, and Chilean flamingos. *Condor* 109:276–287.
- Contreras P. C. Y Ubilla M.J. (2013). Evaluación del Bienestar Animal de Aves Rapaces en Rehabilitación, Descripción de Técnicas que lo Promuevan y Mejoren su Tasa de Reintroducción. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias* V28 N°2 2013.
- Derlindati, E., F. Arengo, M. Michelutti, M. Romano, H. Sosa Fabre, E. Ortiz, O. Rocha, A. Jahn, M. Chanampa and I. Barberis. (2024). A review of the ecology and conservation of the Andean Flamingo *Phoenicoparrus andinus* and Puna Flamingo *P. jamesi* in South America. *Bird Conservation International* 1-10.

Elkins N (2010). *Weather and bird behaviour*. Tercera edición. T & AD Poyser, Londres.

Marconi, P., F. Arengo, A. Castro, O. Rocha, M. Valqui, S. Aguilar, I. Barberis, M. Castellino⁸, L. Castro, E. Derlindati, M. Michelutti, P. Michelutti, F. Moschione, L. Musmeci, E. Ortiz, M. Romano, H. Sosa, D. Sepúlveda & A. Sureda. (2020). Sixth International Simultaneous Census of three flamingo species in the Southern Cone of South America: Preliminary análisis. *Flamingo* 2020, pages: 67-75.

Peluso AI, Royer EA, Wall MJ Y Anderson MJ (2013). The relationship between environmental factors and flamingo aggression examined via Internet resources. *Avian Biology Research* 6:215–220.

Pereira, V. E., y F. Nassar Montoya (1998). El estatus social como factor estresante y predisponente a enfermedades de los miembros inferiores en el Flamenco Americano. *Revista de la Universidad de La Salle*, (26), 61-72.

Rocha Olivio, O. E. (2023). Situación de la biodiversidad y sus impactos en la Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa, Potosí-Bolivia. *Hábitat*, 75-88.

Romano M.C., Barberis I.M., Pagano F., Minotti P. and Arengo F. (2017). Variaciones anuales en la abundancia y en la distribución espacial del flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*) y la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) en el Sitio Ramsar Laguna Melincué, Argentina. *El Hornero* 32, 215–225. <https://doi.org/10.56178/eh.v32i2.508>

Valqui, M., Caziani, S., Rocha, O. & E. Rodríguez. (2000). Abundance and distribution of the South American Altiplano Flamingos. *Waterbirds* Vol. 23 Special Publication (1) 110 – 113.

UCN 2026. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. <<https://www.iucnredlist.org>>

CAPÍTULO 6

LA PRUEBA DE GERMINACIÓN EN MAÍCES CRIOLLOS DE LOS ESTADOS DE GUANAJUATO Y MICHOACAN

Data de submissão: 30/01/2026

Data de aceite: 18/02/2026

Luis Felipe Ramírez Santoyo

Dr. en Tecnología de Invernaderos

Profesor de Tiempo Completo

Departamento de Agronomía de la

División de Ciencias de la Vida

UGto, Campus Irapuato-Salamanca

<https://orcid.org/0000-0001-7538-6479>

José Luis Gutiérrez Liñán

Dr. en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Centro Universitario UAEM

Zumpango, México

<https://orcid.org/0000-0003-3589-2750>

Carmen Aurora Niembro Gaona

Dra. en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Centro Universitario UAEM

Zumpango, México

<https://orcid.org/0009-0008-2582-7692>

M. en Ed. Alfredo Medina García

Maestro en Educación

Profesor de Tiempo Completo

Facultad de Ciencias agrícolas

UAEMéx

Oscar Arce Cervantes

Dr. en Biotecnología

Profesor de Tiempo Completo

Instituto de Ciencias

Agropecuarias, UAEEH

<https://orcid.org/0000-0002-3388-2973>

RESUMEN: La prueba de germinación tiene como finalidad determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del por ciento de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura, a cuál establece la capacidad de germinación, cabe destacar que la calidad fisiológica hace referencia a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. El trabajo consistió en realizar una comparación sobre calidad de germinación entre maíces criollos de los estados de Guanajuato y Michoacán, en el laboratorio de Química de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción en el Centro Universitario UAEM Zumpango, se concluye que tuvieron un comportamiento de germinación entre el 93 al 99% ambos, por lo que puede decir que es una semilla que reúne la calidad fisiológica y asegura una buena población en la unidad de producción.

PALABRAS CLAVE: prueba; germinación; maíces; criollos; Guanajuato; Michoacán.

1. INTRODUCCIÓN

México es considerado como uno de los centro de origen del maíz y su diversidad genética que presenta les confiere mucha plasticidad y les permite una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, los maíces criollos representan reservorios genéticos (germoplasma) que han evolucionado a lo largo de miles de años de cultivo en una gran variedad de razas genéticamente distintas, a partir de la selecciones que han utilizado los productores, con la intención de encontrar un genotipo viable para su región y abaratar los costos de producción al no utilizar semillas mejoradas (híbridos), sus gran adaptación a condiciones locales específicas de altitud, precipitación, temperatura, calidad de suelos, resistencia a plagas y enfermedades, al estableced un programa de conservación y mejoramiento de maíces criollos permitirá tener un germoplasma puede ser la clave de la agricultura actual por contener colecciones génicas únicas. Muchos de estos maíces no han sido estudiados desde casi ningún punto de vista de importancia comercial (agronómico, calidad nutricional, propiedades bioquímicas, funcionales y nutraceuticas, ni se ha evaluado su variabilidad genética entre otros).

La diversidad genética presente en los maíces criollos les confiere mucha plasticidad y les permite una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia de tener caracterizadas las regiones, por lo que necesario realizar pruebas de germinación para comprobar el porcentaje de nacencia de la semilla y de esta manera asegurar una densidad poblacional en la unidad de producción.

Por lo que es importante recordar que la semilla es esencial en el ciclo de cultivo de la agricultura, siendo elemental para obtener los mejores rendimientos y éxito de producción agrícola. La creciente demanda de semillas de la mejor calidad nos ha llevado a una investigación continua para la mejora de los métodos de análisis, con el objetivo de aumentar rendimientos y asociado a su vez a incrementar la calidad en el producto a cosechar y que la **prueba de germinación** evalúa el porcentaje de semillas en un lote con capacidad de germinar y producir plántulas normales en condiciones ambientales ideales (temperatura, humedad y aireación) para el proceso de germinación con el fin de obtener información sobre la calidad de los diferentes lotes para su comercialización.

2. OBJETIVOS GENERALES

Evaluar la calidad de la semilla de maíces criollos de los Estado de Guanajuato y Michoacán a partir de pruebas de germinación para asegurar que son excelente

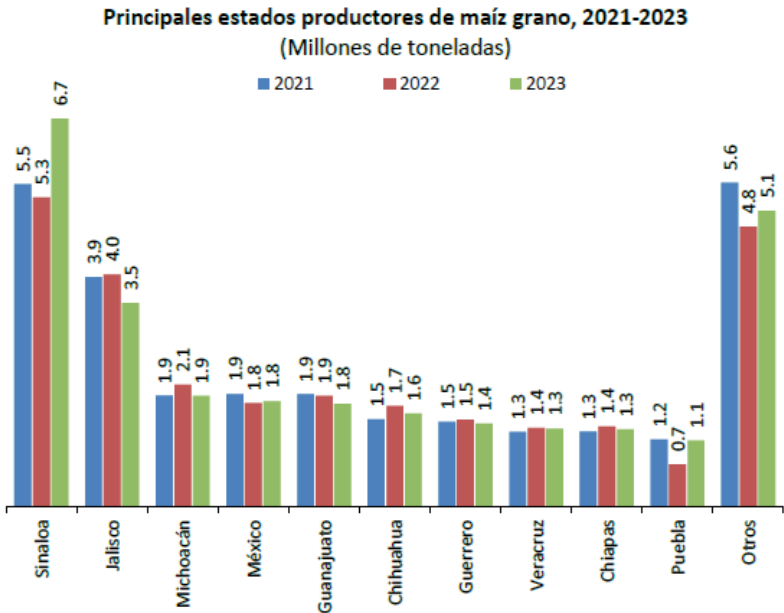
materiales vegetativos para ser utilizados en siembras para incrementar esta especie a partir de su vigor.

3. ANTECEDENTES

En México, la producción durante el año agrícola 2023 se ubicó en 27.5 mdt; el 67.5% se cosechó en el ciclo Primavera-Verano, con 18.5 mdt, y 32.5% en el ciclo Otoño-Invierno, con un volumen de 8.9 mdt. Por régimen de humedad, 52.4% se cultivó en riego y 47.6% se produjo en temporal. La producción total significó un incremento de 3.8% con respecto a la cosecha del año agrícola previo, favorecida por la obtención de rendimientos máximos históricos tanto en riego como en temporal, de 9.3 y 2.7 toneladas por hectárea, respectivamente (FIRA, 2024).

Por su parte, el consumo nacional de maíz en el ciclo comercial oct-2022/sep-23 se ubicó en un máximo histórico de 43.3 mdt: 54.6% de maíz blanco (23.7 mdt) y 45.4% de maíz amarillo (19.7 mdt). El SIAP-SADER proyecta que al cierre del ciclo comercial 2023/24 el consumo total registre un decremento de 2.9% con respecto al ciclo previo y se ubique en 42.1 mdt (FIRA, 2024).

El cultivo de maíz se desarrolla en todas las entidades del país, sin embargo, durante el año agrícola 2023 cinco estados concentraron 56.7% de la producción nacional: Sinaloa (24.2%), Jalisco (12.7%), Michoacán (6.9%), Estado de México (6.6%) y Guanajuato (6.4%).



Fuente: FIRA con información de SIAP-SADER.

Figura obtenida del documento Panorama Agropecuario 2024 “Maíz”, Dirección de Investigación Y Evaluación Económica y Sectorial, FIRA, 2024.

México ocupa el 8° lugar en **producción** mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a **Venezuela** (58%), **Kenia** (33%) y **Estados Unidos** (4%), entre otros (6%) lo que nos ubica como el 10°

Esta especie cultivada en México el 75 % de esta superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permitan responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

El alto consumo se debe a la diversidad de usos que se le da a este cultivo, además de la alimentación. De las estimaciones de la SAGARPA y considerando el promedio de 28 millones de toneladas de consumo aparente, 16.8 millones (60%) se utiliza en la alimentación humana, de los cuales 5.3 millones (19%) es en forma de autoconsumo por los productores y 11.5 millones (41 %) lo consume la población no productora, que lo adquiere ya transformado en tortilla y otros subproductos (Madueño, 2017).

El maíz criollo es una variedad de maíz que ha sido cultivada de manera tradicional y selectiva por agricultores locales a lo largo de generaciones. A diferencia del maíz híbrido o transgénico, el maíz criollo es modificado genéticamente en laboratorios. En cambio, su evolución ha sido natural, adaptándose a las condiciones específicas del suelo, el clima y las prácticas agrícolas de cada región (milpaviva.com.mx, 2025).

Los maíces criollos presentan una gran diversidad genética, que les permite una gama de colores y más aún se les confiere mucha plasticidad, lo que origina una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, de ahí la importancia social y económica de tener caracterizadas las regiones agroecológicas para la producción de un genotipo ideal de maíz.

La pérdida de variedades de maíces criollos en los campos de los agricultores durante más de 50 años destaca la importancia de la conservación ex situ. El banco de germoplasma de maíz del CIMMYT contiene 28 000 muestras de maíz y sus parientes silvestres de 88 países, que abarcan colecciones que datan de 1943. Las semillas almacenadas en el banco de germoplasma están protegidas ante crisis o desastres naturales, y están disponibles para el mejoramiento y la investigación. Los rasgos que se encuentran en las variedades de maíz criollo pueden incorporarse a nuevas variedades para abordar algunos de los desafíos agrícolas más apremiantes del mundo, como los cambios de clima, las plagas y enfermedades emergentes, y la desnutrición (McLean, et.al, 2019).

Es importante mencionar que las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación. Son también la unidad móvil de la planta (Doria, 2010).

Al ser importante la semilla para asegurar una excelente población homogénea de plantas es necesario realizar algunas pruebas para validar su calidad Fisiológica, por lo que es necesario mencionar que se utilizan ciertas pruebas para asegurar que una semilla es buena.

La prueba de germinación estándar es el procedimiento más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas. No obstante, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica ha demostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semillas en relación con la rapidez y uniformidad de germinación (McDonald, 1980).

La calidad fisiológica de la semilla abarca la suma de todas las propiedades o características, las cuales determinan el nivel potencial del comportamiento de las semillas y el establecimiento del cultivo. Los componentes de la calidad de la semilla incluyen los aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (microorganismos e insectos) (Velázquez, 2014).

El vigor de la semilla es un parámetro muy importante puesto que permite identificar las diferencias entre la germinación y la emergencia en campo, principalmente cuando las condiciones del campo pueden ocasionar estrés.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el laboratorio de química asignado a la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción en el Centro Universitario UAEM Zumpango de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se encuentra en el Municipio de Zumpango, Estado de México, este municipio se encuentra ubicado en la parte noroeste del Estado de México, y tienen una ubicación geográfica de 19°40' 50" N y a 99° 06'00" W (Ramírez, 1999).

Este municipio presenta un clima templado subhúmedo, que es la variante menos húmeda de los templados, con lluvias en verano y un porcentaje menor de 5 mm y su temperatura más cálida, se encuentra entre 18 C° y 19 C°, la región tiene una constitución litológica que se refiere a la composición de roca madre resultando diferentes tipos de suelo. Aproximadamente el 85% esfeozen, rico en materia orgánica y nutrientes; es una

tierra parda de gran fertilidad para la agricultura de riego y de temporal. En el norte, en menor proporción, se tiene cambios, suelo joven poco desarrollado que es altamente susceptible a la erosión y muy pobres en materia orgánica (Ramírez C.A. 1999).

4.1. MATERIAL VEGETATIVO

Se utilizó semilla de los maíces criollos de los Estado de Guanajuato y Michoacán.

4.2. METODOLOGÍA DE GERMINACIÓN ENTRE PAPEL

Se utilizo esta metodología que consiste para evaluar la germinación de semillas tratadas. Las semillas se germinan entre dos bases de papel Anchor previamente humedecido con agua destilada, posteriormente las semillas se organizan en hilera a diferentes espacios. Lo ideal es que la distribución de las semillas sea homogénea a lo largo del papel. Enseguida se cubren las semillas con otra hoja de papel Anchor humedecido con agua destilada, y se enrolla en forma de “taco”, al finalizar, los “tacos” son acomodados aleatoriamente dentro de una bolsa de polietileno que será colocada dentro de una bandeja de plástico profunda.

4.3. EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS

Las plántulas normales son aquellas que desarrollan todas sus estructuras esenciales en condiciones controladas (agua, luz y temperatura), que tienen la capacidad de generar plantas de buen porte.

- Sistema radicular bien desarrollado, raíz primaria y raíces seminales.
- Hipocótilo con buen desarrollo sin daños en el tejido.

El resultado de la prueba de germinación se realiza el conteo de las semillas que han germinado y el resultado se expresa en porcentaje de plántulas normales que germinaron.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

El ensayo de germinación, es una prueba realizada en laboratorio; la cual, consiste en colocar semillas en un sustrato húmedo, en condiciones controladas de temperatura, humedad y luz para que germinen y alcancen un nivel de desarrollo. De esta manera, se puede evaluar las estructuras esenciales de la planta, y determinar si son aptas para continuar con su crecimiento normal (www.gob.mx/snics/articulos/como-se-realiza-un-ensayo-de-germinacion).

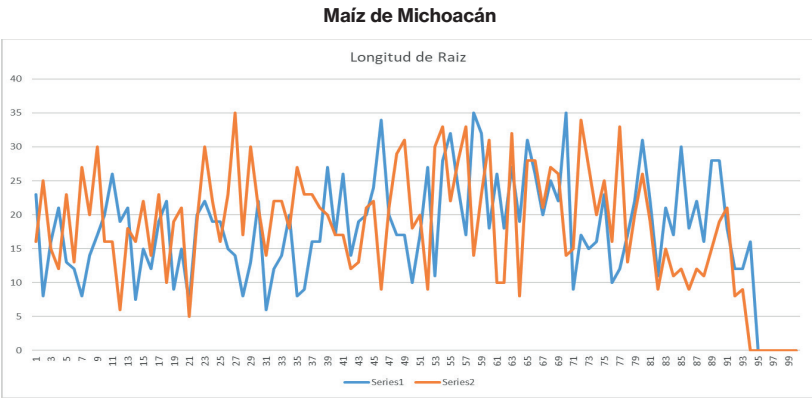
El resultado del análisis es reportado en porcentaje, independientemente de la cantidad de semillas que se utilizó para realizar la prueba. Este porcentaje indica la cantidad de plántulas que cuenta con las estructuras esenciales para continuar su crecimiento en condiciones favorables, a lo que se le llama: plántulas normales.

Los beneficios para el agricultor al saber el porcentaje de germinación de su semilla son enormes; ya que, puede determinar la cantidad de semillas que debe o necesita sembrar en su superficie. De tal manera, se establece un cultivo óptimo y, por ende, mejores resultados en la producción (www.gob.mx/snics/articulos/como-se-realiza-un-ensayo-de-germinacion)

5.1. EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE GERMINACIÓN

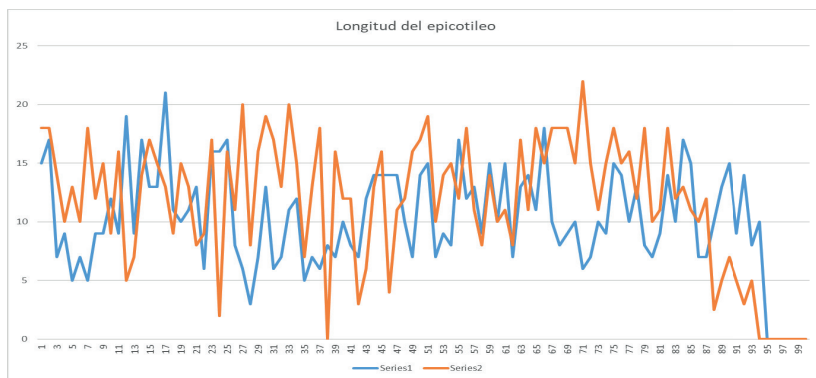
Se realiza el conteo de plántulas de maíz, se evalúan las plántulas normales (plántulas con raíz y tallo, cada estructura con al menos dos veces el tamaño de la semilla en longitud), como un indicador de vigor de germinación de la semilla y el resultado se expresa en porciento. Es necesario realizar un conteo final de la germinación a los 7, 8 o 14 días. Se determina también la longitud de plúmula (LP) y de la radícula o tallo (LR) en plántulas normales, estos datos se expresan en cm, y se consideran un indicador del vigor.

A continuación, se muestra en las siguientes gráficas el comportamiento de la Longitud de raíz y epicotíleo de los maíces criollos de Michoacán y Guanajuato.



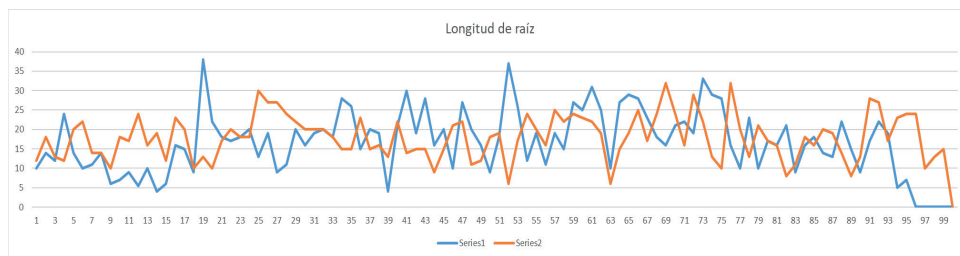
Fuente: Elaboración propia, 2025

Maíz de Michoacán

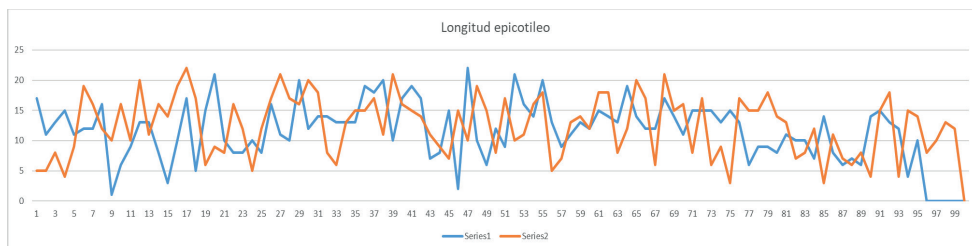


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Maíz de Guanajuato



Fuente: Elaboración propia, 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025

Podemos mencionar que se presento la germinación para el maíz originario de Guanajuato entre un 95 a un 99%, mientras que el maíz originario de Michoacán presento un rango de 93 a un 94 %, lo que podemos mencionar, que el del estado de Guanajuato puede asegurar una mejor densidad poblacional en la parcela o unidad de producción, para asegurar un rendimiento optimo de acuerdo con las condiciones ambientales de la región.

6. DISCUSIÓN

Milpaviva (2026), menciona que la conservación del maíz criollo es más que una cuestión agrícola; es un acto de preservación cultural y de soberanía alimentaria. En México, el maíz es mucho más que un alimento; es un símbolo de nuestra identidad y un elemento central en nuestras tradiciones culinarias y ceremoniales.

La capacidad de germinación es la cantidad total de semillas en la muestra que ha germinado en un ensayo, es la cantidad de semillas que queda por germinar, pero que son aún sanas al final de la prueba, expresadas en porcentajes. Del punto de vista práctico, esta estadística se parece al valor del porcentaje de semilla plena o completa obtenida en un ensayo de viabilidad (<https://www.fao.org/4/q2180s/q2180s12.htm>).

Los resultados de un ensayo de germinación se usan a menudo para calcular la cantidad de semilla que debe sembrarse para obtener una cierta cantidad de plántulas. Sin embargo, debe recordarse que la cantidad real de plántulas sobrevivientes puede ser muy inferior a la que indica los ensayos de germinación, por las pérdidas debidas a condiciones desfavorables climáticas, por los roedores y pájaros, insectos y enfermedades (<https://www.fao.org/4/q2180s/q2180s12.htm>).

7. CONCLUSIONES

La prueba de germinación estándar permite evaluar la respuesta de muestras de semillas para verificar su calidad fisiológica, a partir de la germinación.

El ensayo de vigor en semillas considera parámetros que están asociados con la emergencia en campo y que determinan en gran medida la calidad de las semillas. Asimismo, permite determinar la respuesta del vigor de germinación y desarrollo de plántulas.

El Maíz Criollo de Guanajuato fue el que tuvo mejor comportamiento en cuanto a su germinación que fue de un 95 a un 99 %, mientras que Michoacán estuvo en un rango de 93 al 94 %.

BIBLIOGRAFÍA

Arreguin, M.D. 2002. Evaluación de maíces blancos y pigmentados con potencial elotero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.

Carballo, C., A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad tesis M.C. ENA, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo. (CIMMYT). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. 5a Reimpresión. México, D. F. 21p.

Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, Conservación y Almacenamiento. Revista Cultivos Tropicales. V.31 No.1. La Habana. Cuba.

FIRA, 2024. Panorama Agropecuario “Maíz”, Dirección de Investigación y E valuación Económica Sectorial, Subdirección de Análisis del Sector, Páginas 29.

Hellin J.; Keleman A. Las variedades criollas de maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. LEISA revista de agroecología, volumen 29 núm 2, junio 2013. Lima Perú. ISSN 1729-7419.

Hernández C. J.M. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, Segunda Etapa 2008-2009. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Lozada, M. A. 2005. Selección de maíces criollos del sureste del estado de Hidalgo con la mejor calidad nixtamalera para la industria de la tortilla. Tesis de Licenciatura. UAEH, Tulancingo Hidalgo.

Madueño, M. J. La fertilización nitrogenada en maíz y su impacto ambiental. Enlace, Revista de la Agricultura de Conservación. Año IX octubre-noviembre 2017. 38-41 pp. México.

McDonald, M. B. Assessment of seed quality. (1980). HortScience, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 784-788.

McLean-Rodríguez, F.D., Camacho-Villa, T.C., Almekinders, C.J.M. *et al.* The abandonment of maize landraces over the last 50 years in Morelos, Mexico: a tracing study using a multi-level perspective. *Agric Hum Values* 36, 651–668 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09932-3>.

Muñoz, G., Giraldo, G. y Fernández DE S. J 1993. Descriptores Varietales Arroz, frijol, maíz, frijol. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. 85 - 108 p.

Ramírez, C.A. 1999. Zumpango (monografía Municipal). Toluca, México. pp. 19-27.

Ortiz, S. C. A.; Gutiérrez, C. M. C. y Nieves, F. J. 2005. Estimación de rendimientos de maíz con el método FAO en el ejido de Atenco, Estado de México. *Rev. Geografía Agríc.* 35:57–65.

Velázquez, H. (2014). Estudio fisiológico en familias prolíficas de un lote de producción de semilla de la variedad de maíz JAGUAN. Tesis de Maestría Profesional, especialidad en Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 13 p. <https://www.importancia.org/maiz.php> <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/prueba-de-vigor-y-germinacion-como-parametros-en-la-calidad-de-las-semillas?srsId=AfmBOoqz-ri6OOn8YCGYeivb4xwBaZW1OA1y5815eFnNs1Ntv8r8nU42> <https://www.gob.mx/snics/articulos/como-se-realiza-un-ensayo-de-germinacion?idiom=es> <https://milpaviva.com.mx/blogs/todo-sobre-tortillas/todo-sobre-el-maiz-criollo?> <https://www.fao.org/4/q2180s/q2180s12.htm>

CAPÍTULO 7

CALIDAD FÍSICA Y RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE AVENA, EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

Data de submissão: 15/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

Alfredo Josué Gámez Vázquez

Doctorado en Mejoramiento Genético
por la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Bajío
Dirección: Carretera Celaya
San Miguel de Allende km 6.5, Celaya
Guanajuato, México. CP. 38110
<https://orcid.org/0000-0002-2453-0570>

Miguel Angel Avila Perches

Doctorado en Mejoramiento Genético
por la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Bajío
Dirección: Carretera Celaya
San Miguel de Allende km 6.5, Celaya
Guanajuato, México. CP. 38110
<https://orcid.org/0000-0001-6050-9990>

Rocio Edelmira Hernández Caldera

Doctorado en Calidad de semillas por el
Colegio de Postgraduados
Campus Montecillo
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Bajío
Dirección: Carretera Celaya
San Miguel de Allende km 6.5
Colonia Roque, Celaya
Guanajuato, México. CP. 38110
<https://orcid.org/0000-0002-4045-5291>

Leandris Argentel Martínez

Doctorado en Ciencias Biotecnológicas
por el Instituto Tecnológico de Sonora
Tecnológico Nacional de México
Campus Valle del Yaqui
Dirección: Calle 600, Block 611, Bâcum
Sonora, México. CP. 85276
<https://orcid.org/0000-0002-0353-2251>

Mirna Bobadilla-Meléndez¹

Doctorado en Fitopatología por el
Colegio de Postgraduados
Campus Montecillo
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Bajío
Dirección: Carretera Celaya
San Miguel de Allende km 6.5, Celaya
Guanajuato, México. CP. 38110
<https://orcid.org/0009-0004-8069-8396>

¹ Autora de correspondencia

RESUMEN: El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad física de semilla de avena en las variedades Chihuahua, Karma, Obsidiana y Menonita cultivadas en tres fechas de siembra, 01, 15 y 31 de diciembre, durante los ciclos de cultivo otoño-invierno 2021/2022 y 2022/2023. Mediante el análisis estadístico se identificó que, en el primer ciclo con fecha de siembra del 01 de diciembre, la variedad de mayor rendimiento (5.58 t ha^{-1}) y peso de mil semillas (39.75 g) fue Obsidiana, la de ciclo tardío fue Chihuahua con 94.7 días a floración, en peso hectolítrico la variedad Menonita sobresalió con un valor de 49.41 kg hL^{-1} ; en la variable panículas ha^{-1} Karma fue superior (3,973,333) en la fecha de siembra del 31 de diciembre; las fechas de siembra fueron estadísticamente similares para la expresión de la variable panículas ha^{-1} . Para el segundo ciclo, la variedad Obsidiana destacó en rendimiento (6.85 t ha^{-1}) y peso de mil semillas (34.20 g) en las fechas de siembra del 15 y 01 de diciembre, respectivamente; la variedad Chihuahua obtuvo el mayor número de días a floración con 102.7 para la fecha de siembra del 15 de diciembre y Menonita fue la de mayor número de panículas ha^{-1} (3,535,000). A través de los ciclos de evaluación, la variedad Obsidiana fue consistente en rendimiento y peso de mil semillas; las fechas de siembra muestran promedios estadísticos iguales. Chihuahua es una variedad tardía, con la mejor fecha de siembra del 01 de diciembre, en la misma fecha, Menonita tiene el mayor peso hectolítrico y Karma el número de panículas ha^{-1} . La fecha del 15 de diciembre fue la mejor para la producción de semilla de avena con la variedad Obsidiana, en el ciclo O-I 2022/2023.

PALABRAS CLAVE: *Avena sativa* L.; componentes principales; interacción genotipo-ambiente.

PHYSICAL QUALITY AND YIELD IN OAT VARIETIES, AT DIFFERENT SOWING DATES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the physical quality of oat seeds in the Chihuahua, Karma, Obsidiana, and Menonita varieties grown on three planting dates, December 1, 15, and 31, during the 2021/2022 and 2022/2023 fall/winter growing seasons. Statistical analysis identified that, in the first cycle with a planting date of December 1, the variety with the highest yield (5.58 t ha^{-1}) and thousand-seed weight (39.75 g) was Obsidiana, while the late-cycle variety was Chihuahua with 94.7 days to flowering. in hectolitic weight, the Menonita variety stood out with a value of 49.41 kg hL^{-1} ; in the panicles ha^{-1} variable, Karma was superior (3,973,333) on the planting date of December 31; the planting dates were statistically similar for the expression of the panicles ha^{-1} variable. For the second cycle, the Obsidiana variety stood out in yield (6.85 t ha^{-1}) and thousand-seed weight (34.20 g) on the planting dates of December 15 and December 1, respectively; the Chihuahua variety had the highest number of days to flowering with 102.7 for the December 15 planting date, and Menonita had the highest number of panicles ha^{-1} (3,535,000). Throughout the evaluation cycles, the Obsidiana variety was consistent in yield and thousand-seed weight; the planting dates show equal statistical averages. Chihuahua is a late variety, with the best planting date of December 1. On the same date, Menonita has the highest hectoliter weight and Karma has the highest number of panicles ha^{-1} . December 15th was the best date for oat seed production with the Obsidian variety, in the 2022/2023 O-I cycle.

KEYWORDS: *Avena sativa* L.; main components; genotype-environment interaction.

1. INTRODUCCIÓN

La información sobre el cultivo de la avena antes del inicio de la Era Cristiana es escasa. Este grano no fue significativo en tiempos tan antiguos como el trigo y la cebada. Antes de que comenzara su cultivo, la avena crecía como una planta silvestre entre estos cereales. (Baum, 1977; López, 1991).

El género *Avena* cuenta con varias especies, las más importantes son avena blanca (*Avena sativa* L.), avena amarilla (*Avena bizantina* L.) y avena negra o brasilera (*Avena strigosa* Schreb), varios de los nuevos cultivares son productos de cruzamientos inter-específicos entre *A. sativa* y *A. bizantina* (Baum, 1977; Amosova, et al. 2024). La avena blanca ingresó a México en la década de los 60, introducida desde América del Norte y se encuentra difundida en toda América del Sur, es utilizada principalmente en alimentación animal en pastoreo, heno o ensilado, aunque su grano es apto para consumo humano (Villaseñor-Mir, et al. 2021).

La avena es uno de los cultivos forrajeros de mayor difusión en el país tanto por la superficie sembrada como por el amplio panorama varietal que ofrece. Esta gramínea produce forraje de buena calidad cuando otros cultivos forrajeros son escasos. En México la superficie sembrada con avena en riego y temporal (secano) para 2024 fue de 607,813 ha, de las cuales el 92.5 % se destinaron para forraje y 7.5 % para grano. Chihuahua es el estado con mayor superficie sembrada, sin embargo, Guanajuato reporta el mayor rendimiento de grano, con un promedio de 5.35 ton ha⁻¹ (SIAP, 2025).

Las variedades de avena generadas por el Programa de Mejoramiento Genético del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales (INIFAP) muestran adaptabilidad tanto en zonas altas, frías y lluviosas, como en ambientes semiáridos, en condiciones de temporal errático de baja precipitación, en suelo de baja fertilización, las nuevas variedades muestran buen rendimiento de forraje y grano, mayor resistencia al acame, precocidad, tolerancia a sequía y a enfermedades (Villaseñor-Mir, et al. 2021; Chávez-Solís, et al 2021). La siembra de avena es una alternativa cuando los cultivos de maíz, frijol, trigo o cebada se siniestran por sequía o por heladas. (Villaseñor-Mir, et al. 2023).

La avena es una excelente opción para la reconversión productiva de las tierras de baja productividad con aptitud pecuaria; sin embargo, una de las principales limitaciones en el desarrollo forrajero de México es la insuficiente producción de semilla de buena calidad para la siembra y la que se produce, tiene bajo porcentaje de germinación (latencia), con pobre vigor y baja uniformidad en la emergencia (Rivera-Reyes, et al. 2008). La época de siembra no solo define el rendimiento y aspectos

agronómicos del cultivo, también influye en la expresión de los atributos de calidad, física, fisiología y sanitaria, en un programa de producción de semilla, por lo que deberá seleccionarse cuidadosamente aquella que permita obtener los mejores rendimientos y calidad (Vinicius, 2000; Berti, 2003); sin embargo, no se cuenta con información suficiente sobre la delimitación de ambientes con características favorables para su producción. En base a lo expuesto, en la presente investigación se planteó como objetivo evaluar el rendimiento y la calidad física de semilla de avena (*Avena sativa* L.) de las variedades Chihuahua, Karma, Obsidiana y Menonita sometidas en tres fechas de siembra, durante el ciclo agrícolas Otoño/Invierno 2008/2009 y 2009/2010.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. EVALUACIÓN EN CAMPO

Se realizó en terrenos del Campo Experimental Bajío del INIFAP, ubicado en Celaya. Guanajuato, México. 20° 31' latitud Norte y 100° 48' longitud Oeste, a 1752 msnm (García, 1973; INAFED, 2025). La preparación del terreno fue mecánica, el surcado se realizó por el método de doble hilera, a una profundidad de 15 cm. El establecimiento de los ensayos fue en el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I) de los años 2021/2022 y 2022/2023 en las fechas de siembra del 1, 15 y 31 de diciembre, con una densidad de 90 kg de semilla ha⁻¹. La siembra y la fertilización se realizó de forma manual. La dosis de fertilización empleada fue 75-40-0, se aplicó todo el nitrógeno y el fósforo al momento de la siembra. El calendario de riegos fue completo 0 – 45 – 70 – 90 días, en el ciclo 2022-2023, se tuvo que dar un riego de auxilio a la primera y segunda fecha de siembra (Bobadilla, et al. 2013), la frecuencia de los riegos depende del clima. Las variedades evaluadas fueron Chihuahua, Karma, Obsidiana y Menonita.

El diseño experimental fue bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, con tres factores (fechas de siembra, variedades y ciclos de producción). La unidad experimental consto de tres surcos de 5 metros de largo con una separación de 75 cm. La siembra se realizó a doble hilera. Las variables evaluadas fueron días a floración, panículas por hectárea y rendimiento de semilla: El rendimiento se calculó mediante la sustitución de la siguiente fórmula: $P2 = [(100\% - CH1) / 87] P1$ donde P1= Peso de campo; P2= Peso ajustado al 13 % de humedad y CH1= Contenido de humedad de grano al momento de la cosecha.

2.2. EVALUACIÓN EN LABORATORIO

La evaluación de la calidad física se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas del Posgrado del Instituto Tecnológico de Roque, ubicado en Celaya, Guanajuato, México. Se determinó el peso hectolítrico o volumétrico con un determinador tipo Boerner, el valor se expresó en kg hL⁻¹ (Moreno, 1996). Para el peso de 1000 semillas, el conteo se realizó de manera manual y posteriormente se pesaron en una báscula electrónica (ISTA, 2022).

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de identificar diferencias entre los factores de variación se realizaron análisis individuales por ciclo agrícola, para posteriormente hacer un análisis de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas en tiempo y espacio. En todos los casos se empleó la metodología de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, $p \leq 0.05$). Con la finalidad de explorar la variación existente e identificar los factores de variación de mayor impacto, se realizaron análisis de componentes principales. Los datos se analizaron con el Software SAS/STAT®9.3.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS COMBINADO CICLOS O-I 2021/2022 Y 2022/2023

En el análisis de varianza (Cuadro 1) se observa diferencia significativa ($p \leq 0.01$) en las fechas de siembra (FS), para las variables días a floración y peso hectolítrico; es decir; la expresión de estas variables es influenciada por el ambiente. Las variedades (V) fueron el componente tecnológico que mayor influencia tuvo en la respuesta diferencial en todas las variables ($p \leq 0.01$); mientras que, los años (A) permitieron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) en el rendimiento, días a floración y peso de mil semillas; sin embargo, se observa mayor varianza en comparación con las variedades. La interacción años por fecha de siembra (A*FS) permitió diferencias importantes ($p \leq 0.01$) en las variables rendimiento ($p \leq 0.01$), floración ($p \leq 0.01$) y peso de mil semillas ($p \leq 0.05$); en la interacción años por variedad (A*V) se detectaron diferencias ($p \leq 0.01$) en peso hectolítrico. Los coeficientes de variación (C.V. %) fueron bajos en todas las variables.

Cuadro 1. Análisis de varianza del diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas en espacio y tiempo, para datos de producción de semilla de avena, en Celaya Guanajuato. O-I, 2021/2022 y 2022/2023.

Fuentes de Variación	GL	Rendimiento	Floración	Peso Mil Semillas	Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)	Panículas ha ⁻¹
F e c h a s Siembra (FS)	2	1.840	110.166**	15.315	75.316**	38718023611
Bloques (B)	3	0.824	0.527	18.459	1.066	138726511389
Error a	6	0.506	2.944	15.420	1.638	260932963796
Variedades (V)	3	5.211**	1231.194**	44.409**	135.809**	2.5646004 E12**
FS , V	6	0.542	4.277	11.467	2.349	608475307778*
Error b	27	0.325	2.092	5.798	2.209	194953324866
Años (A)	1	5.606**	2480.666**	575.995**	39.180	738504517500
Error c	3	0.062	1.527	9.178	6.407	122859684167
A , FS	2	20.511**	157.291**	0.396*	2.554	728884858611
Error d	6	0.682	2.069	20.652	0.622	293321846574
A , V	3	0.027	1.750	8.747	11.776**	372555947500
A , FS , V	6	1.924**	9.708**	18.410	9.216**	152553176667
Error e	27	0.535	2.009	8.086	1.860	179227412088
C.V. (FS, %)		5.3	2.1	0	2.3	1.1
C.V. (V, %)		8.7	8.2	4.0	5.4	10.7
C.V. (A, %)		7.6	8.2	10.2	2.0	4.0

3.2. PRUEBA DE MEDIAS CICLOS O-I, 2021/22 Y 2022/23

Entre la comparación de medias entre fechas de siembra, realizada con LSD ($p \leq 0.05$), se corroboró Cuadro 2) que para la variable floración, existieron diferencias estadísticas significativas, donde la fecha del 01 de diciembre mostró el ciclo más largo con aproximadamente 89 días, en este sentido Espitia *et al.* (2007), mencionan que el ciclo de cultivo es influenciado por el ambiente, causando mayor efecto la temperatura, cantidad y distribución de lluvia. La variable peso hectolítrico expresó el mayor promedio en la fecha 01 de diciembre con 45.1 kg hL⁻¹. En la expresión de las variables de rendimiento, peso de mil semillas y panículas ha⁻¹ se corrobora que no existieron diferencias estadísticas considerables entre las tres fechas de siembra. Con la fecha del 31 de diciembre se logró

una precocidad de 4 días aproximadamente en floración y un rendimiento superior de hasta 0.4 t ha⁻¹ comparando con la fecha del 1 de diciembre, en contraste, la densidad de la semilla (peso hectolítrico) bajo 3 kg hL⁻¹ en la fecha del 31 de diciembre.

Cuadro 2. Prueba de medias de rendimiento, días a floración, peso de mil semillas, peso hectolítrico y panículas ha⁻¹, en Celaya Guanajuato, en tres fechas de siembra.

Fecha de siembra	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Floración (días)	Peso Mil Semillas (g)	Peso Hectolítrico (kg hL ⁻¹)	Panículas ha ⁻¹
15 diciembre	4.643 a	87.6 b	33.0 a	42.9 b	2993333 a
31 diciembre	4.619 a	85.1 c	34.2 a	42.1 c	3037917 a
01 diciembre	4.216 a	88.7 a	34.1 a	45.1 a	3061875 a
DMS (p ≤ 0.05)	0.435	1.0	2.4	0.7	312480

En lo que concierne a las variedades (Cuadro 3), Chihuahua fue la variedad tardía con 98 días a floración y un rendimiento intermedio (4.397 t ha⁻¹) junto con Karma (4.521 t ha⁻¹). No obstante, al ser Menonita la variedad precoz con aproximadamente 81 días, fue la variedad que mostró un mayor peso hectolítrico (45.3 kg hL⁻¹), mayor número de panículas ha⁻¹ con 3'235,556 al igual que Karma 3'338,889. La variedad de mayor rendimiento fue Obsidiana con 5.092 t ha⁻¹, presentó un mayor índice de eficiencia en términos de rendimiento acumulado por el número de días a floración (0.059 t ha⁻¹ día⁻¹) en comparación con Menonita (0.048 ton ha⁻¹ día⁻¹); estos resultados coinciden con los reportado por Espitia *et al.* (2007), quien evaluó la variedad Obsidiana en diferentes ambientes bajo condiciones de temporal, obteniendo un rendimiento de 3.0 t ha⁻¹ en ambientes favorables. Con solo cambiar la variedad se puede obtener un mayor rendimiento de semilla soportado por un mayor número de panículas por hectárea.

Por otro lado, la producción de semilla bajo las condiciones ambientales de baja humedad relativa como las que prevalecen en el ciclo O-I en el Bajío Guanajuatense, repercute en una mejor rentabilidad y un menor riesgo climático en la producción, debido a la mayor precocidad e incluso un ahorro en la lámina de riego; lo cual habla sobre una excelente ventaja competitiva desde varios puntos de vista: productivo, económico, genético y ecológico. Además de evitar la alta incidencia de enfermedades, principalmente royas (Bobadilla, 2013).

Cuadro 3. Prueba de medias de rendimiento, días a floración, peso de mil semillas, peso hectolítrico y panículas ha⁻¹ en cuatro variedades de avena. Celaya Guanajuato, México.

Variedades	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Floración (días)	Peso Mil Semillas (g)	Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)	Panículas ha ⁻¹
Obsidiana	5.092 a	85.8 b	35.8 a	44.8 a	2937222 b
Karma	4.521 b	83.9 c	33.0 b	43.3 b	3338889 a
Chihuahua	4.397 b	97.5 a	33.4 b	40.0 c	2612500 c
Menonita	3.961 c	81.3 d	32.9 b	45.3 a	3235556 a
DMS (p ≤ 0.05)	0.337	0.8	1.4	0.8	261527

Salmerón et al. (2003) analizaron el contenido de proteína en la etapa de madurez fisiológica y determinaron que Obsidiana contiene 11.8% al igual que las variedades Chihuahua y Karma; mientras que la variedad Menonita contiene 16.46% de proteína en el grano; sin embargo, por su mayor rendimiento Obsidiana es la variedad con mayor contenido de proteína.

3.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

3.3.1. Interacción fechas de siembra por variedad (FS*V)

En el Cuadro 4, se muestran los vectores característicos del análisis de componentes principales realizado con las tres fechas de siembra y las variedades, donde se observa que los componentes principales, CP1 y CP2, explican el 69.25% del total de la varianza explicada en las tres fechas de siembra y las cuatro variedades, el CP3 explica solo el 14.34% de la varianza total de los experimentos y variables. Las variables floración y panículas ha⁻¹, son las más importantes en el CP1; para el CP2 son rendimiento y peso hectolítrico.

Cuadro 4. Vectores y proporciones de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de cuatro variedades y tres fechas de siembra.

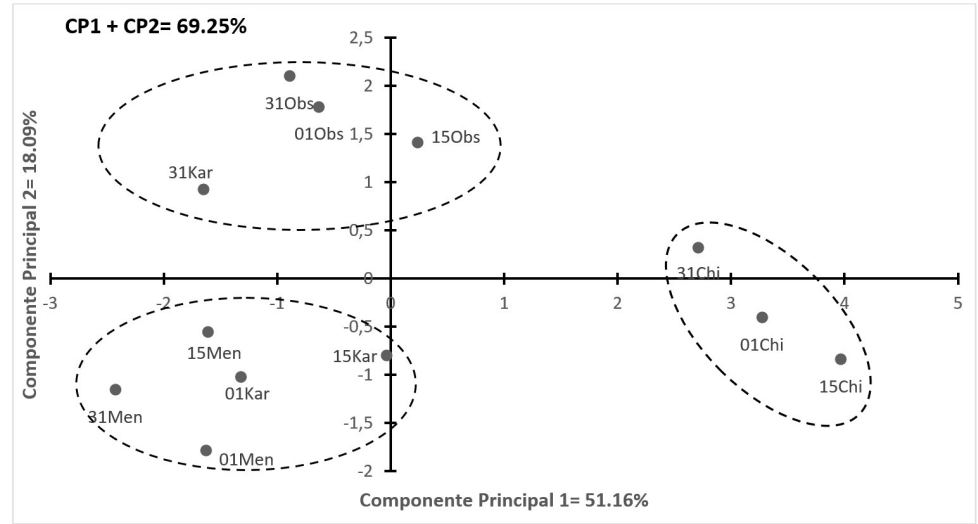
Variables	CP1	CP2	CP3
Rendimiento	0.058626	0.685192	0.086437
Floración	0.452174	0.006098	-0.100348
Peso de mil semillas	-0.057069	0.662722	-0.177700
Peso hectolítrico	-0.341549	-0.033516	-0.440826
Panículas ha ⁻¹	-0.354310	-0.162271	0.111266
Valor característico	4.603	1.628	1.290
Porcentaje de varianza explicado	51.16	18.09	14.34

La figura 1, muestra la dispersión de puntos correspondiente a las fechas de siembra y las variedades. Sobresale la formación de cuatro grupos diferentes de comportamiento, ubicado en los cuadrantes I y IV, su principal característica es que todos los genotipos corresponden a la variedad Chihuahua y por ende enfoca las tres fechas de siembra. Lo que muestra que en las tres fechas de siembra Chihuahua presentó el mayor número de días a floración y menor número de panículas ha^{-1} , con base en su dispersión a través del CP1.

Otro grupo de grandes dimensiones se encuentra en el cuadrante III, en él se agrupan las tres fechas de siembra de la variedad Menonita y una fecha de siembra de la variedad Karma; nos dice que estos genotipos mostraron un promedio alto en las variables de peso hectolítrico y panículas ha^{-1} .

El último gran grupo que arrojó el análisis se distribuye a través de ambos componentes y muestra que la variedad Obsidiana presentó buenos promedios en rendimiento, peso de mil semillas y floración en las tres fechas de siembra. Además, de la fecha de siembra del 31 de diciembre para la variedad Karma arrojó los mismos resultados en rendimiento.

Figura 1. Componentes principales por fechas de siembra y variedad en avena durante los ciclos otoño-invierno de los años 2021/2022 y 2022/2023. Celaya, Guanajuato, México.



3.3.2. Interacción años por variedad (A*V)

En el Cuadro 5, se muestran los vectores característicos del análisis de componentes principales realizado por ciclo de cultivo y variedad evaluada, donde se observa que los componentes principales, CP1 y CP2, explican el 82.96% del total

de la varianza en los dos años y las cuatro variedades, el CP3 explica solo el 11.76% de la varianza total de los experimentos y variables. Las variables floración y peso hectolítrico son las más importantes en el CP1; siendo para el CP2 la variable peso de mil semillas.

Cuadro 5. Vectores y proporciones de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de cuatro variedades en dos años.

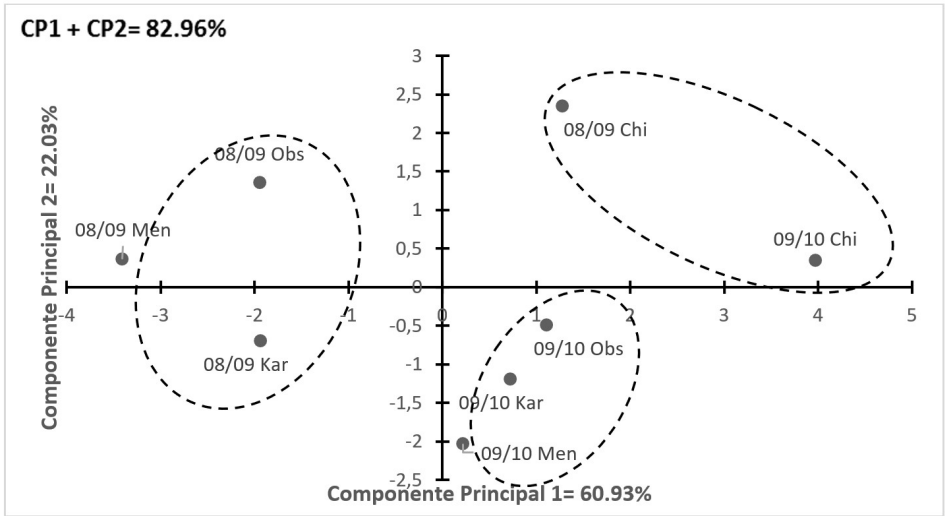
Variables	CP1	CP2	CP3
Rendimiento	0.163695	-0.039228	0.892732
Floración	0.422299	0.073905	-0.022073
Peso de mil semillas	-0.260543	0.502409	0.254351
Peso hectolítrico	-0.362770	-0.142371	0.254929
Panículas ha ⁻¹	-0.154371	-0.637435	0.028933
Valor característico	5.483	1.982	1.058
Porcentaje de varianza explicado	60.93	22.03	11.76

Se observa en la figura 2, la formación de tres agrupamientos con diferente comportamiento. El primero conformado por la variedad Chihuahua, por su ubicación en el cuadrante I, fue en ambos ciclos de cultivo, la más tardía, por su dispersión a través del CP1, además presentó el menor peso hectolítrico en el ciclo 2022/2023.

Ubicados en el cuadrante IV están el ciclo 2022/2023 de las variedades Obsidiana, Karma y Menonita, lo que mostró que estos genotipos se expresaron mejor en ese ciclo para las variables de rendimiento, peso hectolítrico y panículas ha⁻¹. En cuanto al ciclo 2021/2022 se observan a los mismos genotipos en el cuadrante II y III, es la variedad Obsidiana la de mayor rendimiento. No obstante, Menonita presentó mejor valor en cuanto a peso de mil semillas, peso hectolítrico y panículas ha⁻¹.

El ciclo 2022/2023 presentó condiciones ambientales favorables, se obtuvo un mayor número de días a floración y de panículas ha⁻¹, lo que permitió un rendimiento superior en comparación con el con el ciclo O-I 2021/2022.

Figura 2. Componentes principales por ciclo y variedades de avena en Celaya, Guanajuato, México.



3.3.3. Variedades

En el Cuadro 6, se muestran los vectores característicos del análisis de componentes principales de las variedades, donde se observa que los componentes principales, CP1 y CP2, explican el 90.89% del total de la varianza explicada en las cuatro variedades, el CP3 explica solo el 11.76% de la varianza total de los experimentos y variables. Las variables de floración, peso hectolítrico y panículas ha⁻¹, son las más importantes en el CP1; siendo para el CP2 la variable rendimiento y peso de mil semillas.

Cuadro 6. Vectores y proporciones de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de cuatro variedades.

Variables	CP1	CP2	CP3
Rendimiento	0.017933	0.658604	-0.100321
Floración	0.408847	0.046452	-0.105906
Peso de mil semillas	0.002701	0.611972	0.420961
Peso hectolítrico	-0.374656	0.080478	0.438035
Panículas ha ⁻¹	-0.382419	-0.159273	0.028933
Valor característico	5.897	2.282	1.058
Porcentaje de varianza explicado	65.53	25.36	11.76

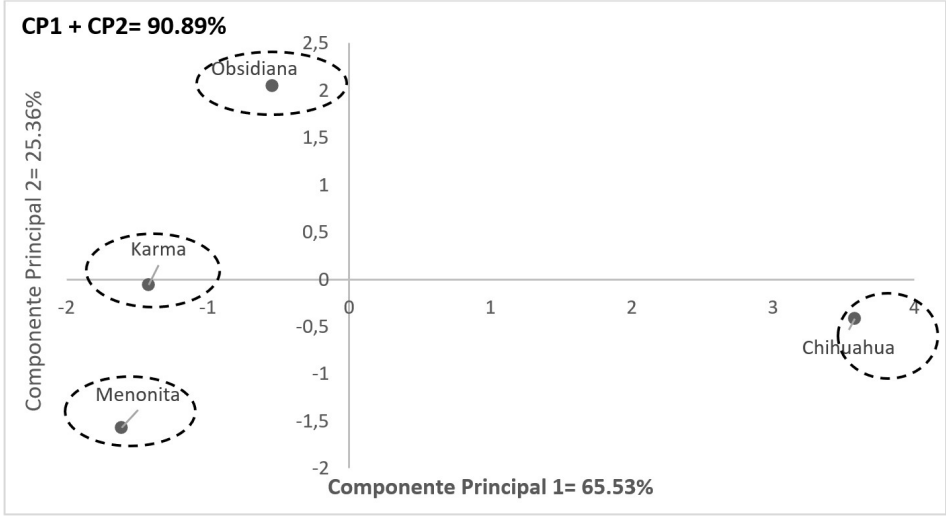
En la figura 3, se observa la dispersión en el comportamiento de las cuatro variedades, las cuales presentaron un comportamiento muy diferente entre ellas.

El genotipo Chihuahua, ubicado en el cuadrante IV y CP1, arrojó los más altos promedios en el número de días a floración, el menor peso hectolítrico y menor número de panículas ha⁻¹, además del menor rendimiento, superando por poco a la variedad

Menonita. La variedad Obsidiana, se clasificó como una variedad de ciclo intermedio, presentó el mayor rendimiento, entre las variedades evaluadas, además del mayor peso de mil semillas y un aceptable peso hectolítrico.

Las variedades Karma y Menonita, ubicadas en el cuadrante III, arrojaron altos promedios de las variables de panículas ha⁻¹ y mayor precocidad, al compararlas con Obsidiana y Chihuahua.

Figura 3. Componentes principales de las variedades (V) en avena durante los ciclos O-I de los años 2021/2022 y 2022/2023. Celaya, Guanajuato, México.



4. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales prevalecientes en la fecha de siembra del 15 de diciembre favorecieron la producción de semilla de avena en los dos años de evaluación. La variedad Obsidiana expreso su potencial productivo y calidad de semilla, por lo que fue el mejor genotipo, es una opción para la producción de semilla de avena para el Bajío, mexicano. En el ciclo O-I 2022/2023 fue en promedio el de mayor productividad, los genotipos expresaron sus atributos genéticos y fisiológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amosova, A. V., Gnutikov, A. A., Rodionov A. V., Loskutov, I. G., Nosov, N. N., Yurkevich, O. Y., Samatadze, T. E., Zoshchuk S. A. y Muravenko, O. V. 2024. Genome variability in artificial allopolyploid hybrids of *Avena sativa* L. and *Avena macrostachya* Balansa ex Coss. et Durieu Based on marker sequences of satellite DNA and the ITS1-5.8S rDNA región. International Journal of Molecular Sciences. 25:3-18. <https://doi.org/10.3390/ijms25105534>

Baum, B.R.,1977. Avena: Silvestre y Cultivada. Monografía del Género Avena L. (Poaceae). Departamento de Agricultura Canadá; Ottawa, ON, Canadá. ISBN: 0-660-00513-1. Número de registro CABI: 19781665450

Berti, D. M., R. Wilckens E., F. Hevia H. y A. Montecinos LI. 2003. Influencia de la fecha de siembra y de la procedencia de la semilla en el rendimiento de capítulos de *Calendula officinalis* L., durante dos temporadas en Chillán. Agricultura Técnica. 63(1):3-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000100001>

Bobadilla, M. M., Gámez, V. A. J., Ávila, P. M. A, García, R. J. J., Espitia, R. E., Moran, V. N. y Covarrubias, Prieto. J. 2013. Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(7):973-985.

Chávez-Solís, A. U.; Solís-Moya, E.; Grageda-Cabrera, O. A.; Ramírez, R. A. y Jerónimo-Arriaga M. 2021. Evaluación agronómica de líneas de avena en el Bajío, México. Ciencia y Tecnología. Agropecuaria México. 9(2):1-7.

Espitia R., E., H. E. Villaseñor M., J. Huerta E., J. J. Salmerón Z., R. M. González I. y L. Osorio A. 2007. Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. Agricultura Técnica en México. 33(1):95-98.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México. Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.

INAFED, 2025. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/> (Consultado el 27/01/2025).

ISTA. International Seed Testing Association. 2025. Chapter 10: Thousand-seed weight determination. International rules for seed testing. Switzerland.

López, B. L. 1991. Cultivos herbáceos. Cereales. Vol. I. Madrid, España. Editorial, Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 282-288.

Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición. Universidad Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México, D.F. 393 p.

Rivera-Reyes, J.G., Cortez-Baheza E., Peraza-Luna, F.A., Serratos-Arévalo, J.C., Posos-Ponce, P., Guevara-González, Torres-Pacheco, I. and Guzman-Maldonado, S.H. 2008. Agronomic traits associated to yield and quality in oat seeds. Asian Journal of Plant Sciences 7 (8): 767-770.

Salmerón Z., J.J., F.J. Meda G. y J. R. Barcena G. 2003. Variedades de avena y calidad nutricional del forraje. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua. Folleto Técnico No 17. Chihuahua, México. 43 p.

SAS. Statistical Analysis System. 2024. Software Release V 9.3. SAS/STAT®9.3. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA.

SIAP. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola. Cierre de la producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/. Consultado el 01 de febrero de 2026.

Villaseñor-Mir, H. E., Huerta-Espino, J., Rodríguez-García, M. F., Santa-Rosa, R. H., Espitia-Rangel, E. y Martínez-Cruz, E. 2021. Mejoramiento genético de avena en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial No. 25: 21-25.

Villaseñor-Mir, H. E., Hortelano-Santa Rosa, R., Huerta-Espino, J., Martínez-Cruz, E., Espitia-Rangel, E. y Osorio-Alcalá, L. 2023. Rubí: nueva variedad de avena para siembras de temporal en México. Revista Fitotecnía Mexicana. 46 (3):335-338.

Vinicius B., A., A. S. Do Rego B., C. Ahrens D. y D. M. C. Leme L. 2000. Avaliação de testes de vigor para sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.). Revista Brasileira de Sementes. 22(1):163-168.

CAPÍTULO 8

ZONIFICACIÓN DEL SISTEMA AGROSILVOPASTORIL DE LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO DE RIEGO CARRIZAL-CHONE, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR

Data de submissão: 18/02/2026

Data de aceite: 05/03/2026

Lizardo Reina Castro

Ing. Agric., Mg. Scie. Ph.D.

Profesor de la Carrera de Ingeniería Agrícola
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria
de Manabí - ESPAM MFL

Manabí, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2040-7508>

Alberto Julca-Otiniano

Ing. Agron., Mg. Scie. Ph.D.

Profesor de la Facultad de Agronomía
Dpto. Fitotecnia

Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-3433-9032>

Manuel Canto Sáenz

Ing. Agron., Mg. Scie., Ph.D.

Profesor de la Facultad de Agronomía
Dpto. Fitotecnia

Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-4717-6738>

Hugo Soplin Villacorta

Ing. Agron., Mg. Scie., Ph.D. Profesor de la
Facultad de Agronomía.

Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima, Perú

<https://orcid.org/0000-0002-4231-2710>

RESUMEN: El objetivo principal del presente trabajo fue zonificar el área destinada al sistema agro-silvopastoril del proyecto de riego Carrizal-Chone primera etapa. Se utilizó una metodología recomendada por la FAO, Desarrollo de Tecnología Participativa (DTP). La Zonificación del sistema agrosilvopastoril, se realizó a partir de un Sistema de Información Geográfica base, obtenidos en el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM), se adquirió una imagen satelital (ALOS) de 10 metros de resolución. Una vez analizada y procesada la información se generaron los mapas de cobertura y uso del suelo a través de una clasificación supervisada; se calculó la pendiente a partir Modelos Digitales de Terreno SRTM, adicionalmente se incorporó la ubicación de las tomas de agua de la primera etapa del sistema de riego. Los resultados mostraron que en la zona de estudio existen 1 413 ha que tienen una pendiente que va de 6% a 11% destinadas a sistemas agro-silvopastoriles. Actualmente el sistema de riego se encuentra subutilizado, regando tan sólo 2 574,35 ha de las 7 250 ha que se programó irrigar en su primera etapa.

PALABRAS CLAVES: SIG; imagen; modelos digitales; tecnología apropiada y mapas.

**AGROSILVOPASTORAL ZONING SYSTEM
OF THE FIRST STAGE OF PROJECT
CARRIZAL-CHONE IRRIGATION, MANABI
PROVINCE, ECUADOR**

ABSTRACT: The aim of this work was rezoned the area of agrosilvopastoral systems of the

irrigation project Carrizal-Chone in its first stage. Recommended by FAO, Participatory Technology Development (PTD) methodology was used. GIS-based mapping tools was used for zoning agroforestry system. The base maps were obtained in Ecuador Military Geographic Institute and satellite image (ALOS) of 10 meter resolution was acquired. Once analyzed and processed information land cover and land use maps were obtained through a supervised classification; the slope was calculated from SRTM Digital Terrain Models, additionally the location of the water intakes of the first stage of the irrigation system was incorporated. The results showed that in the study area there are 1 413 ha have a slope ranging from 6% to 11% aimed at agrosilvopastoral systems. Currently the system is underutilized, watering only 2 574.35 ha of 7 250 has to be programmed irrigation in its first stage.

KEYWORDS: GIS; image; digital models; appropriate technology and maps.

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Manabí, en la República del Ecuador, ha mantenido una posición importante dentro de la economía nacional, al constituir el centro de producción de café, cacao y plátano para exportación, y de maíz, yuca, algodón, frutas y hortalizas para el consumo interno y según INEC (2013), fue la provincia de mayor superficie agrícola del país, con 1 171 273 hectáreas (15,99 %).

La represa la Esperanza, constituye uno de los principales proyecto hídricos de la provincia de Manabí del Ecuador, el área de la cuenca es 445 km² y su capacidad es de 450 millones de metros cúbicos de agua y es utilizada para consumo humano y riego para la agricultura. Se ubicada en la Parroquia de Quiroga aproximadamente a 12 kilómetros de Calceta, las aguas del embalse abastecen a cuatro cantones: Tosagua, Chone, Junín y Bolívar, la población de estos cantones es aproximadamente de 236 474 habitantes, cifra que constituye el 16 % de la población total de la provincia de Manabí (INEC, 2014).

Según la FAO (2002), el objetivo de la modernización de las instituciones de riego no es solo mejorar el manejo del agua en la agricultura sino también promover el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos, lo cual toma en consideración la sostenibilidad social, económica y ambiental de todo el manejo de los recursos hídricos.

Mendoza (2011), señala que la cuenca alta del río Carrizal, en el área de influencia del embalse la Esperanza, se encuentra altamente deteriorada. Projetec (2008) reporta que el 50 % de las tierras del proyecto está dedicada a la actividad pecuaria con predominancia del pastoreo natural. El sistema agro-silvopastoril actual de la zona de estudio corresponde a un sistema convencional, en la que se incluyen el pasto natural, artificial, cultivos agrícolas y forestales, que no responden a un sistema técnicamente recomendados. También se desarrollan actividades de producción agrícola como banano, cacao, café, cítricos, plátano y teca.

Nahed (2008), indica que, un sistema agrosilvopastoril es sustentable si es capaz de reproducirse a sí mismo por tiempo razonable y si puede cambiar oportunamente, cuando las condiciones así lo exigen, para seguir funcionando en el largo plazo. Para que esto ocurra, los recursos y procesos ecológicos y sociales que lo hacen funcionar deben ser capaces de reproducirse, y por lo tanto de autorregularse, de coordinarse para ser compatibles, de amortiguar oportunamente las perturbaciones coyunturales adversas, de reorganizarse y de adaptarse cuando se presentan cambios estructurales internos y externos.

Según Odebrecht (2004) y Projetec (2008) unos de los principales problemas que se observa en la primera etapa del proyecto de riego carrizal-Chone, es la subutilización del sistema de riego (36%), escasa tecnologías de producción y conservación de los recursos, una débil organización comunitaria, desforestación agresiva de sus bosques, quema indiscriminada de residuos, contaminación de sus agua, degradación de los suelos y el aumento de sedimentos al embalse (Mendoza, 2011).

Merma (2011) expresa que, la zonificación es una actividad preliminar necesaria en el análisis de sistemas. Tiene como objetivo individualizar contrastes y potencialidades agroecológicas y socioeconómicas dentro de una región.

El sistema agro-silvopastoril a través de las últimas décadas ha sido una de las alternativas más importantes que han implementado los grandes, medianos y pequeños productores pecuarios del país con muy buenos resultados, el establecimiento de estos sistemas implica el mejoramiento de pastos, bancos de proteína y cercas vivas (AMUR, 2011).

Cuando los pastizales convencionales son transformados en sistemas agrosilvopastoriles dentro de un manejo integrado del paisaje, es posible lograr cambios en la calidad del agua, al cambiar métodos de producción ganadera convencional hacia usos de la tierra y sistemas de producción ganadera amigables con el ambiente. (CATIE, 2008)

Nahed (2008), indica que, un sistema agrosilvopastoril es sustentable si es capaz de reproducirse a sí mismo por tiempo razonable y si puede cambiar oportunamente, cuando las condiciones así lo exigen, para seguir funcionando en el largo plazo. Para que esto ocurra, los recursos y procesos ecológicos y sociales que lo hacen funcionar deben ser capaces de reproducirse, y por lo tanto de autorregularse, de coordinarse para ser compatibles, de amortiguar oportunamente las perturbaciones coyunturales adversas, de reorganizarse y de adaptarse cuando se presentan cambios estructurales internos y externos.

Según Odebrecht (2004) y Projetec (2008) unos de los principales problemas que se observa en la primera etapa del proyecto de riego carrizal-Chone, es la subutilización

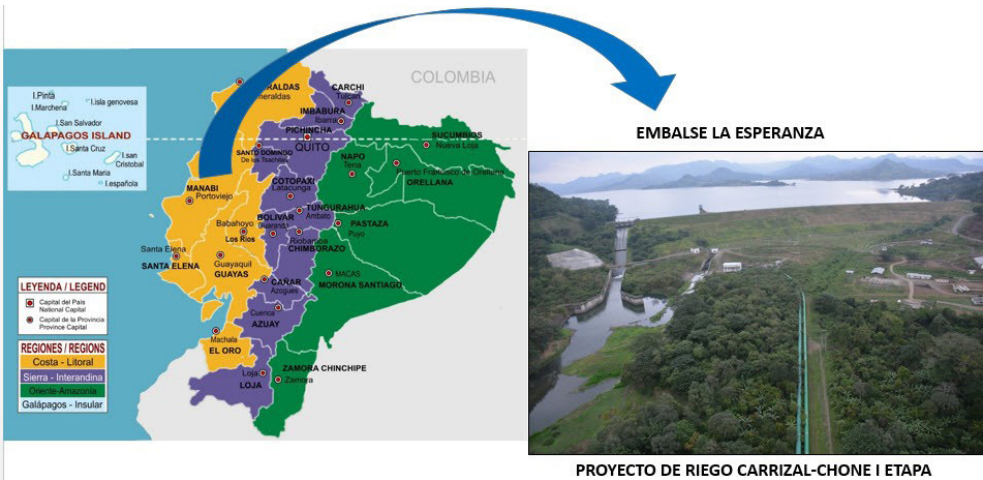
del sistema de riego (36%), escasa tecnologías de producción y conservación de los recursos, una débil organización comunitaria, desforestación agresiva de sus bosques, quema indiscriminada de residuos, contaminación de sus agua, degradación de los suelos y el aumento de sedimentos al embalse (Mendoza, 2011).

El presente estudio se inició a partir de un Sistema de Información Geográfica base, obtenidos en el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM), que incluyó, límites geográficos, poblaciones, topografía, zonas climáticas, cuencas hidrográficas, entre otras variables, obtenidas en las pagina web del Sistema Nacional de Información del Ecuador; además una imagen satelital ALOS de 10 metros de resolución con tipo de procesamiento L1 y tuvo como objetivo principal zonificar el área potencial para el establecimiento del sistema agro-silvopastoril en la primera etapa del proyecto de riego Carrizal-Chone del embalse La Esperanza de la provincia de Manabí, Ecuador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las zonas de influencia del embalse La Esperanza, que está ubicado en la parte central de la Provincia de Manabí, República del Ecuador, que corresponde el área de la primera etapa del Proyecto de riego Carrizal-Chone, que está ubicado, entre las coordenadas 9914673 N, 9899560 S, 603946 E y 583965 O, con proyección PSA56 (García y Mejía, 2012), siendo el área de influencia del orden de 7 250 hectáreas que se abastece desde el embalse La Esperanza (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de la zona del proyecto.



Datos Meteorológicos del Proyecto Carrizal-Chone. Según TAMS-PBI-PLATEC (1997), señalan que los datos meteorológicos de la estación la Estancilla de la parroquia Ángel Pedro Giler, son los siguientes:

Temperatura media Anual:	25.8 0 c
Precipitación media Anual:	842.5 mm
Humedad relativa media Anual:	77.3 %
Evaporación media Anual:	1477.7 mm
Heliofania media Anual:	1049.6 horas
Nubosidad media:	5.8 octavos
Velocidad media del viento:	1.9 m /s

Para la obtención de la información se aplicó la metodología recomendada por la FAO que consistió en “Desarrollo de tecnología participativa” (DTP), que permitió la participación interactiva con los involucrados directos en la investigación. La zonificación del sistema agro-silvopastoril de la primera etapa del proyecto de riego Carrizal-Chone del embalse La Esperanza, se realizó con los pobladores de las comunidades como: Quiroga, Barranco Colorado, Sarampión, Mata Palo, Guabal, Paraíso, San Rafael, Gallinaza, El Limón, El Corozo, Las Delicias, Mira Flores, Arrastradero, Caimito, Palizada, entre otros, que se benefician del agua para consumo humano y agricultura del embalse La Esperanza. Se aplicó el Sistema de Información Geográfica a través del programa QGis y en forma participativa(SIGP), que es una herramienta multidisciplinaria que integra conocimientos de expertos externos y locales, desarrollando un alto nivel de participación de los interesados en el proceso de aprendizaje espacial, toma de decisiones y acción. Generalmente dirigido a desarrollar la capacidad de poder de la comunidad, a través del uso integrado de SIG y de tecnologías de información geográfica, en forma amigable y de acuerdo a los requerimientos locales.

Se utilizó mapa base (cartografía oficial), obtenidos en el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM) del área de influencia, igualmente de se adquirió imágenes satelitales (ALOS) geo-referenciadas de 10 metros de resolución, en la que se utilizó el programa Grass Gis.

Se inició con la georeferenciación, que consiste en asignar coordenadas cartográficas a la imagen, utilizando puntos de control a través de un GPS (Garmin 60CX), que permite una promediación de coordenadas para disminuir el error de la toma de puntos, cuya posición se conoce tanto en la imagen como el sistema de coordenadas utilizadas, aspecto fundamental en el análisis de datos geoespaciales, es la correcta localización de

la información del mapa para facilitar comparación con datos procedentes de diferentes sensores en diferentes localizaciones espaciales y temporales.

Se generaron los mapas de cobertura y uso del suelo a través de una clasificación supervisada, se calculó la pendiente a partir Modelos Digitales de Terreno SRTM. Previo a la clasificación se aplicó un realce radiométrico a la imagen, ajustando el histograma de forma lineal para mejorar la visualización. Las áreas de entrenamiento para la clasificación fueron obtenidas en campo y a través de la digitalización de polígonos sobre imágenes aéreas de zonas conocidas. Se utilizaron las 4 bandas de la imagen que incluye el canal infrarrojo cercano que permite una mejor diferenciación de la vegetación. Con las zonas de entrenamiento digitalizadas se utilizó el clasificador de máxima probabilidad para asignar los píxeles a la clase de cobertura más probable. Finalmente se aplicó un filtro de media para eliminar píxeles aislados. A partir del mapa de cobertura en combinación con información topográfica, climática y conocimiento de la zona se asignaron los tipos de uso del suelo.

Una vez obtenidos los mapas de uso y cobertura del suelo y de pendiente, los suelos se clasificaron utilizando criterios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de Colombia, adaptado a la clasificación inicial de Klingebiel y Montgomery (UNAD, 2015), y la caracterización propuesta por (Hetz et al. 2003) que determinan criterios de suelos mecanizables con relación al porcentaje de pendiente, que señalan la reducción del uso de tractores agrícolas de ruedas a medida que aumenta la pendiente.

Además, se realizó un mapa de zonificación de las áreas potenciales para el sistema agro-silvopastoril y su ubicación en los ámbitos geográficos de las áreas productivas de la zona de influencia. Finalmente, se incorporó un mapa de la ubicación de las tomas de agua de la primera etapa del sistema de riego. La información generada se validó con información obtenida en SENAGUA, Empresa Carrizal Chone, Alcaldías y el H. Consejo Provincial de Manabí (CPM, 2013).

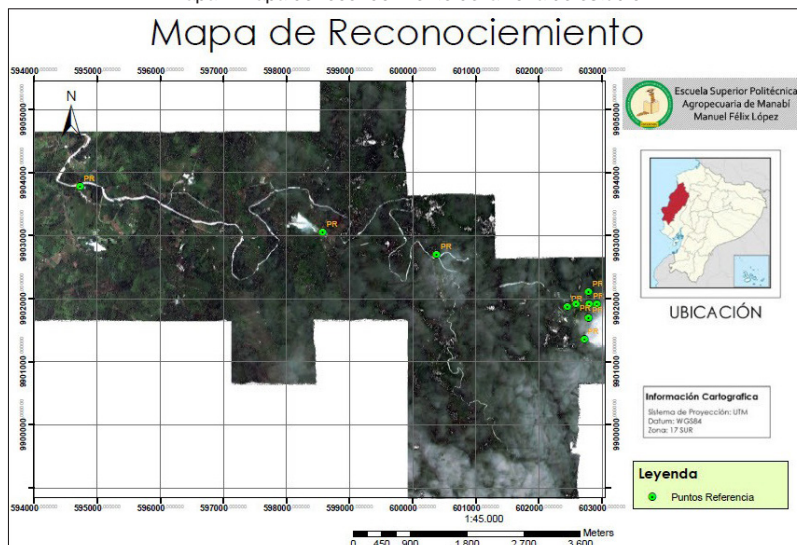
Para el trabajo de campo, se contó con el apoyo de un grupo seleccionado de estudiantes de las Facultades de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) y de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL).

3. RESULTADOS

3.1. MAPA DE RECONOCIMIENTO

Con la imagen satelital ALOS georeferenciada y seleccionadas las zonas para la toma de puntos en forma participativa, se generó un mapa de reconocimiento (Figura 3) y se confirmó en el campo su correcta georeferenciación.

Mapa 1. Mapa de reconocimiento de la zona de estudio.

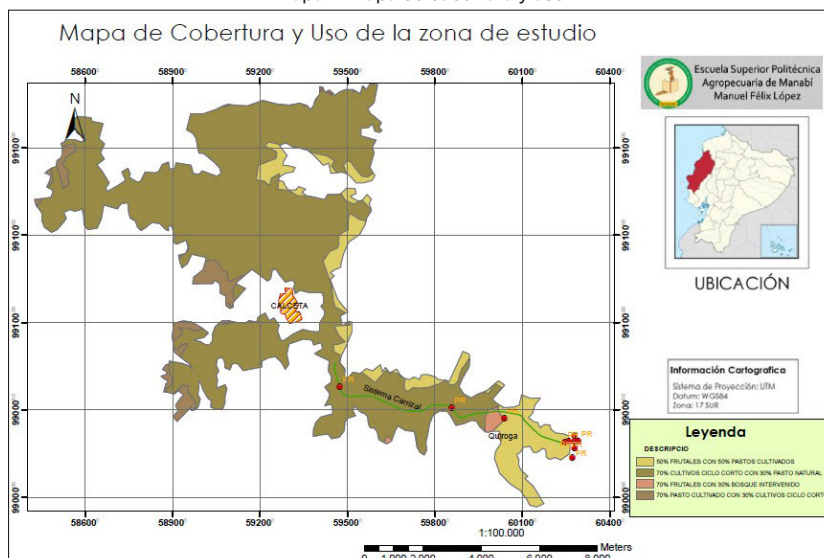


Fuente: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "ESPM", 2013.

3.2. MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema y su conocimiento es indispensable para definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas. Para el presente trabajo a través del método de Clasificación Supervisada se generó un mapa de cobertura y uso del suelo (Mapa 2).

Mapa 2. Mapa de cubertura y uso.

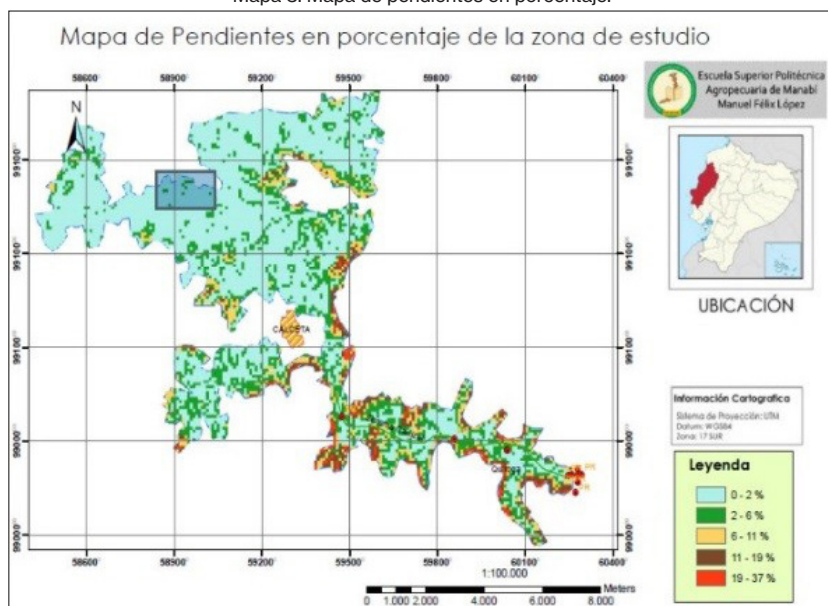


Fuente: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "ESPM", 2013.

3.3. MAPA DE PENDIENTES EN PORCENTAJE

En el Mapa 3 se puede observar la pendiente en porcentaje, que es una forma de medir el grado de inclinación del terreno y se determinan rangos que van de 0 hasta mayor al 37 por ciento de pendiente. Se advierte las formas de relieve y además limita el uso del suelo debido sus efectos en la erosión y en las técnicas de cultivo (López, 1979). Los estudios de relieve principalmente de pendientes, representan una necesidad fundamental para la adecuación del uso del suelo y sus planes de desarrollo de una Región (Quero, 1980).

Mapa 3. Mapa de pendientes en porcentaje.



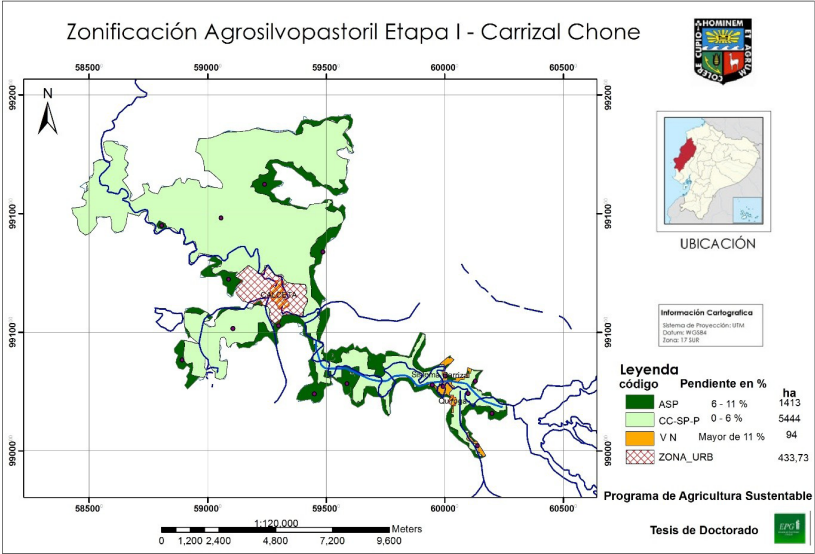
Fuente: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "ESPM", 2013.

3.4. MAPA DE LAS ZONAS DESTINADAS A LOS SISTEMAS AGRO-SILVOPASTORILES

El mapa generado para las zonas destinadas a los sistemas agro-silvopastoriles (Mapa 4), señala que existen 5 444 ha dedicadas a los cultivos de ciclo corto, semipermanentes y permanentes con pendientes que oscilan entre 0 y 6 por ciento, 1 413 ha con potencial para los sistemas agro-silvopastoriles, que se localizan en las pendientes entre 6 a 11 por ciento; superficie importante para diseñar un plan de manejo sustentable para sistemas agro-silvopastoriles, para de esta forma reducir el grado de erosión de los suelos, quema de residuos, contaminación del principal río y mejorar los ingresos de los productores de las zonas y finalmente 94 has de vegetación natural, que se ubican en pendientes mayores al 11 por ciento. La planificación del territorio y el correcto uso de

sus recursos naturales, garantizan la disponibilidad para las futuras generaciones que requieren de un conocimiento sobre la ocupación y el uso del suelo y su dinámica de cambio (Reina, *at al.*, 2014).

Mapa 4. Mapa de zonas destinadas a los sistemas agro-silvopastoriles.



Fuente: Autor, 2013.

3.5. CARACTERÍSTICA Y LIMITACIONES ENCONTRADAS EN EL SISTEMA DE RIEGO CARRIZAL- CHONE

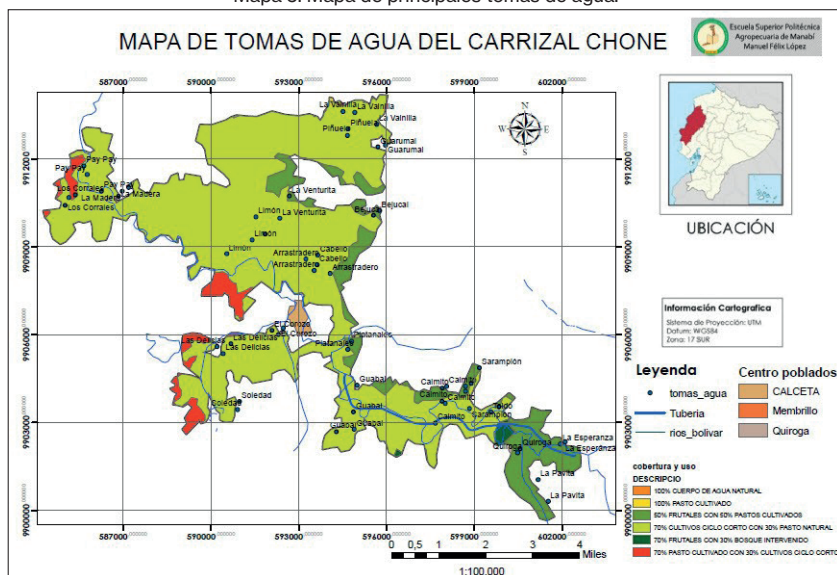
3.5.1. Actualización del catastro de usuarios de riego

De la información obtenida por Bello (2013), al inicio de los trabajos del catastro de usuarios de riego de la primer etapa estaban registrados 789 usuarios registrados con 1 529 ha declaradas para riego y con la actualización de la información, con medición en el campo con GPS, en cada una de las parcelas, se logró verificar 991 usuarios que riegan en realidad 2 574,35 has lo que resulta un incremento de 202 usuarios y de 1 045,4 has (40,6 por ciento) en relación a las declaradas (CPM, 2013).

3.5.2. Principales tomas de agua del sistema de riego

En el Mapa 5, se aprecian la toma principal del sistema de riego. Existiendo un total de 708 tomas construidas (tabla 1), de las cuales 686 tomas están siendo utilizadas y 22 restantes (tabla 2) no están siendo usadas por las siguientes razones: Existen tomas muy cercas, construidas en lugares inadecuados e innecesarios, en carreteras, bananeras, con disponibilidades de agua muy cercanas y en solares urbanos.

Mapa 5. Mapa de principales tomas de agua.



Fuente: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "ESPM", 2013.

Tabla 1. Tomas de agua del sistema.

TOMAS		
EN USO	686	96,89%
SIN USO	22	3,11%
TOTAL	708	100,00 %

Fuente: SENAGUA, 2013.

Tabla 2. Tomas sin uso en el sistema de riego.

TOMAS SIN USO		
CERCANAS	10	45,45%
AREAS PEQUEÑAS SOLARES	4	18,18%
AMPLIACION VIA	1	4,55%
DENTRO DE BANANERA	2	9,09%
DENTRO CLUB	1	4,55%
ZONA URBANA	1	4,55%
SELLADA	2	9,09%
DESCONECTADA	1	4,54%
TOTAL	22	100,00 %

Fuente: SENAGUA, 2013.

3.5.3. Derivaciones

En la tabla 3 se aprecia las 708 tomas constatada en la primera etapa tienen 2.913 derivaciones, de las cuales 1.083 están en uso, 858 está sin uso y 972 están por usarse de acuerdo a la información obtenida a los potenciales usuarios. Cabe indicar que el número de derivaciones en uso en mención no coinciden con el cuadro donde se registran la información del catastro de usuarios en la que constan 991 usuarios utilizando 1.135 derivaciones, es decir en el listado de usuarios se registran a todos los que sacan contrato con la nomenclatura de la toma, mientras que en el cuadro del levantamiento de información de las tomas con sus derivaciones no son considerados los usuarios que están conectado a la T en una misma derivación, lo que hace diferencia de datos (Bello, 2013) y García y Macías (2012).

4. DISCUSIÓN

Lo más sobresaliente del mapa de cobertura y uso, es que la mayor superficie del Valle del Río Carrizal Chone primera etapa, está cubierta por pastos naturales y cultivados, como lo señala Bello (2013), la existencia de 56,63% de pasto total en la primera etapa de riego del Carrizal-Chone, combinados con frutales y ciclo corto, zona potencial para sistemas agro-silvopastoril, área urbana y vegetación natural, que dan una superficie total de 7 384,7 hectáreas. Esta cifra que se aproxima con lo reportado por Projetec (2008), 7 250 ha y al H. Consejo Provincial de Manabí, (2013), que señala 7.391 hectáreas.

Existen muy pocos estudios de sustentabilidad agropecuaria en el Ecuador, los resultados nos demuestran en la presente investigación, la existencia de 1 413 hectáreas potenciales destinadas a sistemas agrosilvopastoriles, dentro de la primera etapa del proyecto Carrizal-Chone, con una pendiente entre 6 al 11 por ciento de pendiente. Superficie importante para diseñar un plan de manejo sustentable para sistemas agro-silvopastoriles, orientados a preservar, recuperar, proteger los recursos naturales y mejorar los ingresos de los productores de la zona. Acciones que coinciden con varias instituciones como: SENAGUA, MAGAP y Consejo Provincial de Manabí. Igualmente Mejía y García (2012), señala que zona beneficiaria por el sistema Carrizal-Chone es mayoritariamente ganadera y agrícola, sin la existencia de un sistema agro-silvopastoril técnicamente establecido.

Unos de los principales problemas que se observa en la zona de estudio del proyecto de riego carrizal-Chone en su primera etapa, es la subutilización del sistema de riego, fue diseñado para abastecer 7 250 hectáreas y actualmente está regando 2 574.35 hectáreas, que representa el 36 por ciento, con 991 usuarios, acompañado del

alto número de derivaciones que quedan sin usar (858) que equivale al 29.45 por ciento. Hecho confirmado por Projetec (2008) que indica que, unos de los principales problemas que se observa en la zona de estudio del proyecto de riego carrizal-Chone en su primera etapa, es la subutilización del sistema de riego (35%) y ratificado por Mendoza (2011), que señala que la infraestructura de riego a marzo del 2011, solamente 2000 ha estaban siendo irrigadas en la primera etapa, por lo cual, el sistema estaba siendo subutilizado. Con el costo de la primera etapa del proyecto Carrizal Chone (120 millones de dólares), y con la superficie regada (2 574.35 ha) actualmente, el sistema tiene un costo de USD 46.614 dólares/ha.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- En la zona de estudio, existen 1 413 ha apropiadas a Sistemas Agro-silvopastoriles que tienen una pendiente que va de 6 a 11 por ciento, que se podría realizar un Plan de manejo sustentable con el fin de reducir la deforestación y degradación de los suelos.
- El sistema de Riego Carrizal-Chone, está siendo subutilizado por cuando para la primera etapa fue diseñado para abastecer 7 250 hectáreas y actualmente está regando 2 574,35 hectáreas, que representa el 35,50 por ciento de uso del sistema de riego, con 991 usuarios.
- Uno de los problemas más influyente en la actividad agrícola en la zona, es el la débil capacitación en riego tecnificado y el limitado acceso a financiamiento del que disponen los productores, la falta de créditos productivos.
- Entre las causas principales para subutilización del sistema de riego es la mala ubicación de una gran mayoría de las tomas de agua, gran parte de la tubería está enterrada y más del 40 por ciento se encuentran en área inundable en época invernal.
- Con la implementación de sistemas agrosilvopastoriles en la zona potencial determinada y la ampliación del uso del sistema de riego, se podría convertir en una zona ampliamente productiva que contribuya al desarrollo de la matriz productiva del Ecuador y los objetivos del milenio.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Fortalecer la asociatividad y legalización de las Juntas de regantes, para luego diseñar un plan de gestión de riego compartido con el organismos

encargo del sistema se riego, para su uso, operación y mantenimiento del sistema de riego.

- Apertura de una línea de crédito, con entidades financieras, especialmente con el Banco Nacional de fomento (BNF) para la implantación de sistemas agro.silvopastoriles, insumos de riego y cultivos.
- Implementación de un Programa de socialización y capacitación en riego tecnificado a través de parcelas demostrativas en la zona del proyecto;
- Siendo la ganadería una actividad importante para la supervivencia de los productores rurales de la zona de influencia del proyecto, se requiere un Plan de Manejo agro-silvopastoril de manera sustentable, en las zonas seleccionadas.

6. AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a la SENESCYT y la Universidad Técnica de Manabí por su financiamiento, Universidad Nacional Agraria La Molina del Perú por su apoyo incondicional y a los Ingenieros Agrícolas Mauricio Reyna y José Reyna, por su valiosa contribución en el área de SIG en el presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astier, M. 2007. Curso Internacional de Agroecología, Medellín- Colombia.

AMUR. (2011). Proyecto implementación de sistemas productivos agroforestales en la microcuenca río papaturro. Rivas.

Bello, J. 2013. Optimización del sistema de riego Carrizal-Chone I Etapa. Informe Técnico. Demarcación hidrográfica de Manabí. Área Desarrollo Agropecuario. SENAGUA.

CPM, 2013. Consejo Provincial de Manabí. Sistema de riego Carrizal –Chone I Etapa. Documento en revisión. Dirección de Riego y Drenaje. Consejo Provincial de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

CATIE. (2008). Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos. Turrialba, Costa Rica.

Hetz, E; R. Maripangui; M. Lopez. 2003. Análisis temporal del tiempo disponible para ejecutar operaciones agrícolas mecanizadas en Nuble central. Agro Ciencia 19(2):129-136.

FAO. 1991. Desarrollo de sistemas agrícolas: pautas para la conducción de un curso de capacitación en desarrollo de sistemas agrícolas. Curso Taller. Roma, Italia. 256 p.

FAO, 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la microcuenca Membrillo. Oficina Regional de la FAO, Calceta, Manabí, Ecuador, p 60.

Flores, C. y Sarandon, S. 2004. Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: Comparing organic and conventional systems. Journal of Sustainable agriculture 24(2): (pp. 77-91).

García, M. y Mejía, M. 2012. Impacto socioeconómico de la operatividad del sistema Carrizal-Chone y en el cantón Bolívar periodo 2007 – 2010. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero comercial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí, Ecuador.

Hernández, A. 2011. Tipos de suelos y sus características de las partes medias y bajas de la microcuenca membrillo, Manabí, Ecuador. ESPAMCIENCIA, Volumen 3, Número E. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí, Ecuador.

INEC, 2010. IV Censo Nacional de Población y Vivienda del Ecuador. Quito, Ecuador.

INEC, 2013. Encuesta de superficie y Producción Agropecuaria Continua. INEC. Quito, Ecuador.

López, A. 1979. “Influencia de la pendiente del terreno en el medio gráfico”. Anuario de Geografía. UNAM. México.

Merma, I. 2011. Evaluación y diseño de fincas en la selva alta bajo sistemas de cultivos prevalecientes en la Convención-Cusco. Tesis de grado doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Masera, O; Astier, M y López S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA- Mundi-prensa, México.

Mannaerts, C. 1999. Factores de erosión. Módulo 5: Erosión de cuencas y planificación de conservación. ITC. Cursos de Postgrado en levantamientos de recursos hídricos. Notas de clase y ejercicios. CLAS. 85 p. Cochabamba, Bolivia.

Montenegro, H y Malagón D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, Colombia. 670p.

Mendoza, C. 2011. El Riego y las percepciones de equidad en el sistema Carrizal-Chone: Represa Multipropósito Esperanza, Ecuador. Informe parcial de grado de Master. Universidad de Wageningen, Países Bajos. Consorcio CAMAREN y a la Fundación HEIFER, 110 p.

Nahed, T.J. 2008. Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. Avances en Investigaciones Agropecuarias. 12(3):3-19. Colima, México.

ODEBRECHT, 2004. Informe de Gestión Socio Organizativa comunitaria del Programa de Desarrollo Agrícola del Proyecto Carrizal-Chone.

Párraga, G. et al., 2011. Diagnóstico de los recursos naturales y culturales de la parroquia membrillo. ESPAMCIENCIA, Edición Especial. Volumen 3, Número E. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí, Ecuador.

PROJETEC, 2008. Análisis de la situación actual y del perfil socio económico de los productores del proyecto Carrizal-Chone. Informe de consultoría, para Odebrecht. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Quero, Y. 1980. “Importancia de la litología dependientes y sus relaciones con los procesos morfoclimáticos en zonas volcánicas de México”. Anuario de Geografía. UNAM. México.

Reina, at al., 2014. Desarrollo y Ordenamiento Territorial: Estudio de caso Ecuador. Una herramienta para un desarrollo sustentable. <https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/es/book/978-3-8484-6175-2/desarrollo-y-ordenamiento-territorial-estudio-de-caso-ecuador>. Editorial Académica Española.

Reyna, B.; Sornoza F. y Alcívar, S. 2006. Difusión y capacitación a los agricultores del proyecto Carrizal-Chone en los sistemas de riego por: Goteo, aspersión y micro arpersión. Tesis Ing. Agrícola. Portoviejo, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agrícola, 95 p.

Rodríguez, C. 2002. Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. Instituto Nacional Ecológico [http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/ind_sust.pdf] Consulta: 2 de Agosto del 2012.

Sarangón, S. y Flores C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agro-ecosistemas: Una propuesta metodológica. Agroecología 4:19.

TAMS-PBI-PLATEC, 1997. Métodos de Riego, Fase IV. CONSEJO PROVINCIAL DE MANABÍ, 2005. Síntesis del Plan de Desarrollo de la Provincia de Manabí. Secretaria de Planificación. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

UNAD, 2015. Clases Agrológicas del Suelo (Land Capability Classification). En línea [en]<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30160/leccin_5_clases_agrolgicas_del_suelo_land_capability_classification.html>[Consulta: 08 de diciembre 2014].

CAPÍTULO 9

SENSIBILIDAD DE HONGOS FITOPATÓGENOS DE RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE AL ACEITE DE NEEM (*Azadirachta indica*, GERANIALES: MELIACEAE)

Data de submissão: 15/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

Abraham Bibiano-Flores

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Rosario Izapa, km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán Tuxtla Chico, Chiapas, México, C.P. 30870 <https://orcid.org/0009-0003-5893-9088>

Ivette Ortiz-Lopez

Posgrado en Edafología Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México <https://orcid.org/0000-0002-5101-9663>

RESUMEN: La marchitez de portainjertos de aguacate nativo (*Persea americana* var. *drymifolia*), asociada a hongos y pseudohongos parásitos de raíces, causa la pérdida de 60-100% de plantas propagadas en viveros de Morelos, México. El manejo convencional consiste en fumigación de sustratos con metam sodio (N- metil ditiocarbamato de sodio), con el consecuente riesgo para la salud humana y deterioro de la calidad del agua y suelo. Se determinó la etiología de la pudrición radical de portainjertos nativos y exploró la actividad antimicrobiana del aceite

de neem (*Azadirachta indica* A.Juss.) contra el complejo de organismos asociados, *in vitro* y como biofumigante, comparado con metam sodio, en un sustrato orgánico convencional. Con base en los postulados de Koch, los patógenos identificados fueron *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Ilyonectria* sp., *Pythium* sp. y *Phytophthora cinnamomi*. El aceite de neem inhibió el crecimiento de colonias de hongos y *P. cinnamomi* en 80.6-96.9%. La DE50 fue de 1 ml L⁻¹ y la DE90 varió de 1.86 a 4.85 ml L⁻¹. También redujo la densidad de esporulación y viabilidad, así como el tamaño de conidios, fiálides e hifas en las mismas especies. Retrasó en 14 días el periodo requerido para iniciar la formación de clamidosporas de *P. cinnamomi* e inhibió su diferenciación en *Fusarium* sp. Como biofumigante, el extracto de neem superó en 51% la densidad de UFC de bacterias nativas respecto a los tratamientos control o metam sodio. El aceite de neem y metam sodio redujeron hasta 95-100% la flora fungosa nativa, pero no limitaron las poblaciones de actinobacterias (Tukey, P > 0.05).

PALABRAS CLAVE: *Persea americana* var. *drymifolia*; inhibición; biofumigación.

SENSITIVITY OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI OF AVOCADO ROOTSTOCKS TO NEEM OIL (*Azadirachta indica*, GERANIALES: MELIACEAE)

ABSTRACT: Wilt of native avocado rootstocks (*Persea americana* var. *drymifolia*), associated

with fungi and root-parasitic pseudofungi, causes the loss of 60–100% of propagated plants in nurseries in Morelos, Mexico. Conventional management consists of spraying substrates with metam sodium (sodium N-methyl dithiocarbamate), with consequent risk to human health and deterioration of water and soil quality. The etiology of root rot of native rootstocks was determined, and the antimicrobial activity of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss.) against the soil-complex of associated organisms was explored in vitro and as a biofumigant, compared to metam sodium, in a conventional organic substrate. Based on Koch's postulates and molecular analysis, the pathogens identified were *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Ilyonectria* sp., *Pythium* sp. and *Phytophthora cinnamomi*. Neem oil inhibited the radial growth of fungal colonies and *P. cinnamomi* by 80.6–96.9%. The ED50 was 1 ml L⁻¹ and the ED90 ranged from 1.86 to 4.85 ml L⁻¹. It also reduced sporulation density and viability, as well as the size of conidia, phialides and hyphae in the same species. Neem extract delayed by 14 days the period required to initiate chlamydospores development of *P. cinnamomi* and inhibited their formation in *Fusarium* sp. As a biofumigant, neem oil exceeded the density of native bacteria colony-forming units by 51% with respect to the control or metam sodium. Neem oil and metam sodium reduced up to 95–100% of the native fungal flora but did not limit actinobacterial populations (Tukey, $P > 0.05$).

KEYWORDS: *Persea americana* var. *drymifolia*; inhibition; biofumigation.

1. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana*) es uno de los cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a su gran sabor y aporte nutritivo, es un fruto con alta demanda en los mercados nacional e internacional. México es el principal país productor. En 2020 registró una producción de 2.4 Mt y más de 1 Mt de fruta exportada. Las ganancias generadas alcanzaron los 3,500 mdd, beneficio que se refleja en toda la cadena agro-comercial (FAOSTAT, 2020).

El éxito en la productividad de una huerta de aguacate está influenciada por muchos factores, uno de ellos, la obtención de portainjertos sanos, con un sistema radical vigoroso que aporte los nutrientes necesarios al cultivar injertado, permitiendo una mejor resistencia y adaptación de las plantas en campo, ya que de ello depende el éxito o fracaso de la plantación (Peraza, 2021).

Sin embargo, existen complejos de hongos patógenos de suelo que reducen hasta en un 60-100% la producción de portainjertos de aguacate en vivero. Entre las especies mayormente reportadas destacan *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp., *Pythium* sp., *Cylindrocladium* sp., entre otros (Garbanzo y Coto, 2017). La diversidad de especies depende de las características edáficas y agroecológicas de cada región productora. Estos patógenos son de gran importancia a nivel mundial, por causar enfermedad y devastación no solo en aguacate, sino en un gran número plantaciones de cultivos hortícolas, frutales, ornamentales y forestales,

pertenecientes a diferentes familias botánicas, generando serios problemas en el rendimiento, reflejándose en graves pérdidas económicas (de Cock et al., 2015).

El manejo sanitario convencional del complejo fungoso se basa en la fumigación química del sustrato, principalmente con bromuro de metilo y metam sódio (Nyoni et al., 2019; Rudolph et al., 2019). Pero estos productos son altamente tóxicos a la salud humana, a los recursos hídricos, a la fertilidad y diversidad microbiana de los suelos (Daneel et al., 2018). La biofumigación con productos orgánicos representa un manejo alternativo de las enfermedades fungosas más compatible con la salud humana y el medio ambiente edáfico, favoreciendo el incremento de poblaciones microbianas benéficas principalmente bacterias del género *Bacillus* y *Actinobacterias* (Motisi et al., 2010; Barnes et al., 2020). El aceite de neem (*Azadirachta indica*) se ha utilizado comúnmente para el control de plagas insectiles (Lucantoni et al., 2006). No obstante, algunos autores también proponen su uso como biofumigante para el control de hongos patógenos que parasitan raíces de diversas especies agrícolas y forestales de interés económico, sin causar la muerte total de las poblaciones microbianas benéficas nativas del suelo (Barros et al., 2014). Los objetivos de este estudio fueron: a) verificar la etiología de la marchitez y pudrición de raíces de portainjertos de aguacate en viveros comerciales en Tétela del Volcán, Mor., México, b) evaluar la sensibilidad in vitro del complejo fungoso al producto comercial Nimicide 80® (aceite de neem) y c) evaluar el efecto biofumigante in vivo de Nimicide 80® en sustrato orgánico local.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

En septiembre de 2021 se realizó un muestreo en el vivero comercial de aguacate “Los dos diamantes” ubicado en Tétela del Volcán Morelos, México entre los 18° 49' - 19° 01' de latitud norte y 98° 37' - 98° 47' de longitud oeste a 2066 msnm. Se muestrearon portainjertos de aguacate propagados a partir de semillas de genotipos nativos (*Persea americana* var. *drymifolia*) injertados con el cv ‘Hass’. Las actividades de laboratorio se desarrollaron en el Laboratorio de Enfermedades de Frutales y Epidemiología-Lanref, del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, México.

2.2. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Se obtuvieron muestras de raíz de 25 plantas de aguacate *raza mexicana* injertadas con el cv. ‘Hass’ de 10 meses de edad con síntomas de marchitez,

amarillamiento y necrosis radical. Las raíces extraídas se guardaron en bolsas Ziploc® y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento. Fragmentos de raíces de 1.0 cm obtenidos de secciones independientes de cada sistema radical previamente lavados con agua corriente y desinfectados con hipoclorito de sodio (NaClO) al 1%, alcohol al 70% y agua destilada estéril, se incubaron a 27 °C por 8 días en cajas Petri con medios a base de papa-dextrosa-agar (PDA 40 g L⁻¹) suplementado con ácido láctico (0.5 ml L⁻¹) y medio selectivo NARPH [Harina de maíz (17 g L⁻¹), Agar (20 g L⁻¹), Natamicina (Miconacina® 0.02 g L⁻¹), Ampicilina (Hormona® 0.27 g L⁻¹), Rifampicina (Rifadin® 0.01 g L⁻¹), Pentacloronitrobenzeno (INTERPCNB 480® 0.1 g L⁻¹), Hymexazol (TACHIGAREN 70% WP 0.05 g L⁻¹)] (Erwin y Ribeiro, 1996). Los hongos aislados se purificaron por la técnica *punta de hifa*, traspasados a nuevas cajas Petri con PDA (Valencia, 1996). Los hongos se preservaron en tubos de ensaye con arena y PDA para su uso posterior. Las cepas purificadas se identificaron con base en características culturales de las colonias y morfométricas de hifas y estructuras reproductivas. Se utilizaron las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998) para hongos y de Erwin y Ribeiro (1996) para Oomycetos.

2.3. PRUEBAS DE PATOGENICIDAD

Una vez obtenidos los aislamientos fúngicos, se procedió a realizar las pruebas de patogenicidad para cada una de las cepas, en invernadero bajo condiciones asépticas. Para la preparación del inoculo de cada uno de los patógenos se realizó de acuerdo al protocolo de Jemai *et al.* (2021). Se utilizaron frascos con un contenido de 50 g de semilla de avena var. 'Turquesa' previamente lavada y 50 ml de agua destilada, estos se esterilizaron dos veces en autoclave a 120 °C por 1 h. En cada frasco se depositaron discos de ϕ 5 mm de PDA con crecimiento fungoso de 3 días. El inoculo estuvo listo cuando los granos estaban completamente colonizados por el micelio. El material vegetal usado, fueron plantas de aguacate de genotipos nativos (*Persea americana* var. *drymifolia*), utilizando un total de 100 semillas cosechadas en San Felipe Cuapexco, Pue., México. Las semillas se desinfestarón con hipoclorito de sodio al 2% durante 5 minutos y se lavaron con agua destilada estéril. La siembra se realizó en charolas de 40 x 25 cm con sustrato a base de Peat moss y perlita a una relación de 2:1, el cual previamente fue esterilizado en autoclave (120 °C, 3 h). El trasplante se realizó a los 30 dds en bolsas de polietileno con una capacidad de 2.2 Kg y una vez que las plantas tenían 20 cm de altura y cinco hojas verdaderas, se procedió a la inoculación de los patógenos. Se inocularon un total de 16 plantas (2 repeticiones de 8 plantas) por cada patógeno, empleando el método de infestación del sustrato,

colocando 3 g de semilla colonizada por maceta (Scandiani *et al.*, 2011) cerca de la corona de la planta a la cual se le realizó pequeñas punciones con una aguja de disección desinfectada con alcohol al 70%. El tratamiento testigo para cada patógeno consistió en 4 plantas (2 repeticiones de 2 plantas) no inoculadas. Durante el ensayo las plantas se mantuvieron a temperatura ambiente ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$) y en condiciones de alta humedad. La patogenicidad de los hongos patógenos, se estimó por los síntomas causados en las plantas inoculadas en comparación al tratamiento testigo, por ejemplo, marchitamiento, pudrición de la corona, la raíz y número de plantas muertas. Al término del ensayo se extrajeron las raíces de las plantas lesionadas para el reaislamiento de los patógenos, caracterizándolos nuevamente haciendo uso de los rasgos morfológicos antes mencionados, cumpliendo así con los postulados de Koch.

2.4 SENSIBILIDAD *IN VITRO* AL ACEITE DE NEEM

Se evaluó por triplicado la sensibilidad *in vitro* del complejo fungoso obtenido al Nimicide 80® (80% de aceite de neem). Los tratamientos fueron: 1) 0.7 ml L⁻¹, 2) 1.4 ml L⁻¹, 3) 3.0 ml L⁻¹, 4) Testigo (PDA, Bioxon®, sin Nimicide 80®). Se utilizó la técnica de “alimento envenenado” (Dhingra y Sinclair, 1985). Cada tratamiento tuvo ocho repeticiones; una caja Petri fue una repetición experimental. El diseño utilizado fue completamente al azar. Las cajas se incubaron a 27 °C por 5 d. Las variables fueron: inhibición de colonias (%), esporulación (conidios/ cm²) y viabilidad (%), caracterización morfológica, cultural y microscópica de las cepas fúngicas, periodo (días) a formación de estructuras de resistencia, duración (días) de la viabilidad del ingrediente activo y concentración efectiva (CE₅₀). Se realizaron análisis de varianza, probit y separación de medias con Tukey ($p < 0.05$) usando el programa estadístico SAS (SAS, 2002 Versión 9.0).

2.5. EFECTO BIOFUMIGANTE DE EXTRACTO DE NEEM EN SUSTRATO

Se contrastó el efecto biofumigante del Nimicide 80® con el químico convencional metam sodio (Busan®1020) para la desinfestación del sustrato experimental (suelo nativo adicionando con residuos de hoja de aguacate). Los tratamientos fueron: 1) Nimicide 80® (3 ml L⁻¹), 2) Busan®1020 (5 ml L⁻¹), 3) Testigo (suelo sin tratamiento). Se evaluaron las unidades formadoras de colonias por g de suelo (UFC g⁻¹) en 100 µL de una dilución 10⁻³ para hongos y de 10⁻⁴ para bacterias y actinobacterias en placas Petri con medio PDA, adicionado con sulfato de estreptomicina, ácido láctico y tergitol para hongos y Agar nutritivo (Bioxon® Becton Dickinson) para bacterias y actinobacterias. La evaluación se realizó de manera visual con base en las UFC g⁻¹.

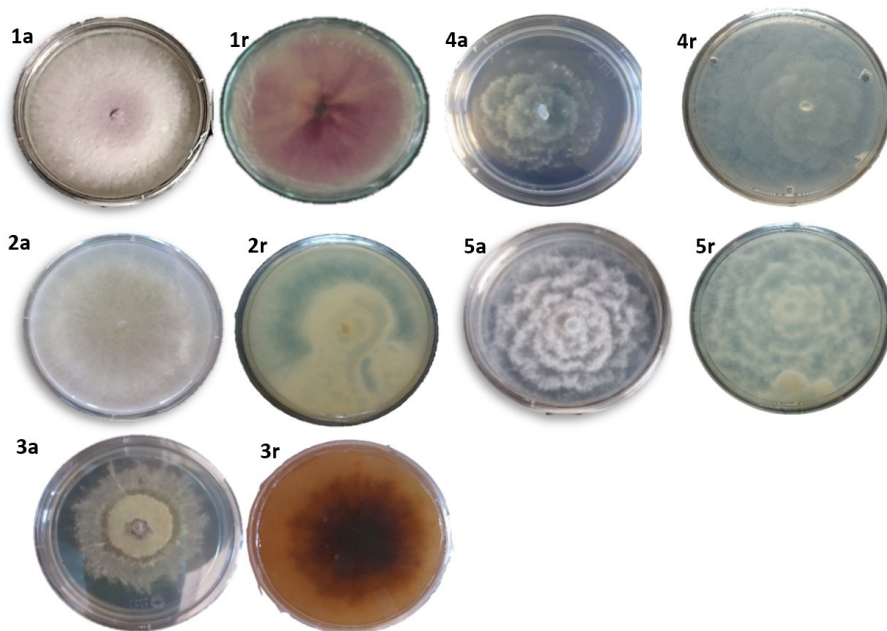
Se evaluaron cuatro repeticiones por tratamiento, una caja Petri como repetición. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y separación de medias con Tukey ($p < 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Con base en características culturales y morfométricas de colonias (Barnett y Hunter, 1998; Erwin y Ribeiro, 1996), los organismos aislados se identificaron como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Ilyonectria* sp., *Pythium* sp. y *P. cinnamomi*.

Figura 1. Características culturales de colonias de hongos y pseudohongos, aislados de raíces de portainjertos de aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*) con síntomas de marchitez, en medio PDA y a diez días de edad. *Fusarium* sp. (1), *Rhizoctonia* sp. (2), *Ilyonectria* sp. (3), *Pythium* sp. (4) y *Phytophthora cinnamomi* (5). Observación por anverso (a) y reverso (r).



3.2 SENSIBILIDAD IN VITRO AL ACEITE DE NEEM

Estos organismos, con excepción de *Pythium* sp., fueron altamente sensibles ($p < 0.0001$) a Nimicide 80®. La azadiractina tuvo un impacto desfavorable en la apariencia, crecimiento y desarrollo de estructuras reproductivas en *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Ilyonectria* sp. y *P. cinnamomi*. En general, la dosis alta (3.0 ml L^{-1}), promovió los mejores

resultados en las variables evaluadas. Los valores promedio de inhibición fueron de 80.7-96.9%. *Fusarium* sp. e *Ilyonectria* sp. mostraron la menor esporulación (33.9 y 6.7%) y viabilidad (17.9 y 2.7%). Asimismo, el periodo promedio de formación de estructuras de resistencia para *Pythium* sp. y *P. cinnamomi* fue de 7 y 21 d. No se observaron estructuras de este tipo en *Fusarium* sp. El efecto benéfico de la Azaridactina fue observado por Khan et al. (2020), quienes al evaluar diferentes concentraciones (0.5-3.5 %) *in vitro* de extracto metanólico de neem, obtuvieron una inhibición de 86-90% en el desarrollo de *Sclerotium rolfsii*, patógeno del garbanzo (*Cicer arietinum*). Asimismo, Coventry y Allan (2001) redujeron la germinación conidial de *Sphaerotheca fuliginea* hasta un 11% con una dosis de 62.5 ppm de extracto de neem a una concentración de 55%. En este trabajo, el extracto de azadiractina no tuvo efecto inhibitorio sobre *Pythium* sp. Es posible que esta especie no muestre sensibilidad con algunos compuestos orgánicos, tal como fue documentado por Kirkegaard y Sarwar (1998) quienes tampoco registraron efecto biofumigante de extractos preparados a base de especies de Brasicas sobre *Pythium* sp., participante en un complejo fungoso en cereales.

3.3. EFECTO BIOFUMIGANTE DE ACEITE DE NEEM EN SUSTRATO

La azaridactina también redujo significativamente las unidades formadoras de colonias bacterianas en el sustrato tratado ($p < 0.0001$). Con la dosis utilizada en campo (de 3 ml L⁻¹), se redujo la densidad bacteriana hasta un 63.4% mientras que con el metam sodio sólo se redujo un 12.4% (Figura 2). La proporción de colonias fungosas eliminadas por la fumigación (Figura 3) fue estadísticamente similar ($p > 0.05$) entre los tratamientos químico (100%) y orgánico (95%). Resultados similares se obtuvieron por Jemai et al. (2021), quienes redujeron significativamente las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* en el cultivo de chile, tratando el suelo con extractos de neem y *Trichoderma harzianum*.

Figura 2. Densidad bacteriana en un sustrato orgánico utilizado en un vivero de aguacate nativo *Persea americana* var. *drymifolia*, sesenta y dos días después de la aplicación de los tratamientos de fumigación. T2, suelo adicionado con aceite de neem (azadiractina); T1, sustrato tratado con metam sodio (N-methyl ditiocarbamato de sodio); T0, sustrato sin fumigación.

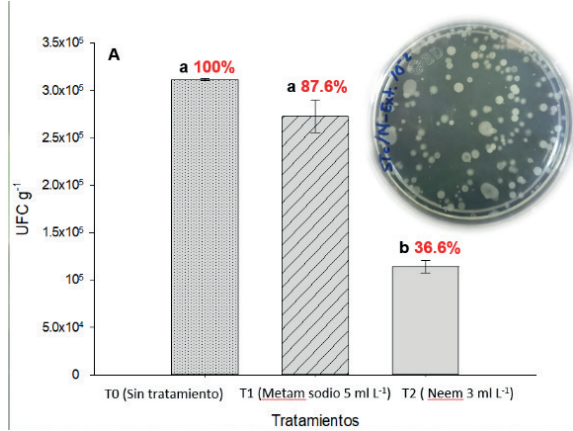
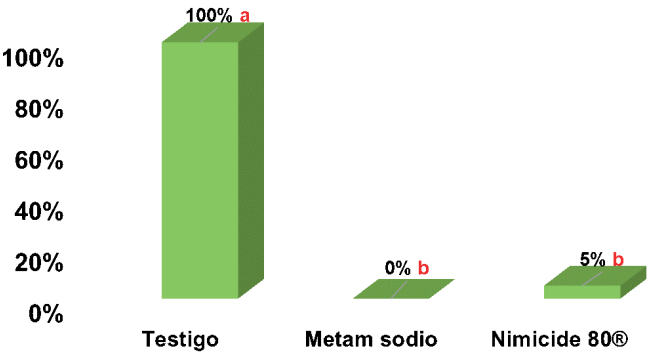


Figura 3. Poblaciones de hongos totales en un sustrato orgánico utilizado en un vivero de aguacate nativo *Persea americana* var. *drymifolia*, sesenta y dos días después de la aplicación de los tratamientos de fumigación. T2, suelo adicionado con aceite de neem (Nimicide 80®); T1, sustrato tratado con metam sodio (N-methyl ditiocarbamato de sodio); T0, sustrato sin fumigación.



4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el aceite de neem puede inhibir directamente la germinación de esporas y el crecimiento micelial del complejo fungoso patogénico del suelo. Aun cuando la efectividad biofumigante del aceite de neem contra bacterias y hongos fue de 63.4 y 95 %, su eficiencia en una estrategia de manejo puede potenciarse si se combina con otras medidas culturales, en un modelo de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

5. AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Al SECIHTI por la beca otorgada para la realización de la investigación. Asimismo, al Programa Investigadoras e Investigadores (Folio EESP2024-0094) COMECyT. Al Colegio de Postgraduados, al Laboratorio de Enfermedades de Frutales y Epidemiología-Lanref y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa (INIFAP-CERI) por las facilidades proporcionadas para la realización de la investigación.

LITERATURA CITADA

Agrios GN. 2005. Plant pathology, 5th ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam; Boston. 922 p.

Barnes BRJ, GIAze CS, WiCk R y HASHeMi M. 2020. Biofumigation: An alternative strategy for the control of plant parasitic nematodes. Journal of Integrative Agriculture, 19(7): 1680–1690. Coventry E y Allan EJ. 2001. Microbiological and Chemical Analysis of Neem (*Azadirachta indica*) Extracts: New Data on Antimicrobial Activity. Phytoparasitica. 29(5):441-450.

Barnett HL y Hunter BB. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society. 216 p.

Barros AF, Campos VPAG, Silva JCP, López LE, Silva AP, Pozza EA y Pedroso LA. 2014. Tiempo de exposición de juveniles de segunda etapa a volátiles emitidos pormacerados de neem y mostaza y biofumigación contra *Meloidogyne incognita*. Nematrópica. 44(2): 190-199.

Coventry E y Allan EJ. 2001. Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) Extracts: New Data on Antimicrobial Activity. Phytoparasitica. 29(5): 441-450.

Daneel M, Engelbrecht E, Fourie H y Ahuja P. 2018. The host status of Brassicaceae to *Meloidogyne* and their effects as cover and biofumigant crops on root-knot nematode populations associated with potato and tomato under South African field conditions. Crop Protection. 110: 198–206.

de Cock AWAM, Lodhi AM, Rintoul TL, Bala K, Robideau GP, Abad ZG, Coffey MD, Shahzad S y Lévesque CA. 2015. *Phytophthium*: molecular phylogeny and systematics. Personania. 34: 25–39.

Dingra D y Sinclair J. 1985. Basic Plant Pathology Methods. Editorial CRC Press. 448 p.

Erwin DC y Ribeiro OK. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. Am. Phytopathol. Soc. St. Paul, MN.USA. 562 p.

FAOSTAT (2020). Producción y exportación de aguacate. Consulta de Abril, 2023.

Garbanzo SM y Coto AA. 2017. Manual para el establecimiento y manejo de un vivero de aguacate (*Persea americana* Mill). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sector Agroalimentario. San José, Costa Rica. 43 p.

Jemai N, Gargouri S, Hemissi I, Mahmoud KB, Ksouri MF y Jemmali A. 2021. *Rhizoctonia solani* affecting micropropagated Garnem (*Prunus amygdalus* x *Prunus persica*) rootstock – characterization and biocontrol with Rhizobia. Plant Pathology. 103: 207–215.

Khan HI, Javaid A, Hameed ATA y Ahmed D. 2020. Use of Neem leaves as soil amendment for the control of collar rot disease of chickpea. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(98): 1-8.

Mocali S, Landi S, Curto G, Dallavalle E, Infantino A, Colzi C, d'Errico G, Roversi PF, D'Avino L y Lazzeri L. 2015. Resilience of soil microbial and nematode communities after biofumigant treatment with defatted seed meals. *Industrial Crops and Products*. 75: 79-90.

Nyoni M, Mazzola M, Wessels JPB y McLeod A. 2019. The efficacy of semiselective chemicals and chloropicrin/1,3-dichloropropene-containing fumigants in managing apple replant disease in south africa. *Plant Disease*. 103(6): 1363-1373.

Peraza MAY. 2021. Propagación de aguacate y selección de plantas en vivero. En: Manual para el establecimiento del cultivo de aguacate en la zona centro norte de Sinaloa (V.C.L. Calderón, Ed.). Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa, Sinaloa, México, pp. 25-33.

Rudolph RE, Zasadab IA, Hesseb C y DeVetterc LW. 2019. Brassicaceous seed meal, root removal, and chemical fumigation vary in their effects on soil quality parameters and *Pratylenchus penetrans* in a replanted florican raspberry production system. *Applied Soil Ecology*. 133:44-51.

SAS. 2002. Statistical Analysis System: Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary.

Scandiani MM, Ruberti D, Giorda L, Pioli R, Luque A, Bottai H, Ivancovich JJ, Aoki T y O'Donnell K. 2011. Comparison of inoculation methods for characterizing relative aggressiveness of two soybean sudden-death syndrome pathogens: *Fusarium virguliforme* and *F. tucumaniae*. *Tropical Plant Pathology*. 36(3): 133-140.

Valencia CM. 1996. Estudios del antagonismo de *Pseudomona* spp. fluorescentes a *Rosellinia bunodes* (Berk y Br.) Sacc. Manizales. 62 p. Trabajo de grado Bacteriología. Universidad Católica. Facultad de Bacteriología.

CAPÍTULO 10

DESPARASITANTE ECOLÓGICO PARA REDUCIR LA CARGA PARASITARIA EN PEQUEÑOS RUMIANTES

Data de submissão: 03/02/2026

Data de aceite: 19/02/2026

Daniel Sokani Sánchez Montes

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias

Universidad Veracruzana

Departamento de Epidemiología

Molecular de Enfermedades Zoonóticas

Medicina Veterinaria y Zootecnia

Tuxpán, Veracruz. México

<https://orcid.org/0000-0001-6316-2187>

Amalia Cabrera Núñez

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias

Universidad Veracruzana

Departamento de Nutrición Animal

Medicina Veterinaria y Zootecnia

Tuxpán, Veracruz. México

<https://orcid.org/0000-0002-3828-5940>

Jorge Luis Chagoya Fuentes

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias

Universidad Veracruzana

Departamento de Fisiología Animal

Medicina Veterinaria y Zootecnia

Tuxpán, Veracruz. México

<https://orcid.org/0000-0001-5139-6322>

Miguel Ángel Lammoglia Villagómez

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias

Universidad Veracruzana

Departamento de Reproducción Animal

Tuxpán, Veracruz. México

<https://orcid.org/0000-0002-2958-0518>

María Rebeca Rojas Ronquillo

Facultad de Ciencias

Biológicas y Agropecuarias

Universidad Veracruzana

Departamento de Lácteos de

Origen Animal

Medicina Veterinaria y Zootecnia

Tuxpán, Veracruz. México

<https://orcid.org/0000-0003-3911-0779>

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la infusión acuosa de semillas de Guanábana (*A. muricata*) como desparasitante ecológico sobre nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes de la región norveracruzana (México). Se preparó una infusión de 93.5grs de semilla tronada de Guanábana/1875ml de agua hervida, dejándose reposar durante 12hrs., y administrándose posteriormente por vía oral a 80 borregas reproductoras de 45 kg y edad promedio de 22 meses, de la raza Blackbelly - Khatadin. En ambos casos, se realizó el coprocultivo en los 3 días antes y 19, 48 y 57

después de la aplicación de los tratamientos, realizándose la identificación de parásitos mediante la técnica de McMaster. La carga parasitaria se comprobó con un análisis de varianza del programa Statview, teniendo resultados similares entre el tratamiento de 10 y 15ml de la semilla de Guanábana y 2ml de producto químico (Febendazol), $F(6,308)=74737$, $P=61192$, (0.95 intervalo de confianza). Se comprobó la efectividad de la semilla de Guanábana como desparasitante ecológico natural al reducir la carga parasitaria de los géneros *Haemonchus contortus* y *Ostertagia* en ovinos.

PALABRAS CLAVE: ovinos; semilla de guanabana; nematodos gastrointestinales; desparasitación.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la parasitosis provocada por nematodos gastroentéricos (NGE) representa uno de los problemas sanitarios a nivel mundial que dañan en forma continua al ganado ovino. La elevada prolificidad, adaptabilidad y resistencia a diversas condiciones climáticas hacen que los NGE tengan una amplia distribución geográfica y alta prevalencia, tanto en regiones de clima templado como en el tropical. Los ovinos son una de las especies más susceptible por su forma de pastorear, pero hay épocas críticas en que son más propensos a enfermarse, durante la época de lluvias, al momento del destete, hembras después del parto y durante la lactancia [1]. Los daños que causan son: deterioro en la condición corporal, anemia, retraso en la madurez sexual, además de la pérdida por muerte, causan, una disminución en la eficiencia de la conversión alimento/carne y un aumento en los costos de producción debido a los precios de los fármacos para su control [2].

Los tratamientos con antihelmínticos comerciales han sido considerados durante mucho tiempo como la única forma de controlar la infección parasitaria; sin embargo, son caros y su empleo provoca residuos químicos en productos alimenticios de origen animal [3]. Al igual que una toxicidad sobre organismos que existen en el ambiente, de modo que tras la metabolización de los parasiticidas, se eliminan residuos en las heces, orina o incluso a través de la piel, que pueden provocar la reducción de insectos coprófagos (moscas y escarabajos en especial), imprescindibles en la degradación de la materia fecal y su aprovechamiento por las especies vegetales del suelo. Así como el desarrollo de resistencia, por parte de los parásitos helmintos frente a estos medicamentos constituyendo un obstáculo serio para el efectivo control de las infecciones parasitarias en esta especie [4].

La OMS reconoció la necesidad para la investigación y movilización de las prácticas medicinales antiguas para cuidar los animales y dio cuenta que el sistema

tradicional de medicina puede tener un rol importante en el desarrollo de la ganadería en los países en desarrollo [5]. Además, la persistente demanda del público por productos animales orgánicos, libres de químicos, obligan a los productores e investigadores a desarrollar alternativas para el control de parásitos gastrointestinales basados en remedios antiguos, compuestos de hierbas y extractos de plantas los cuales poseen en la actualidad importancia científica [6].

Entre estas alternativas se encuentra el empleo de la semilla de Guanabana (*A. muricata*), algunos resultados experimentales muestran que esta Anonácea contienen principios activos como: Acetogeninas, Lactonas y Lípidos, que poseen actividades antitumorales, antiparasitarias, pesticidas, antiprotozoarias, antihelmínticas y antimicrobianas [7]. Estudios han demostrado que estas sustancias deterioran la cutícula del parásito tal vez por digestión proteolítica, lo que logra disminuir el número de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales [8]. Sin embargo, la preparación y dosis para su efectividad no parece estar clara. Es por ello que los objetivos de esta investigación, se basan en estudiar el efecto de la semilla de guanabana como un posible antihelmíntico natural para el uso en pequeños ruminantes [9].

2. METODOLOGIA

Esta investigación se desarrolló al Norte del estado de Veracruz, en el municipio de Tuxpan, geográficamente localizado 20°57'46" de longitud norte y 97°24'01" de longitud Oeste, a una altitud de 10 mts. Con un clima tropical promedio anual de 24° C. El hato se conformó por 80 borregas reproductoras de 45 kg y edad promedio de 22 meses de la raza Blackbelly - Khatadin, cuya alimentación fue a libre pastoreo en un área de 30 hectáreas de pasto estrella de África (*Cynodon plectostachium*). Las que fueron distribuidas en 3 grupos: T1 (n=27): Semilla de guanábana a una dosis de 10 ml en tres repeticiones con intervalos de 19 días. T2 (n=27) Semilla de guanábana a una dosis de 15 ml en tres repeticiones con intervalos de 19 días. Testigo (n=26) aplicación de febensazol por vía subcutánea a una dosis de 2 ml/animal en tres repeticiones con intervalos de 19 días. Se preparó una infusión de 93.5grs de semilla tronada de Guanábana (*A. muricata*) con 1875ml de agua previamente hervida, obteniendo 1500ml de la mezcla, dejando reposar durante 12hrs. La infusión fue administrada por vía oral utilizando una botella a una dosis de 10 - 15ml. Las medidas se obtuvieron tomando como base la concentración del principio activo del producto químico (Febendazol).

Los parásitos se identificaron mediante un examen coproparasitológico, realizándose el muestreo de heces fecales antes del tratamiento y 19, 38 y 57 días post

tratamiento donde se colectaron 2 a 5 gramos directamente del recto de cada animal por estímulo digital durante la mañana, antes de que los animales salieran a pastoreo. Las muestras recolectadas fueron almacenadas en frascos de plástico, cada uno de ellos con la información de cada ovino, para su transporte al Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, procesándose el mismo día mediante la técnica de concentración-flotación de McMaster descrito por algunos autores [10]. Se tomaron 3 gramos de cada muestra de heces, las que fueron diluidas en 42 ml. de jarabe, el sedimento obtenido se mantuvo en reposo durante 5 minutos, después de los cuales el tercio superior de la suspensión se dispensó en la cámara McMaster. Para el conteo de los huevecillos por gramo de materia fecal (HPG) se aplicó la siguiente fórmula: $HPG = \text{Campo A} + \text{Campo B} \times 50$. Se compararon los medios de la carga parasitaria de acuerdo a los diferentes tratamientos utilizando un análisis de varianza con el programa Statview.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de parásitos reportada en el primer muestreo a los 80 ovinos, antes de aplicar los tratamientos (Tabla 1) fueron huevecillos de *Haemonchus* y *Strongyloides*, ambos se encuentran entre los géneros que infestan con mayor frecuencia los animales en los sistemas de explotación ganadera en el trópico [11]. Las reproductoras ovinas en pastoreo están expuestas a diferentes factores bióticos y abióticos que provocan desequilibrios fisiológicos y metabólicos que influyen directamente en la eficiencia productiva de estas [12]. Diversas investigaciones demuestran el efecto negativo de las infestaciones parasitarias en el comportamiento productivo de las hembras ovinas y de su descendencia, en este sentido, un estudio desarrollado informó que en animales parasitados, del 20-28% de los cuerpos lúteos no se desarrollaron normalmente, lo que afectó la fertilidad en 66 %, además de provocar 72 % de mortalidad fetal. Estos mismos autores informaron un peso al nacer más bajo en las crías provenientes de ovejas parasitadas, así como 39.9 % de disminución de la ganancia media diaria del peso vivo hasta el destete, lo que propició que las reproductoras tratadas destetaran sus crías con peso superior al 60 %, con respecto a las no tratadas [13].

Tabla 1. Carga parasitaria y endoparásitos localizados en borregas reproductoras.

Endoparásitos encontrados	Promedio de endoparásitos encontrados en el muestreo 1	Rango de endoparásitos
<i>Strongylodes ovina</i>	150 a 200	Min: 35-180 huevos/día Max: 50-200 huevos/día
<i>Oesophagonostomum venulosum</i>	70 a 150	Min:80-100 huevos/día Max:200-300 huevos/día
<i>Eimeria ovina</i>	60 a 80	Min:75 huevos/día Max: 100 huevos/día
<i>Chabertia ovina</i>	80 a 120	Min:50-100 huevos/día Max: 130 huevos/día
<i>Haemonchus contortus</i>	12000 a 17 000	Min: 5000 huevos/día Max:10000 huevos/día
<i>Ostertagia ovina</i>	200-400	Min: 100-200 huevos/día Max:250 huevos/día

En la figura 1, se representa el comportamiento en la disminución de huevecillos, mostrando una reducción del nivel de parasitosis encontrados de *H. contortus* en los diferentes días de muestreo, de los tres lotes evaluados ($P=.57002$), teniendo resultados similares entre el tratamiento de 10 y/o 15ml de semilla de guanábana y los 5.5 mg de Febendazol ($P=.61192$). Es importante notar en este sentido que a los 57 días post tratamiento en el caso del febendazon igual que la infusion, los animales tienden a recuperar la infestación demostrando que después de los 19 días de la desparasitación, las borregas del estudio presentaron una incidencia baja de parásitos, comprobando que después de la tercera toma la carga parasitaria se redujo notablemente, indicando que a la dosis y frecuencia de la infusion utilizada se pueden controlar estos tipos de nematodos, lo cual coinciden con lo reportado por otros autores [14].

Fig. 1 Efectividad antiparasitaria de la infusion de *A. muricata* sobre *haemonchus contortus* en los periodos de evaluación.

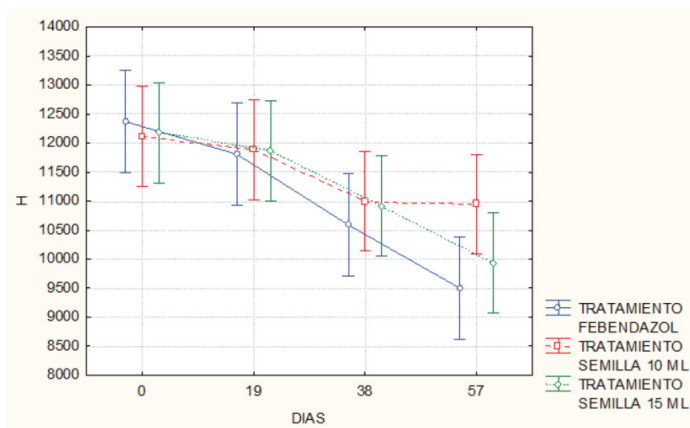
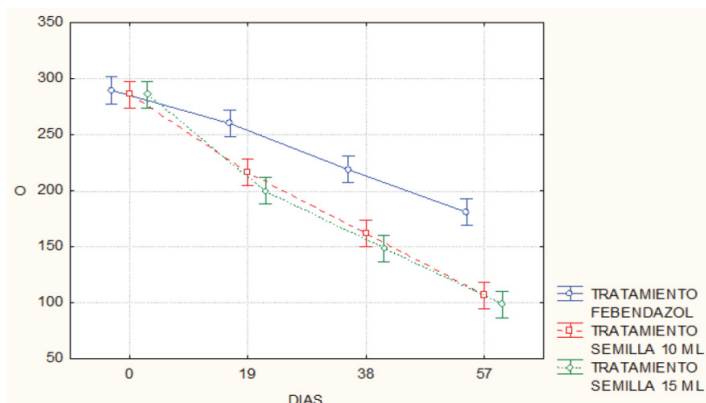


Fig. 2 Efectividad de la semilla de guanábana sobre los huevecillos de *Ostertagia*.



Se presentó una reducción considerable de la carga parasitaria del género *Ostertagia* (fig.2) en los diferentes lotes de borregas reproductoras de acuerdo al tratamiento que se les aplicó, teniendo resultados muy significativos en el análisis estadístico ($P=0.000001$) entre el Febendazol 5.5 mg ($P=.00000$) y la infusión de semilla guanábana de 10 y/o 15ml. No hubo diferencias significativas entre estos grupos, lo cual demuestra que prácticamente cualquiera de las variantes pueden ser empleada en un programa de desparasitación. Estos resultados obtenidos coinciden con algunos autores ya que plantean que son necesarias varias aplicaciones para lograr una adecuada y efectividad del producto.

4. CONCLUSIÓN

Los resultados alcanzados muestran que la infusión de semilla de guanaba (*A. muricata*) presenta propiedades antiparasitarias a una dosis de 10 y/o 15ml, siendo una dosis segura ya que el animal no sufre algún efecto secundario, en comparación con los efectos provocados por los desparasitantes químicos.

REFERENCIAS

- [1] Uhlinger, C., Fetron, J., Johnstone, C., A field evaluation of benzimidazole drugs in a herd of dairy goats, Rev. Veterinary Internal Medicine. 2 (1998) pp. 113-116.
- [2] Álvarez, A., Fuentes, V., Pérez, P. y Alfonso, H. Medicina Tradicional y Acupuntura, su aplicación en Veterinaria. Sociedad Cubana de Acupuntura en Medicina Veterinaria (SCAMV). La Habana. Ediciones ENPES, 1989, pp. 93-120.
- [3] Castells, D. y Nari, A. 1996. Sanidad en la producción de carne ecológica. En: Seminario de Carne ecológica, Montevideo, Uruguay, 1996, pp. 114- 121.

- [4] Cervantes, R., Cuellar, O. y Silva, M. Evaluación del periodo de reinfestación por nematodos gastroentéricos en ovinos tratados con closantel, ivermectinas o moxidectina. En: IX Congreso Nacional de Producción Ovina, Querétaro, México, 1997, pp. 150-155.
- [5] Marles, R.J. & Farnsworth, N.R. Antidiabetic plants and their active constituents, *Rev. Phytomedicine*. 3 (1995) pp. 12-18.
- [6] World Health Organization. Summary of WHO guidelines for assessment of herbal medicines, *Rev. Herbal gram*. 2 (1993) pp. 13-24.
- [7] Sundolf, S. Drug and chemical residues in livestock. *Veterinary Clinical North America, Food Animal Practice*, 5 : 411-449, 1989.
- [8] Stear, M. J. Bairden, K. Bishop, S. C. Gettinby, G. McKellar, Q. A. Park, M. Strain, S. Wallace, D. S. The processes influencing the distribution of parasitic nematodes among naturally infected lambs, *Rev. Parasitology*. 2 (2011) pp. 165-171.
- [9] La O, M.; Fonseca, N.; Costa, P.J.; Carrión, Magdalena; Vázquez, J.; Liranza, Eglis; Miranda, M.; Sánchez, J.; Pompa, Marisbel & García, Amelia. 2003. Infestación por nemátodos gastrointestinales en un sistema de explotación caprina silvopastoril en condiciones de montaña. *Rev. Pastos y Forrajes*. 3 (2003) pp. 26-53.
- [10] Hoste, H. Clinical findings, pathophysiology and pathogenesis of parasitic nematode infections in goats. En: Nuevas perspectivas en el diagnóstico y control de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes. Eds. J.P. Torres, A.J. Aguilar y A. Ortega. Primer Curso Internacional, FMVZ-Universidad Autónoma de Yucatán, México, 2000, pp. 6.
- [11] Aumont, G., Gruner, L., Berbigier, P. Dynamique des populations de larves infestantes des strongles gastrointestinaux des petits ruminants en milieu tropical humide, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop*. N° Spécial (1991) pp. 123-131.
- [12] Levine ND, Todd KSJ, Boatman PA (1974) Development and survival of *Haemonchus contortus* on pasture. *American Journal of Veterinary Research* **35** 1413-1422.
- [13] Coop, R., Holmes, P. Nutrition and parasite interaction, *international Journal for Parasitology*, 3 (1996) pp. 951-962.
- [14] Soulsby, E. 1982. Helminths, arthropods and protozoa domesticated animals, 7th Edition. Baillière Tindall. London. pp. 231-236.

DISEASES OF HOOFS TO THE HOLSTEIN FRESIAN DAIRY CATTLE IN THE INTENSIVE FARM SYSTEM OF BREEDING

Data de submissão: 08/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

MSc Ivanka Hadžić

Association of Trimmers
Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia,
Belgrade, Serbia
<https://orcid.org/0009-0005-3032-0173>

Academician Prof Dr Ivan Pavlović

Scientific Institute of Veterinary Medicine of
Serbia, Belgrade, Serbia
<https://orcid.org/0000-0003-4751-6760>

ABSTRACT: To the inevitable mistakes in animal care and breeding process come by applying new technologies in intensive dairy cattle production with the purpose to increase milk production to every cow. Conditions of keeping, feeding, and reproduction as important factors in the intensive production are just some of the weak points during the race to increase the profitability of every cow. The habitat, in which we breed and exploit dairy cattle, is a largely important factor of general condition of cattle. Indoor stables, concrete floor, and keeping cattle in a tied system significantly contribute to the development of various hoof diseases. The influence of feeding as well as typical diseases of dairy cattle is one

of the triggers of various hoof diseases, and genetic predisposition is also. This leads us to the conclusion that during the production process, one must pay attention to many factors. Hoof diseases are a big problem in modern intensive livestock production from a zootechnical aspects, animal health care and agricultural economics point of view. The most effective way to suppress diseases of hooves and to decrease the loss caused in conditions of intensive cattle production is measures and procedures for every person employed in cattle production. Curative eliminates problems in the diseased cattle, but it doesn't eliminate losses of a producee. Increased expenses of a treatment and a decrease in production are directly proportional to the prevalence of hoof diseases. After this research we had come to the conclusion that hoof diseases like: laminitis, dermatitis digitalis and dermatitis interdigitalis didn't have greater exceptions during four cycles of treatment of hooves and that it hasn't come to the significant improvement. Diseases like: rusterholz ulcer, panaritium, and fibrom (small percentage participation) have shown significant variation, which points to occasionally improvement in a herd condition, but not permanently, which is a characteristic of a non-serious approach in solving a problem, due to irresponsible behaviour of all employee structures at farms.

KEYWORDS: dairy cattle; hoof diseases; zoohygiene.

1. INTRODUCTION

Business entities that are part of industrial and agricultural production can ensure survival in the conditions of the market economy by constant efforts to maintain competitiveness among similar or the same producers. In this process, science finds new technological solutions and proposes them to the profession, which tries to ensure their proper application in practice. Efforts are being made to reduce production costs, increase its volume and raise the quality level of the production unit. Zootechnics and veterinary medicine have set the primary principles of modern intensive cattle production, so that now more important progress can be achieved by improving the secondary parts of the technological chain that have been neglected until now. Animal husbandry in Serbia has been a popular branch of agriculture since time immemorial, mainly conditioned by the geographical relief. Representation of livestock is based mainly on cattle breeding, pig breeding and sheep breeding. As a result of intensive production, the basic life needs of animals are often neglected in breeding, so for example animals are forced to stay in a closed space, often tied (milking necks of cattle) in one place with the impossibility of movement or in a very limited space, e.g. pigs for fattening, beef for fattening, etc., Only our sheep have the privilege to some extent of moving freely on pasture as a profitable way of rearing. The consequences of this way of keeping are justified: better monitoring of each individual, individual feeding according to the special needs of each individual, better health care, optimisation of production space, and breeding control.

The intensive way of breeding dairy cows in the Republic of Serbia still mostly involves the tethered way of keeping them in closed barns made of solid material. In recent times, which means the last 9 years, there has been a change in the organization of farms, the building of free-range barns, the introduction of new technologies in milk production, and therefore increased care for the well-being of animals that are being farmed, to which animal owners are forced by law (Law on Animal Welfare, Sl.Glasnik RS, No. 41/2009). New farms that were established after 2009 and in practice since 2013 must comply with the norms prescribed by the Animal Welfare Act, which relate to the architecture of animal housing, their health care (both of the animals themselves and of the facility they are in), adequate nutrition, reduction of stress due to animal manipulation, as well as humane methods of slaughter and euthanasia. Diseases of the feet and claws are a special problem in the breeding of purebred cows.

Occupying a high place in the profitability of a farm. The costs of treatment of bovine hoof disease have significantly burdened the calculation of cow's milk and beef production by individual producers and modern intensive cattle production. The costs arising from the

treatment of diseased locomotory throats are far greater than the treatment of any other farm disease symptomatic of dairy throats. In the case of leg disease, there is a decrease in throat productivity for an average of one month, as well as a decline in the general health picture. Food intake has decreased, and apathy has increased, mainly due to the pain the animal suffers. Maintaining hygiene is of great importance for the prevention of diseases, and neglecting and improper handling of animals leads to the spread of various diseases of the locomotor system.

They are often combined with agents of bacterial, viral and fungal aetiology, and the appearance of laminitis can be caused by irregular and inadequate nutrition, lack of minerals and vitamins. According to the way dairy cattle farms in the Republic of Serbia are kept, we can divide them into two basic groups: free keeping system and tied keeping system. In the free-holding system, the necks move freely inside the object, while in the tied holding system, the necks are, as the word itself says, tied in one place. In the Republic of Serbia, the most represented breed of cattle for milk production is the Holstein Friesian, and it is immediately followed by the combined type, i.e. the Simmental cattle breed, which is bred on smaller farms in order to maintain the continuity of the income stream (milk + meat).

The Holstein Friesian is today the leading dairy breed of cattle in the world. It was created in the USA in the seventies of the 19th century from imported about 8,000 heads of the black and white Friesian breed from the Netherlands, under conditions of very intensive nutrition and with the application of strict selection. In 1970, a significant import of Holstein heifers from the USA began in Serbia, and by 1978, a total of 3,100 head were imported. Also, the importation of seeds and bulls had a great impact on the then existing breeds in the country. Larger imports occurred again in 2005 and 2006, mainly from the Netherlands, so it is estimated that its share when it comes to cattle breeding in Serbia is around 15%. They are characterised by a strong constitution and solid build, with particularly well-attached udders. The Holstein Friesian breed belongs to the dairy type of large-framed cattle. The height of cows is 145 cm, and of bulls 150-160 cm. The body weight of cows is 650-700 kg, and that of bulls is 1100-1300 kg. The milk yield of Holstein Friesian cows in countries with developed cattle breeding exceeds 8,000 kg (L) in an average lactation. In Serbia, taking into account all HF cows, it can be estimated that their annual milk yield is about 6,000 kg with about 3.6% fat. Apart from food, good housing is also an important factor because they are sensitive and susceptible to diseases and infertility if optimal housing conditions do not exist. The production life when it comes to HF cows is usually 3-4 years, but it is significantly shortened with unfavourable feeding and housing conditions.

2. CATTLE BREEDING

Today, in industrial farming, there are two basic ways of breeding cows: tethered cows and free-range animals. On traditional farms, the tethered system is common, while modern farming implies a free-range system of breeding. Although there are differences in the way of breeding, there are common aspects that are identical and related to the farm facilities themselves.

The construction of barns must meet the biological and production characteristics of the animals being raised, ensure their well-being and provide all the conditions for successful production. Although there are differences related to the space for keeping and the like, which are standardised for large and small ruminants, in all cases there are basic standards that must be respected during their construction.

A barn in farm is a building for keeping livestock. Usually, it means a building divided by separate partitions for individual animals and livestock. Barns should be built on drained and slightly elevated terrain, so that they are protected from strong winds. Protective forest belts can be erected near the barns. The location of the barn should be near traffic connections for easier access. The exterior design of the barn varies significantly depending on the climate, building materials, historical period and cultural styles of architecture. Various building materials can be used for construction, such as brick or stone walls, wood and steel. It is also essential to comply with all the necessary technologies according to the climatic conditions in which the animals will live.

Preparing the site for the barn is one of the most important preparatory stages. It should be borne in mind that the location for such a structure must be flat. The floor should be warm and moisture-resistant to prevent the accumulation of liquid waste on its surface. For proper drainage of water, urine and manure, the floor is usually placed at a higher level than the ground with a slight slope of 1% to 3% towards the drainage system. In the case of cattle barns, too much slope should not be left, as this can negatively affect the limbs of the livestock and the reproductive function of the cows.

The walls are built of solid material, such as concrete, brick or composite materials, depending on the type and age of the animals. Modern three-layer sandwich panels are also an excellent option for building the walls of the barn because they contain mineral wool insulation. This material allows for the maintenance of optimal temperatures, providing warmth in the winter and preventing excessive heat in the summer months. The roofs of barns are usually built of wooden structures and are usually sloping, under which a ceiling can be made for storing hay or equipment for caring for animals.

Classic barns for dairy and fattening cattle are designed so that the animals are arranged in two rows, with their heads facing the respective walls or with their heads facing each other. In the first case, there is a corridor in the middle of the barn with a width of 150 to 180 cm, which serves to remove manure and bring in bedding, while there are two narrower corridors (70-100 cm) next to the walls for distributing feed. In the second case, there is a corridor in the middle for distributing feed, and there are two corridors next to the walls for manure removal. Cattle beds usually have an average length of about 2.10 m, but can be shorter (1.70 m) or longer (2.5 m), with a width of 1 to 1.30 m, depending on the size of the animals.

2.1. TIED CATTLE BREEDING SYSTEM

In the tied system, the cow is limited to a precisely defined and relatively small space. Individual functions are determined in the narrowest space (feeding, lying down, milking the cow and cleaning the bed), a large share of transport work to bring food, bedding, and thermal insulation of the building should be satisfactory. Each cow can be observed individually.

The tied system prevails in about 90% of most countries. This type of keeping of cows means that they are kept individually, so the feeding of the cows is also individual, most often determined according to the milk yield of the cow, as well as care, general assessment of the condition, i.e. the most favourable conditions for permanent high milk yield. In essence, this system is maintained only by farms that have a maximum of 10-20 cows, and rarely over 30-40 cows. The tied system of keeping cows has a number.

Tied cattle breeding system represents an object made of solid or semi-solid material, for housing animals where they are prevented from moving freely. Ties can be in the form of a chain or a strong rope, but they must have a safe buckle for quickly untying the animal in the event of an accident or breakdown. The animal spends most of its time on beds, so it must satisfy hydro and thermal insulation, comfort when lying down and feeding, and stability when standing. Beds are usually made of concrete, wood, or baked brick. Recently, the use of rubber and artificial materials has become more and more common. The width of the bed is usually made at 110 cm, while a width of 120 cm is recommended for larger breeds. Partitions are placed between the beds, which, as a rule, are bent pipes with a height of 80 to 90 cm. The length of the bed can be different with a drop of 1 to 2%, and in relation to that, we distinguish long, medium and short beds. The length of the long bed is 2.2 meters, and its advantage is that the cows have a lot of space, which is mostly found in older barns. It also has its drawbacks because dung is

mostly done when the animal moves forward, when it feeds, so that the dung falls on the last quarter of the bed. Cows lie in the feces with their udders, so hygiene is more difficult. Because of this, this type requires large amounts of mat and a lot of manual work, so it is not recommended. The middle bed is the most widespread type of bed; its length is between 1.7 and 1.9 meters.

There is a manger in front, and a fertilising channel behind. Animal droppings are performed directly in the fertilisation channel, so no large amount of mat is needed, less work is required, and hygiene is at a much higher level. The length of the short bed is 1.4 to 1.6 meters. It leaves a little space for the animal, and dung is done over the channel, but the rear part of the animal is also over the channel when lying down, so the udder gets dirty. A mat is not desirable because it leads to clogging of the fertilising channel.

2.2. FREE RANGE SYSTEM BREEDING

Modern farming implies free range system breeding. This posture system is the most natural way in which the throat is provided with freedom of movement. Cows have a larger number of places to lie down, so they can choose a free place to lie down on their own. Freedom of movement and separation of functions that force cows to get up and move more often is very important, because it positively affects the general state of health, throat condition, length of use and production results. This holding system reduces the amount of human work to a minimum because every work operation is automated. The free housing system is almost without exception used for all larger herds starting from 10-20 cows and onwards. The main function of the cross tubes is to prevent the cow from going too deep on the bed, and at the same time, they make the cows learn to lie on the bed as correctly as possible. The transverse pipes also have the task of preventing the cows from standing on the bed, i.e. immediately after standing up, since they throw out the excrement, they pull back so that the excrement does not fall on the bed. The beds of this system can be high or low. High beds enable better hygiene maintenance, less work, but are more expensive. Low beds are cheaper but require more human labour due to the use of a mat. However, despite this circumstance, experts recommend using low beds more. The space for movement of cows in the barn should be large enough to allow unhindered movement of cows. This space should provide free access to places for feeding, going to the milking parlor and to the bed. The area of this space should be 3m² per cow. It is very difficult to meet the condition that the floor is not slippery and wet.

Deep matting is the cheapest and very simple way of keeping cows in stalls with deep matting. The basic characteristics of this method (system) of keeping are very large

quantities of mats of 8-10 kg per day per cow, and difficult maintenance of cow hygiene. Partitions between beds have a very important role because they should allow the legs to relax freely while lying down. The height of the partition is 80-100 cm, and it is very important that there are no sharp edges that could cause throat injuries.

Sloped floor barns are a new way of keeping cows in barns with a sloping floor. Stables with a sloping floor consist of two parts: a sleeping area and a feeding area. An important characteristic of a stable with a sloping floor is that the lying area has a slope of 5-10% - far less mats are used than with the previous method of keeping, because the mat is placed only at the top, which is well distributed and slowly moves downwards as the cow moves and lies down. The characteristics of deep mat and sloped floor cow housing are what allow the most natural way of cow housing.

3. NUTRITION OF HOLSTEIN FRIESIAN COWS

In order to achieve high milk yield in cows, it is necessary to determine the amount and content of daily rations. Excessive loading of the digestive tract with food adversely affects the course of digestion and the work of the heart and lungs, which can lead to various diseases. The amount of concentrated nutrients in the rations of dairy cows is determined based on their milk yield. If the milk yield of the cows is higher, the ration should be composed of a larger number of nutrients, including larger amounts of concentrates. The meal must satisfy the following criteria: that it is quantitatively sufficient, well-balanced, adequately chopped, neither too much nor too little, tasty and free of harmful impurities, with as little variation as possible in the composition of the meal. You should switch to a new type of food gradually, for a minimum of 7 days, because of the microflora of the rumen. Cows are fed at least as many times as they are milked at the same time.

The meal for cows should meet the needs for maintaining basic life functions (sustenance needs) and the needs for milk production. Depending on the production of milk and body mass (TM), up to 55% of energy is spent on maintenance needs. High milk production is not possible without adequate nutrition. For 1 kg of milk, a cow should consume at least 0.5 kg of dry matter (DM) - below that, problems arise in metabolism. Concentrated nutrients should not make up more than 60% of the ration.

3.1. NUTRITION OF COWS IN EARLY LACTATION (60-70 DAYS AFTER CALVING)

In the early stage of lactation (up to the 8th week), maximum milk production is achieved. The consumption of energy for the production of milk exceeds the amount of energy that the cow can take in with food, so that the so-called negative energy balance.

The consequences can be a thinning of the throat and a later entry into estrus. With good nutrition, the negative balance is corrected after 4 weeks. In the first days after calving, the diet is the same as before calving - the best quality hay and less than 3.5 kg of concentrate. After that, succulent nutrients (green mass, silage) are introduced, and the concentrate is increased by 0.5 kg/day until the desired amount is reached. After 15 days, advancing (increasing the concentrate) is carried out so as to ensure a higher production of milk by 3-5 kg compared to the beginning of advancing. This is done as long as the cow reacts by increasing milk yield, and then for 3-7 days, the same level of nutrition. After that, the concentrate is matched with milk production. This period is the most sensitive as far as nutrition is concerned, and it mostly depends on how the entire lactation will be. In the period of early lactation, obese cows may develop metabolic diseases such as ketosis, a disorder of carbohydrate metabolism. Ketosis occurs when fat reserves from the body are melted - broken down and ketone bodies are created, which accumulate in the blood, and the body is unable to remove them. Then there is a decrease in appetite and an increase in blood glucose.

3.2. MEDIUM LACTATION (70-140 DAYS AFTER CALVING)

In this period, maximum food consumption is reached 2-4 weeks after maximum milk production. The cow does not lose weight but maintains it or increases it. The amount of milk depends directly on the quantity and quality of nutrition. The maximum share of concentrate in the SM meal should be up to 60%. Larger amounts than this would lead to acidosis, indigestion and a decrease in milk fat content.

3.3. LATE LACTATION (140-305 DAYS AFTER CALVING)

Milk production is declining at a rate of 8-10% per month. The cow is pregnant during that period. Young cows should receive additional amounts of feed during that period because they are still growing. This period is optimal for improving the condition of the cows. The creation of body reserves is achieved without major metabolic problems or disorders (fatty degeneration of the liver and the like). At the end of this period, the cow is dried, i.e. abolition of one milking and reduction of meals.

3.4. FEEDING OF DRY COWS

Proper nutrition during drying can significantly increase milk production in the next lactation, then the possibility of metabolic problems during and after calving is reduced. During this period, the nutrients from the meal are most efficiently used to increase the

weight of the fruit. In order to avoid fattening of cows, it is recommended to give coarse feed of less nutritional value (wheat straw, meadow hay). About 2 weeks before calving, it is necessary to start giving concentrate that will be used during lactation. It is necessary to add other nutrients that are normally used during lactation, but not during drying. On the day of calving, the cow's appetite decreases significantly, and then only a little hay and bran are given, and water is limited. When the delivery is normal, the cow recovers quickly, so in the following days her diet enters the consolidation phase.

During our monitoring of the health status of cattle on farms, we observed a correlation between the influence of hoof disease on production results and concluded that they are of exceptional importance for the health and well-being of cattle on farms. To that end, we started our research aimed at:

- To investigate which leg and hoof diseases appear in the intensive way of keeping the Holstein Friesian (HF) breed of cows.
- To investigate the effect of previous hoof therapy of HF breeds dairy cows on the recurrence of the same diseases.
- To examine and correlate the influence of nutrition, hygiene and housing of high-milk cattle on the occurrence of diseases of the locomotor system of the HF cow breed.
- To examine and compare the % increase/decrease in the number of throats suffering from locomotor system diseases.
- To determine the prevalence within each farm as well as within the total population.
- To determine the incidence during four cycles of hoof processing on all seven farms and on each farm individually.
- To determine the mean value, variability, and the coefficient of variation of all examined paw diseases.

4. RESEARCH OF HOOF DISEASE IN FARM BREEDING

When researching hoof diseases in high-milk cows of the HF breed in an intensive way of keeping, data collected from seven farms of Agriculture Corporation (AC) near Belgrade were used. Data collection and processing were performed by a technologist for the processing of clows. Hoof processing and natural records of hoof processing and therapy were carried out by 12 workers employed in hoof care and hoof processing of AC. The data used in this research refer to a period of two years, 2022 and 2023, that is, they

include a period of four regular cycles of hoof processing and care at AC Belgrade. The number of treated cows in that period is 37,893.

The research did not include leg diseases such as arthritis, peri-arthritis, limb deformities (congenital or acquired), dislocations, fractures, and sprains of the limbs.

The research includes hoof diseases of bacterial, viral, and fungal etiology, as well as hoof diseases due to disorders of metabolic processes within the body, mechanical injuries and professional errors during hoof processing. Hoof care is extremely important in modern intensive cattle breeding. Highly productive dogs generally move very little, so their hooves grow too large, which leads to serious diseases. That is why constant care of the clows is necessary, which consists in constant maintenance of hygienic conditions and occasional but regular trimming of overgrown clows.

The processing of the hooves was performed on average twice a year, with the fact that individual recuperative heads underwent the treatment more than once, and are included in the total number of treated (third titrated) heads.

Hoof processing using the Dutch method (Raven's method) in 9,000 cows and heifers of the HF breed of the AC is performed by the Department for Functional Hoof Processing at the AC Animal Husbandry Centre. This department was formed in 2007 as an innovation in the technological process of modern cattle breeding and investments aimed at reducing production costs. AC Corporation employs 12 direct executors with an international certificate issued by eminent international experts in the field.

Functional processing of clows takes place in three segments. Regular trimming and shortening of claws to a functional length, control and therapy of diagnosed diseases and measures to prevent paw diseases. It is known that the hooves grow on average 0.5-0.8 cm per month, thus arriving at the calculation that the optimal time is around 6 months for a preventive hooves inspection and shortening to a functional length. Regular hooves treatment prevents certain diseases, cures existing ones, improves the general condition of the animal and increases milk production, from 5% to 35%.

The functional length of the hooves in adult female throats is 7.5 - 8.0 cm, measured from the edge of the crown edge. The height of the hoof should be on average 0.5 cm, and the angle between the front part of the horn and the sole should be 45° - 50°.

4.1. HOOF TRIMMING

Hoof trimming is performed by a trained technician or other professional with adequate knowledge of hoof trimming. It is performed in five stages, as follows:

1. Correction of the inner hoof of the hind legs in terms of length, thickness and height (front legs: correction of the outer hoofs).
2. Correction of the outer hoof of the hind legs, equalising in length, thickness and height with the inner hoof
3. Creating a hollow profile of the inner and outer hoof with relief of the main pressure points
4. Control and correction of the lower surface of the damaged hoof and the color of the deviating parts of the hoof horn.
5. Removal of loose horn.

* Visual inspection of the interphalangeal space as well as the phalangeal, carpal and tarsal joints.

If there is a need for parenteral antibiotic treatment, the hoof trimmer indicates this to the prescribing veterinarian, who makes the decision whether to apply or just stick with the therapy with a topical antibiotic spray.

Tools and auxiliary materials for hoof trimming

When processing hooves, it is necessary to have the appropriate tools and auxiliary equipment. The tools include:

1. **Grinder** - with an appropriate grinding plate intended for processing hooves, which can be:
 - with 3 to 7 blades on it; due to the high number of revolutions, the blades peel off excess horn in the form of thin flakes, without creating unnecessary dust. It is recommended for professional hoof processing workers, due to the comfort of use and the speed with which the desired results are achieved
 - Ground plate (finer or coarser fineness): a plate that files the horn and is recommended for beginners, for safer handling and reduced chances of injury to both the worker and the animal itself. However, improper handling can lead to burns to the sole of the hoof.
2. **Pliers for correcting hooves and claws**
3. **Reiser knives:** single-sided or double-sided; universal or single-sided for left and right hands
4. **Hoof ruler**, which determines the length, height and angle of the hoof before cutting
5. **Box for fixing the animal:** There are several types of fixing boxes, but the basic division is into walk-through and tilting.

In walk-through boxes, the animal is introduced into the box and at that time the head is fixed first, then the body with a wider belt that goes under the chest and another belt in front of the hind legs (to prevent uncontrolled falling and injury to the animal), then the legs that are being treated are fixed, according to the diagonal principle (front left - back right and vice versa). There are also several types of walk-through boxes, and this further depends on the colour of the throat that needs to be treated.

For smaller groups of animals, manual or semi-automatic boxes can be used in which the limbs are lifted manually or with a hydraulic lift, but the animal is fixed solely by the worker who does it. The maximum throughput of this type of box is about +/- 50 animals per day.

In automatic boxes, which are mainly used on large farms, the complete system of tying the animal, fixing the limbs and lifting them is carried out hydraulically. For such a box, one worker who processes the hooves is sufficient, without the need for service by auxiliary workers. The throughput of this type of box is about +/- 300 animals per day. The disadvantage of these types of boxes is that when introducing them into the box and fixing the head, the brachial nerve can be pressed, causing temporary or permanent paralysis of the animal. Such situations can be prevented by placing round tubes on the fixing part or wrapping the existing fixators with soft material.

In the case of tilting boxes, the animal is brought to the wall of the box, fixed there with the first belt across the chest - behind the front legs and the second belt in front of the rear legs, and then with a hydraulic lever it is brought into a lying position where all four extremities are fixed at once and accessible to the worker who processes them. The throughput of this type of box is about +/- 50 heads per day. The disadvantage of this type of box is that the animal is brought into a horizontal position, which can very easily lead to rumen dislocation, as well as the fact that the angle of the hoof during processing is changed to the physiological one, and that a less experienced worker can very easily make a mistake when processing the hoof.

Of course, the figures presented regarding the throughput capacity of the boxes refer to trimming the hoofs without additional major complications (such as amputation of the phalanges, or complicated Rusterholz ulcers, as well as in appropriate weather conditions)

- 6. Auxiliary materials** are all those tools that are used to successfully complete the intervention after hoof treatment, such as: bandages (bandage and cotton), gauze, cotton wool, blocks (wooden, plastic, rubber or foam), ATB spray (or other adequate types of medication intended exclusively for external use), ointments, creams or powders for rapid and aseptic wound healing. The

equipment that a hoof processing worker must have includes a protective suit, apron, gloves, as well as a visor or glasses. Protective footwear with reinforced toe caps is also mandatory in order to reduce the possibility of injuries during work.

5. STATISTICAL METHODS APPLIED DURING DATA PROCESSING

- Variance $S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$ is used for statistical inference
- Standard deviation $S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$ for the sample, regardless of the purpose of use
- Coefficient of variation $CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$
 - o $\bar{X}$ arithmetic mean

Variance and standard deviation are directly related because variance is the square root of the standard deviation, and standard deviation is the square root of the variance. Like the mean, they are used on data that are at the interval or ratio level of measurement.

Variance and standard deviation are used in inferential statistics.

The formal definition of variance is that it is the average of the squares of the differences between scores and the mean. From the definition, it follows that when calculating variance, the difference of each score from the mean is first calculated, then the difference is squared, and the squared difference is divided by the number of scores in the distribution.

Variance and standard deviation are sensitive to extreme values because they are based on the distance of individual scores from the mean.

- Cumulative incidence (CI) (absolute risk, incidence risk, incidence) represents the probability that healthy animals at the beginning of the monitoring period will become ill during that period, and is calculated as the number of new cases in a given period divided by the size of the susceptible population (population at risk) at the beginning of the monitoring. Cumulative incidence represents a share/proportion, so it has no unit.

$$CI = \frac{\text{number of new cases in a certain period of time}}{\text{No. susceptible to the disease at the beginning of the monitoring period}} \times 10n$$

- Prevalence can be measured over a certain period, PP (periodic prevalence). Prevalence is an important indicator that has found application in the organisation of health services (funds for treatment costs, hospital accommodation capacities, etc.)

$$PP = \frac{\sum \text{number of diseases in a certain period of time}}{\text{the entire population in the middle of the period}}$$

6. RESEARCH RESULTS

6.1. HOOF DISEASES

Hoof diseases represent a major problem of modern intensive cattle production from the aspects of animal husbandry and animal health care. Among them, bacterial diseases have a significant place. One of them is foot rot, also known as foul-in-the-foot, interdigital necrobacillosis or infectious pododermatitis. As the name suggests, it rots away the foot of the animal, more specifically, the area between the two toes of the affected animal. It is extremely painful and contagious. It can be treated with a series of medications, but if not treated, the whole herd can become infected.

6.1.1. Infectious Hoof Lesions

The cause of the infection in cattle is anaerobic bacteria *Fusobacterium necrophorumnecrophorum*, *Dichelobacter nodosus*, *Trueperella pyogenes*, *Porphyromonas levii*, and *Prevotella intermedia*.

The bacteria normally are normally present in the GI system of cattle and, as a result, are also found in the animal's environment. These bacteria invade through a breach in the interdigital skin and then work synergistically to cause inflammation and necrosis of the soft tissues in the lower leg. The first sign of a foot-rot infection is when the skin between the claws of the hoof begins to swell (cellulitis). Swelling usually appears 24 hours after infection. The skin between the toes may be very red and tender and the toes may separate because of all the swelling. This is very painful to the animal and can cause lameness. The animal may also have a raised body temperature. A crack can develop along the infected part and is yellow in colour. The foot will have a foul odour. Tendons and joints in the area can become infected, which is much harder to treat. A condition known as "super foot rot" is seen in some animals. Superfoot rot infection occurs much faster and is usually much more severe.

6.1.1.1. Digital Dermatitis

Digital dermatitis is an infectious condition of the skin that commonly occurs in the interdigital cleft of the foot.

When the skin of a cow's foot is damaged by mechanical irritation and maceration by water and chemicals, a synergistic group of bacteria can invade the compromised skin barrier and create acute inflammation and infection of the dermis and epidermis. These bacteria are common in the environment and normally live in the rumen. The fact that digital dermatitis is not present on all farms suggests that more virulent strains of these bacteria are present on some farms. *Treponema* spp are a necessary component of this group of bacteria for generating disease. *Treponema* spp are gram-negative spirochetes that are microaerophilic and can encyst to protect themselves. As the bacteria invade the epidermis and damage the different layers, the body responds with a local inflammatory process that can result in hyperkeratosis and proliferative lesions.

When the skin of a cow's foot is damaged by mechanical irritation and maceration by water and chemicals, a synergistic group of bacteria can invade the compromised skin barrier and create acute inflammation and infection of the dermis and epidermis. These bacteria are common in the environment and normally live in the rumen. The fact that digital dermatitis is not present on all farms suggests that more virulent strains of these bacteria are present on some farms. *Treponema* spp are a necessary component of this group of bacteria for generating disease. *Treponema* spp are gram-negative spirochetes that are microaerophilic and can encyst to protect themselves. As the bacteria invade the epidermis and damage the different layers, the body responds with a local inflammatory process that can result in hyperkeratosis and proliferative lesions.

When the skin of a cow's foot is damaged by mechanical irritation and maceration by water and chemicals, a synergistic group of bacteria can invade the compromised skin barrier and create acute inflammation and infection of the dermis and epidermis. These bacteria are common in the environment and normally live in the rumen. The fact that digital dermatitis is not present on all farms suggests that more virulent strains of these bacteria are present on some farms. *Treponema* spp are a necessary component of this group of bacteria for generating disease. *Treponema* spp are gram-negative spirochetes that are microaerophilic and can encyst to protect themselves. As the bacteria invade the epidermis and damage the different layers, the body responds with a local inflammatory process that can result in hyperkeratosis and proliferative lesions.

Digital dermatitis presents in a variety of stages, ranging from painful, bright red, ulcerated skin lesions to less painful, gray-black, circular, granulomatous skin lesions.

Edges can have a white margin and/or “hairs” protruding from them. Lesions are clearly demarcated and are typically located in the interdigital cleft; they can also occur at other locations, such as in the interdigital space or at the front of the foot. Severe lesions can become either proliferative with filamentous projections or hyperkeratotic. For practical purposes, it is useful to classify lesions as active (painful and ulcerative lesions > 2 cm) or chronic (gray-black hyperkeratotic lesions without painful ulcerative lesions > 2 cm).

6.1.1.2. Mortellaro's Disease

Dermatitis digitalis (Mortellaro's disease) is a bacterial infection that causes ulcerative inflammation of the skin in the area above the hind hoof and, less commonly, above the interphalangeal space of the fore hoof. It was first described by Cheli and Mortellaro in 1974 in Italy.

The observed changes characteristic of dermatitis digitalis are: inflammation of the superficial layers of the skin, increased redness up to 10 cm in diameter, coarse, long and bristly hair, pustular changes that look like strawberries or raspberries with the secretion of an unpleasant odour (Hadžić I. et al., 2016).

An extremely contagious disease of the hoof of cattle of multicausal etiology.

6.1.1.3. Foot Rot In Cattle

Foot rot is recognised by the sudden onset of lameness, accompanied by symmetrical swelling of the lower leg above the hoof. It can present in an outbreak at the herd level as a result of the sudden exposure to a risk factor for the disease. Depending on the stage of the disease, the interdigital skin splits open, and a foul-smelling discharge is noticeable. In more severe cases, loose pieces of necrotic tissue can be easily removed from the interdigital space.

Foot rot is a sporadic infection of the soft tissues of the foot in dairy and beef cattle, creating a sudden onset of mild to severe lameness.

The most common bacteria associated with foot rot are *Fusobacterium necrophorum*, *Dichelobacter nodosus*, *Trueperella pyogenes*, *Porphyromonas levii*, and *Prevotella intermedia*. They are all gram-negative anaerobes that are present in the GI system of cattle and, as a result, are also found in the animal's environment. These bacteria invade through a breach in the interdigital skin and then work synergistically to cause inflammation and necrosis of the soft tissues in the lower leg.

The key focus to prevent foot rot is to prevent skin damage, thereby removing the opportunity for bacterial infection. Skin damage, typically of mechanical origin, results

from contact with rocks, sharp edges, cables, and other hazardous objects or protrusions in the animal's housing environment. Skin damage can also result from chronic wetting of the foot in muddy or wet and dirty environments. On dairy farms, the use of foot baths with a range of disinfectants is an aid to clean and disinfect the interdigital skin. Currently, no pharmaceutical products are labelled with a claim to prevent foot rot.

6.1.1.4. Septic Inflammation Of The Foot Corio (*Pododermatitis septica*)

The cause of the disease is penetration of the causative agents of suppuration and necrosis through the damaged horn to the corium. There, they multiply in an ideal environment, causing the described inflammation with the destruction of the corium layers to a greater or lesser extent. In the advanced stage, the corium separates from the horn.

Recognition of lameness of a medium to high degree. At the beginning of the disease, the changes are insignificant, or there are no visible changes, and later redness with tempering appears in the crown edge and in the area of the pad. Sensitivity to pressure occurs.

The course of the disease is spread and flare-ups of the inflammation if the cause of the disease is not eliminated.

Therapy (treatment): Opening the focus of inflammation, and removing the damaged horn, i.e. the horn that is separated from the corium. The diseased area is relieved with hoof treatment, placing a block (knob) or bandage when necessary.

6.1.1.5. RUSTERHOLZ'S ULCER (Chronic limited (circumscript) purulent-necrotic inflammation of the medial plantar part of the corium)

Rusterholz's ulcer is the occurrence of a chronic limited ulcer of the medial plantar part of the corium due to stretching of the deep flexor tendon, caused by the incorrect posture of the animal, inadequate, too short beds, as well as inadequate and unprofessional hoof treatment (Hadžić I. et al., 2014).

Rusterholz's ulcer mainly affects animals older than 30 months. The occurrence of Rusterholz's ulcer as a consequence of chronic laminitis is manifested by a disorder of limb posture, an incorrect position of the spinal column due to difficult movement caused by pain in the hoof area.

Despite the severe clinical picture of the affected animal, the course and prognosis are in most cases favorable if the correct method and adequate therapy are applied by a professional and trained person.

6.1.1.6. Heel Erosion Or Stinky Foot (*dermatitis interdigitalis*)

Dermatitis interdigitalis is a bacterial inflammation of the heel and the skin between the two toes and the area of the pads, very similar to dermatitis digitalis, from which it is distinguished only by the location of the lesions (Metzner, 2001). In previous years, dermatitis interdigitalis was the most common hoof disease problem in the region (Zemljič, 2007).

Cracks are formed, where later a surface exudate is formed, separated by erosions in the interphalangeal space towards the pads. Uneven and excessive growth of the horn with the formation of folds in the area of the pads leads to the beginning of incorrect loading, later to contusion of the corium and finally to lameness (Hadžić I. et al., 2013).

The decomposition of necrotic tissue produces an extremely unpleasant odour, which is why this disease is also known as “Stinky foot” and “Heel erosion”

6.1.2. NONINFECTIOUS HOOF LESIONS

Noninfectious hoof lesions in cattle are non-contagious structural, environmental, or metabolic failures of the claw horn, including sole ulcers, white line disease, and haemorrhages. Primarily caused by nutritional, environmental (slurry/concrete), or mechanical stress, these lesions often cause significant pain, lameness, and reduced fertility.

6.1.2.1. Laminitis (*Pododermatitis aseptica diffusa*):

Laminitis, as a disease, is based on a disorder of the microcirculation of the vascular network of the corium, which leads to irregular growth of the horn and its poor quality. Pododermatitis aseptica diffusa occurs in most cases in several places at the same time.

The cause of the disease is improper and inadequate nutrition, as well as/ or poor components within the feed. Local consequences, severity of the disease and development may differ from case to case:

Acute lameness: A sudden onset of severe lameness with signs of severe pain, causing the cows to be unable to move and mostly lie down. There are no visible changes to the hooves, but they have hot (temperate) legs and strong pulsation of the blood vessels in the lower parts of the legs. There is swelling of the coronal edge, and when the hoof is pressed with forceps, the animal reacts with a clear defensive reaction. Significance: relatively rare, clear symptoms, mostly a problem of one animal

Subacute lameness: There are no external visible symptoms, but a slight change in the horn is observed on the hooves in the area of the white line, from yellowish to reddish

in color, which indicates the disease. The horn is brittle and brittle. Affected animals rarely show pronounced lameness, but walk stiffly, and mostly lie down without clear signs of the disease. Significance: Occurs frequently, economically significant

Chronic lameness: Very pronounced changes in the front part of the hoof wall (horn rings and deep grooves between them) with a widened hoof in the area of the white line. These changes in the horn do not lead to lameness, but additional diseases such as ulcers and inflammation of the corium, if they last longer, can lead to the lowering or rotation of the metatarsal bone. Significance: Occurs frequently, economically significant, the problem is the entire foot.

6.1.2.2. Sole Hemorrhages In Cattle

Sole haemorrhages typically occur beneath the flexor tuberosity of the third phalanx (P3) or along the white line; they can also occur on any part of the weight-bearing surface of the hoof. The lameness associated with a sole haemorrhage varies in relation to the time since onset and the size of the haemorrhage. Sole haemorrhages should be thought of as precursors to more severe hoof lesions, such as sole ulcers.

Sole haemorrhages result from the pressure of P3 on the corium. This pressure is a consequence of changes in the suspending and supporting structures that are due to mechanical and or metabolic processes. As a result of the pressure, the corium leaks blood into keratinocytes at the dermal-epidermal interface. The timing and amount of pressure determine the amount of haemorrhage visible on the hoof. Extended periods of pressure lead to more severe hoof lesions, such as sole ulcers and white line disease. Sole haemorrhages present as red, yellow, blue, and/or purple discolouration of the hoof horn.

Cows with a sole haemorrhage may or may not show clinical signs of lameness at the time of diagnosis. This inconsistency in lameness is due to the inherent lag between the development of a sole haemorrhage and the visibility of this hemorrhage on the sole surface. Sole haemorrhages can be an incidental finding at the time of hoof trimming. In addition, cows with a history of lameness may present with sole haemorrhage at the site of their previous lesions.

6.1.2.3. Sole Ulcers In Cattle

Sole ulcers are damaged or penetrated areas of the sole horn due to increased pressure and repeated compression of the corium. They commonly occur beneath the flexor tuberosity of P3. They are associated with varying amounts of pain and resulting changes in weight-bearing.

In their early stages, sole ulcers and sole haemorrhages share a common pathogenesis. Sole ulcers develop as a result of continuous pressure by the flexor tuberosity of P3 on the corium. This pressure, triggered by movement and sinking of P3, leads to changes and weakening of the suspending and supporting structures of P3 because of mechanical, hormonal, and/or metabolic processes. As a result of this pressure, the corium initially leaks blood into keratinocytes at the dermal-epidermal interface (resulting in the haemorrhage). Over time, the pressure from P3 leads to the destruction of keratinocytes and the interruption of horn growth, causing the corium to protrude through the horn defect. The pressure on the corium also initiates an inflammatory pathway, resulting in long-term structural changes to P3 and the corium.

6.1.2.4. White Line Disease In Cattle

The term white line disease encompasses a range of lesions (haemorrhages, fissures, separations, abscesses) that occur in the white line region.

The exact cause of white line lesions is unclear. The white line is made up of three different types of horn, all of which are weaker than the wall and sole horn. Currently, the pathogenesis of white line disease is thought to be similar to that described for sole ulcers, in which P3's suspensory mechanisms are compromised, resulting in damage to the keratinocytes that grow white line horn. Internal and external traumatic forces generate a shearing action at the white line that can cause hoof wall separation. These gaps can allow the entry of bacteria and foreign bodies, resulting in damage to the corium and inflammatory changes to P3.

6.1.2.5. Thin Soles In Cattle

Thin sole lesions occur when the sole horn has worn away enough that the sole flexes with digital pressure, but the corium is not exposed.

Lameness has long been one of the three major economic disorders, particularly in dairy cattle. Thin soles, excessive wear of the soles, are only one reason for lameness. Their occurrence varies from farm to farm. Outbreaks may occur on intensively managed dairy farms, particularly on pasture-based systems. However, the disorder has been recognised in housed dairy and feed-lotted beef cows. Typically, thin soles are seen in dairy cows in early lactation exposed to wet conditions at the claw level and long walking distances. Abrasive material/s on the walking surfaces and feeding platforms usually speed up the process of excessive wear. Excessive sole wear may be expected in new or re-concreted milking parlours and yards. The new concrete is very abrasive. In such situations, more

than half of the herd may develop lameness within a few weeks of exposure to the new/re-concreted area (popularly referred to as 'new concrete disease').

Early signs of thin soles include a slow, painful gait. The walking style is often described as 'walking on eggshells'. Milk production is lowered at the individual cow and group level. On clinical examination, the dorsal wall of the claw is short, and the sole is flexible on thumb pressure. Haemorrhages in all claw zones may be present. The incidence of sole ulcers, white line disease, toe ulcers, subsolar abscess and osteitis of the third phalanx is often increased. Control should aim to prevent excessive wear, early detection of the affected cows and improve the claw horn quality. This article discusses the thin sole disorder, not addressing that caused by over-trimming.

Thin soles can result from overtrimming or from excessive wear as a result of walking on an abrasive surface. Abrasive walking surfaces or bedding materials are typically necessary factors in thin sole development. These factors, combined with long walking distances or aggressive or poor handling practices, lead to slipping and increased wear of the sole. Another predisposing factor to increased wear of the sole is abrupt changes in the animal's walking surfaces, such as going from pasture or dirt lots to concrete flooring.

6.1.2.6. Toe Ulcers And Toe Necrosis In Cattle

Toe ulcers and toe necrosis are sequelae of thin soles that cause severe lameness. The factors that result in toe ulcers and toe necrosis are similar to those that cause thin soles. Together, these toe lesions should be thought of as a continuum. Toe ulcers and toe necrosis develop because thin soles go undiagnosed or because the abrasion is so excessive that the thin-sole stage is very short. Once the corium is exposed, bacteria have an entry point and can proliferate. Furthermore, an inflammatory process develops as a result of bacterial invasion or the original traumatic process. Both the bacterial and inflammatory processes result in widespread damage to the corium that can eventually extend to parts of P3.

6.1.2.7. CORKSCREW CLAW IN CATTLE

A corkscrew claw is a structural abnormality of the phalanges that occurs in both beef and dairy cattle. Historically, it occurred on the lateral hind hooves of older animals. but is now reported in medial hooves of both the front and back feet of younger animals as well.

The exact cause of corkscrew claws is unknown. Historically, the presentation in older animals was thought to have both genetic and environmental components. The newer development of corkscrew syndrome in younger animals seems to have more of an environmental component, because it appears to occur in specific situations. The anatomical changes present in corkscrew claws – such as rotation, bone remodelling, and narrowing of P3 – suggest that specific factors experienced during an animal's development lead to these changes. It is currently unclear whether the changes in P3 are the cause of external changes or the external changes occur first, followed by changes in P3.

Breed and growth rate have been associated with the development of corkscrew claws. Similarly, raising young animals in an environment that has lots of traction (eg, sand bedding), as well as competition or infrequent feed delivery in the feed bunk area, appears to increase the prevalence of corkscrew claw. All of these risk factors suggest that the pathogenesis is due to excessive rotational forces on P3 during periods of increased laxity in ligaments and tendons.

6.1.2.8. Fissures In Cattle

Fissures form in the walls of hooves in both dairy and beef cattle and may cause lameness if they extend to the corium. Fissures are uncommon in most herds. By direction and location, they can be classified into horizontal, vertical, and axial wall fissures.

The pathogenesis of axial and vertical fissures is not well understood. Vertical wall fissures are more common in beef cattle housed in hot, dry, and sandy climates. Vitamin and mineral deficiencies are thought to be contributing factors because of their role in hoof horn development and integrity. Axial wall fissures are even less researched, although some association with digital dermatitis has been reported anecdotally. Horizontal fissures occur when a variety of severe metabolic or physiological events disrupts horn production. Because of the multiple segments that make up the wall, the grooves do not typically extend to the corium.

Horizontal and vertical fissures occur on the dorsal wall and can be identified without picking up the cow's foot. Vertical wall fissures are more common in the front feet of beef cattle on pasture and can originate from various locations, including the coronary band, toe, or the middle of the wall. Horizontal wall cracks typically occur on multiple hooves on the same animal at approximately the same location. When the horizontal wall crack approaches the toe area, it is likely to become separated from the underlying wall. Axial wall cracks extend from the sole to the coronary band on the axial wall.

6.1.2.9. Deep Digital Sepsis In Cattle

Deep digital sepsis is an infection of the foot that involves the deeper structures, typically including the distal interphalangeal joint and flexor tendons. Deep sepsis can be an infrequent sequela to lesions such as foot rot, sole ulcers, and white line disease.

Deep digital sepsis is a sequela of other hoof lesions, such as foot rot, sole ulcers, white line disease, and, more rarely, puncture wounds. Delayed or inappropriate treatment of these lesions can increase the occurrence of deep sepsis. Deep digital sepsis occurs after the inflammation, bacterial contamination, and necrosis associated with these original hoof lesions have reached the distal interphalangeal joint, the deep flexor tendon, or other deeper structures, such as the navicular bursa. At this stage, normal treatments for the original lesions are ineffective, and the animal responds with a localised inflammatory response.

6.1.2.10. Interdigital Hyperplasia In Cattle

Interdigital hyperplasia is the growth of fibrous tissue in the interdigital space of beef and dairy cattle.

The pathogenesis of interdigital hyperplasia is thought to be multifactorial, but it is not well understood. Chronic interdigital skin irritation is the primary factor; factors that contribute to this irritation are thought to include poor hygiene, hindered walking surfaces, and other infectious hoof lesions. In dairy herds, hyperplasia appears to be related to other infectious hoof lesions, such as foot rot and digital dermatitis. The irritation and bacteria that cause infectious hoof lesions can also cause hyperplasia of the skin cells. Another relevant factor is the strain exerted on interdigital ligaments by inappropriate hoof-trimming practices, abnormal conformation, or unstable walking surfaces; this strain is believed to predispose to interdigital hyperplasia.

6.1.2.11. Papillomatous Dermatitis Digitalis (*dermatitis papillomatosis*)

Papillomatous dermatitis digitalis is the latest identified variety of digitalis dermatitis of cattle hoofs of multicausal etiology.

In the initial phase, there are small, thin white papillae with a velvety appearance, while in the advanced phase of the disease, the papillae can reach a length of over 10 cm and be visibly noticeable on the caudal side of the hoof. The papillae of the affected hoof are highly contagious, and careful handling of waste material and its harmless disposal are necessary.

The appearance of the papillae is accompanied by a colourless exudate with a very unpleasant odour.

6.1.2.12. Swelling Between The Hooves (fibroma, limax, tiloma)

In the etiology of this disease, several causative agents have been identified so far, but none as primary. The disease occurs as a result of: inadequate substrate, positive genetic predisposition, pathogenic agents present in the environment (*fusobacterium necrophorum*), mechanical injuries, irritation of the interpalpary space and avitaminosis.

Fibroma is a hyperplasia of the skin of the interpalpital space in the form of pale pink to dark gray and brown callus. The formation of calluses and hyperplastic formations on the skin of the interpalpital space after chronic irritation of the interpalpital tissue caused by various factors (Hadžić I. et al. 2014).

In the case of extremely large fibroids due to their positioning in the interpalatine space, luxation of one of the phalanges and their fracture is possible.

6.1.2.13. PANARITIUM, leg rot, red leg, (*Necrosis interdigitalis*)

Panaritium is a purulent inflammation of the inter-hoof tissue of the heel and crown, occurring in a lighter (purulent) or more severe (necrotic) form of the hoof with the appearance of moderate swelling of the affected regions.

Several microorganisms, streptococci, staphylococci, clostridia and/or fungi, participate in the development of the disease.

Sudden onset of moderate to severe lameness. Temperate swelling of the heel and/or crown edge occurs, which spreads to involve the proximal extremities. The general condition is disturbed with a temperature often up to 41° C.

6.1.2.14. OVERGROWN HOOF (Stable, forced, beaked, sickle, scissored)

The cause is insufficient, improper and unprofessional, or rarely (never) performed hoof care (treatment).

Overgrown hooves and improper loading of one or more hooves often occurs in a bound hoof system. Also with soft ground.

Animals are reluctant to walk, suffer pain and exhibit lameness. Overgrown claws also cause problems with ligaments and joints.

7. PREVALENCE OF HOOF DISEASE ON SEVEN EXAMINED FARMS

The test was carried out on seven AC Corporation farms in the period from 03.12.2022. until 08.12.2023. year during the regular treatment of clows, and on that occasion six paw diseases were diagnosed.

Table 1: Diagnosed hoof diseases

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Circle Farm		I	II	I-II	III	II-III	IV	III-IV	I-IV	Σ
Farm 01	Dg.	Date 25.01.-05.03.2022	Date 01.08.-03.09.2022	%	Date 02.02.-10.03.2023	%	Date 09.08.-21.08.2023	%	%	
		Σ 1681	Σ 1708		Σ 1585		Σ 1706			Σ 6680
	L/CI	1494	1584	4.35	1491	1.42	1529	-4.72	0.84	6098
		88,87%	92,74%		94,06%		89,62%			
	Rh/CI	229	372	59.83	229	-33.65	458=26,84+ps=489	98.48	110.43	1319
		13,62%	21,77%		14,44%		28,66%			
	DiD/CI	1157	1053	-10.42	1127	15.33	1279	5.44	8.94	4616
		68,82%	61,65%		71,10%		74,97%			
	DD/CI	227	442	91.63	471	14.84	478	-5.72	107.48	1618
		13,50%	25,87%		29,71%		28,01%			
	P/CI	36	23	-37.38	21	-1.49	20	-11.36	-45.33	100
		2,14%	1,34%		1,32%		1,17%			
	F/CI	81	136	85.49	76	-39.82	140	71.19	70.48	433
		4,81%	7,96%		4,79%		8,20%			
	P.S.	x	x		x		31 = 1,81%			
	Σ Blok	/	42		28		176 = 10,31%			
Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ

Farm 02	Dg.	Date 30.03-20.05.2022	Date 29.10.-17.11.2022	%	Date 13.05.-07.06.2023	%	Date 03.11.-08.12.2023	%	%	
		Σ 1725	Σ 1381		Σ 1277		Σ 1447			Σ 5830
	L/CI	1521	1240	1.84	1123	-2.06	1410	10.80	10.51	5294
		88,17%	89,79%		87,94%		97,44%			
	Rh/CI	199	321	101.56	308-24,11% +ps=345	16.48	435=30,06% +ps=484	23.53	190.03	1349
		11,53%	23,24%		27,07		33,44%			
	DiD/CI	1248	961	-3.81	974	9.61	872	-23.98	-16.69	4055
		72,34%	69,58%		76,27%		60,26%			
	DD/CI	287	389	69.33	399	10.94	664	46.86	175.89	1739
		16,63%	28,16%		31,24%		45,88%			
	P/CI	18	13	-13.46	17	47.78	12	-38.35	-21.15	60
		1,04%	0,9%		1,33%		0,82%			
	F/CI	97	131	68.68	104	-14.14	132	12.04	62.27	464
		5,62%	9,48%		8,14%		9,12%			
	P.S.	x	x		37 = 2,89%		49 = 3,38%			
	Σ Blok		29		118 = 9,24%		161 = 11,12%			
Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ
Farm 03	Dg.	Date 13.11.2009-21.01.2022	Date 19.05.-11.06.2022	%	Date 18.11.-13.12.2022	%	Date 06.06.-22.06.2023	%	%	
		Σ 1259	Σ 1179		Σ 1197		Σ 1246			Σ 4881
	L/CI	871	1094	34.13	1089	-1.96	1166	2.86	35.25	4220
		69,18%	92,79%		90,97%		93,57%			
	Rh/CI	268	168	-33.08	349	104.70	337=27,5 +ps=358	-1.44	35.01	1143
		21,28%	14,24%		29,15%		28,73%			
	DiD/CI	622	850	46.69	798	7.95	950	14.37	54.33	3220
		49,40%	72,42%		66,66%		76,24			
	DD/CI	601	275	-51.14	388	38.98	348	-13.85	-41.50	1612
		47,73%	23,32%		32,41%		27,92%			
	P/CI	x	7		77	989.83	18	-77.60	144.07	102
			0,59%		6,43%		1,44%			
	F/CI	x	83		14	-84.45	108	646.55	16.08	205
			7,46%		1,16%		8,66%			
	P.S.	x			x		21 = 1,68%			
	Σ Blok	3	2		118		131 = 10,51%			
Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ

Farm 04	Dg.	Date 03.12.2009- 16.01.2022	Date 10.06.- 05.07.2022	%	Date 14.12.- 31.12.2022	%	Date 21.06.- 14.07.2023	%	%	
		Σ 1273	Σ 1124		Σ 1157		Σ 1137			Σ 4691
	L/CI	1129	1112	2.69	1048	-0.55	1040	0.98	3.13	4329
		88,68%	91,07%		90,57%		91,46%			
	Rh/CI	241	128	-44.64	202	66.50	211=18,55% +ps=229	15.42	6.39	800
		18,93%	10,48%		17,45%		20,14%			
	DiD/CI	695	972	40.32	838	-5.46	800	-2.84	28.88	3305
		54,59%	76,60%		72,42%		70,36%			
	DD/CI	191	345	88.33	407	24.49	350	-12.48	105.2	1293
		15%	28,25%		35,17%		30,78%			
	P/CI	7	5	-25.92	61	121.75	7	-88.42	12.96	80
		0,54%	0,40%		5,27%		0,61%			
	F/CI	44	65	54.20	10	-83.83	55	461.62	40.0	174
		3,45%	5,32%		0,86%		4,83%			
	P.S.	x	x		x		18 = 1,58%			
	Σ Blok	x	9		39		72			

Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ
Farma 05	Dg.	Date 04.03.- 29.03.2022	Date 04.09.- 30.9.2022	%	Date 11.03.- 07.04.2023	%	Date 20.09- 17.10.2023	%	%	
		Σ 1531	Σ 1322		Σ 1321		Σ 1287			Σ 5461
	L/CI	1214	1177	12.28	1279	8.74	1242	-0.33	21.70	4912
		79,29%	89,03%		96,82%		96,5%			
	Rh/CI	205	404	128.32	264	-34.59	428=33,25% +ps=479	86.23	178.10	1352
		13,38%	30,55%		19,98%		37,21%			
	DiD/CI	960	775	-12.11	939	21.25	910	-0.53	5.99	3584
		66,70%	58,62%		71,08%		70,70%			
	DD/CI	509	542	23.31	441	-18.56	438	1.94	2.37	1930
		33,24%	40,99%		33,38%		34,03%			
	P/CI	30	25	-35.89	19	14.4	21	13.98	-16.41	95
		1,95%	1,25%		1,43%		1,63%			
	F/CI	212	125	-31.72	146	-3.80	203	73.48	13.94	686
		13,84%	9,45%		9,09%		15,77			
	P.S.	x	x		x		51 = 3,96%			
	Σ Blok	x	36		41		232 = 18,02%			
Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ

Fara 06	Dg.	Date 25.01.- 23.04.2022	Date 01.10.- 30.10.2022	%	Date 08.04.- 12.05.2023	%	Date 17.10.- 18.11.2022	%	%	
		Σ 1787	Σ 1319		Σ 1335		Σ 1405			Σ 5846
	L/CI	1399	1201	16.31	1200	-1.37	1344	6.51	22.19	5144
		78,28%	91,05%		89,8%		95,65%			
	Rh/CI	221	420	157.60	236	-44.50	457=33,52% +ps=538	116.69	209.79	1415
		12,36%	31,84%		17,67%		38,29%			
	DiD/CI	1118	840	-1.79	875	2.92	1029	11.73	17.05	3862
		62,56%	63,68%		65,54%		73,23%			
	DD/CI	650	578	20.48	506	-13.50	547	2.71	7.03	2281
		36,37%	43,82%		37,9%		38,93%			
	P/CI	17	18	43.15	26	42.64	37	35.56	176.84	98
		0,95%	1,36%		1,94%		2,63%			
	F/CI	145	104	-2.83	135	28.29	82	28.09	59.68	466
		8,11%	7,88%		10,11%		12,95%			
	P.S.	x	x		x		81 = 5,76%			
	Σ Blok	x	36		93=6,96%		219			

Circle		I	II		III		IV		I-VI	Σ
Fara 07	Dg.	Date 21.02- 22.02.2022	Date 06.07.- 31.07.2022	%	Date 31.12- 01.02.2023	%	Date 15.07- 17.08.2023	%	%	
		Σ 983	Σ 1097		Σ 1208		Σ 1216			Σ 4504
	L/CI	888	995	0.40	1208	10.25	1129	-7.16	2.77	4220
		90,33%	90,70%		100%		92,84%			
	Rh/CI	117	281	115.21	166	16.35	303=24,9% +ps330	97.45	127.98	894
		11,90%	25,61%		13,74%		27,13%			
	DiD/CI	804	699	-22.10	907	17.84	824	-9.75	-17.15	3234
		81,79%	63,71%		75,08%		67,76%			
	DD/CI	285	315	-0.96	434	25.04	310	-28.99	-12.07	1344
		28,99%	28,71%		35,9%		25,49%			
	P/CI	7	54	592.95	9	-84.75	13	41.33	49.29	83
		0,71%	4,92%		0,75%		1,06%			
	F/CI	112	146	16.76	130	-19.09	247	88.75	78.31	635
		11,39%	13,30%		10,76%		20,31%			
	P.S.	x					27 = 2,22%			
	Σ Blok	x	26		15		129			

Legend:

- Column A: represents the farm on which the hooves were processed

- Column B: represents the diagnosis of the disease
- Column C: represents hoof therapy I path
- Column D: represents hoof II treatment
- Column E: represents the percentage of disease increase/decrease compared to the first time
- Column F: represents hoof therapy III way
- Column G: represents the percentage of increase/decrease of the disease in relation to the II way
- Column H: represents hoof IV treatment
- Column I: represents the percentage of increase/decrease of the disease in relation to the III path
- Column J: represents the percentage of increase/decrease in diseases from I to IV.

From table 1, where, in addition to natural data, the percentages of increase/decrease of the disease during the four cycles of processing the clows are shown, we can conclude that: The percentage of increase/decrease of the disease by farms from the first to the fourth cycle of hoof processing moved as follows: during four cycles of hoof processing and therapy, farm F1 managed to maintain the percentage of laminitis occurrence at relatively the same level with an increase of 0.84%, while on the F3 farm that number increased by 35.25%. Rusterholz's ulcer recorded the highest increase on the F6 farm of 209.75%, while on the F4 the increase was only 6.39%. Dermatitis interdigitalis recorded the greatest increase on the F3 farm by 54.33%, while on the F7 farm it decreased by -17.16%. Dermatitis digitalis has the highest percentage of increase on the farm F4, and that is 175.89%, while its decrease was observed on the farm F3 of -41.50%. The reduction of Panaricium occurred on the F1 farm by -45.33%, while on the F6, there was an expansion of this disease by 176.84%. The number of throats affected by fibroma increased on farm F7 by 78.31%, while on F5 the increase was only by 13.94%.

Table 2: Total number of sick cows by diagnosis on seven farms.

A	B	C
	Σ 37893	100 %
L	34217	PP 90.29 %
Rh	8272	PP 21.82 %
Did	25876	PP 68.28 %
Dd	11817	PP 31.18 %
P	618	PP 1.63 %
F	3063	PP 8.08 %

Legend:

A. Disease diagnoses: L – laminitis; Rh - Rutterholz ulcer; Did - dermatitis interdigitalis; Dd - dermatitis digitalis; P – panaritiun; F - fibroma

B. Total number of treated heads (all seven farms)

C. Percentage of diseases in the entire zapat (all seven farms) PP (periodic prevalence)

In Table 2, we see the total and percentage share of the disease in the entire region. The percentage of periodic prevalence by diseases is for laminitis 90.29%, for Rusterholz's ulcer 21.82%, dermatitis interdigitalis 68.28%, dermatitis digitalis 31.18%, panaritium 1.63% and fibroma 8.08%

8. INFLUENCE OF PREVIOUS THERAPY ON THE RECURRENCE OF THE SAME HOOF DISEASES

Table 3. Diagnosed hoof diseases, variance, standard deviation and coefficient of variation.

	L		Rh		DiD	
	No	% TP	No	% TP	No	% TP
1	6098	91.29	1319	19.74	4616	69.1
2	5294	90.81	1349	23.14	4055	69.55
3	4220	86.46	1143	23.42	3220	65.97
4	4329	92.28	800	18.48	3305	76.35
5	4912	89.95	1352	24.76	3584	65.63
6	5144	87.99	1415	24.2	3862	66.06
7	4220	93.69	894	19.85	3234	71.8
Σ	34217	PP 90.29	8272	PP 21.82	25876	PP 68.28
	4888.14	90.35	1181.71	21.94	3696.57	69.21
min	4220	86.46	800	18.48	3220	65.63
max	6098	92.28	1415	24.76	4616	76.35
S ²	483330.84	6.15	60039.7	6.3	268044.35	15.21
Sd	695.22	2.48	245.03	2.51	517.73	3.9
Cv	14.22%	2.75	20.74%	11.44	14%	5.63

	DD		P		F	
	No	% TP	No	% TP	No	% TP
1	1618	24.22	100	1.5	433	6.48
2	1739	29.83	60	1.03	464	7.96
3	1612	33.03	102	2.09	205	4.2
4	1293	27.56	80	1.85	174	4.02
5	1930	35.34	95	1.74	686	12.56
6	2281	39.02	98	1.68	466	7.97
7	1344	29.84	83	1.84	635	14.1
Σ	11817	PP 31.18	618	PP 1.63	3063	PP 8.08
	1688.14	31.26	88.29	1.68	437.57	8.18
min	1293	24.22	60	1.03	174	4.02
max	2281	39.02	102	2.09	686	14.1
S ²	116308.28	24.5	226.8	0.12	37632.12	15.05
Sd	341.04	4.95	15.06	0.34	193.99	3.88
Cv	20.2%	15.83	17.06%	20.24	44.33%	47.43

During the examination of the coefficient of variance, we came to the following results in the entire population on all seven farms: laminitis has a coefficient of variation (CV) of 14.22%, rusterholz's ulcer 20.74%, dermatitis interdigitalis 14.07%, dermatitis digitalis 20.20%, panaritium 17.06%, while fibroma has as much as 44.33%.

9. THE APPEARANCE OF HOOF'S DISEASE BY CYCLES AND THEIR INTENSITY

Table 4: Descriptive statistics of diagnosed hoof diseases by farm.

		L	Rh	DiD	DD	P	F
Farm 1		1524.5	329.75	1154	404.5	25	108.25
	Min	1491	229	1053	227	20	76
	Max	1584	489	1279	478	36	140
	S ²	1871	15815.58	1562	14859.58	55.33	1186.91
	SD	43.26	125.76	39.52	121.90	7.44	34.45
	CV	0.028=2.84%	0.38=38.13%	0.034=3.42%	0.301=30.14%	0.29=29.75%	0.318=31.82%
Σ 6680	Σ	6098	1319	4616	1618	100	433
Farm 2		1323.5	337.25	1013.75	434.75	15	116
	Min	1123	199	872	287	12	97
	Max	1521	484	1248	664	18	132
	S ²	26232.16	6430.14	26442.91	9118.13	8.66	158
	SD	161.96	80.18	162.61	95.49	2.94	12.57
	CV	0.12=12.2%	0.23=23.77%	0.16=16.04%	0.21=21.96%	0.19=19.62%	0.10=10.83%
Σ 5830	Σ	5294	1349	4055	1739	60	464
Farm 3		1055	285.75	805	403	25.5	51.25
	Min	471	168	622	275	0	0
	Max	1166	358	950	601	77	108
	S ²	110470.66	4320.20	4846	19612.66	1233.66	600.54
	SD	332.37	65.73	69.61	140.04	35.12	21.51
	CV	0.31=31.50%	0.23=23.00%	0.086=8.65%	0.347=34.75%	1.37=137.74%	0.478=47.81%
Σ 4881	Σ	4220	1143	3220	1612	102	205
Farm 4		1082.25	200	826.25	323.25	20	43.5
	Min	1040	128	695	191	5	10
	Max	1129	241	975	407	61	65
	S ²	2009.58	2570	13098.91	8087.20	748	484.16
	SD	44.83	350.69	114.45	89.92	27.35	22.00
	CV	0.041=4.14%	0.25=25.35%	0.138=13.85%	0.278=27.82%	1.367=136.74%	0.505=50.58%
Σ 4691	Σ	4329	800	3305	1293	80	174

Farm 5		1228	338	896	482.5	23.75	171.5
	Min	1177	205	775	438	19	125
	Max	1279	479	960	542	30	212
	S ²	954	15800.66	6927.33	2648.33	23.58	1815
	SD	30.89	125.79	83.23	51.46	4.86	42.60
	CV	0.025=2.51%	0.37=37.19%	0.092=9.29%	0.10=10.67%	0.204=20.45%	0.248=24.86%
Σ 5461	Σ	4912	1352	3584	1930	95	686
Farm 6		1286	353.75	965.5	570.25	24.5	116.5
	Min	1200	221	840	506	17	82
	Max	1399	538	1118	650	37	145
	S ²	10251.33	23274.91	17076.33	3709.56	85.66	833.66
	SD	101.25	152.56	130.68	60.91	6.26	28.87
	CV	0.079=7.87%	0.43=43.13%	0.135=13.53%	0.106=10.68%	0.37=37.78%	0.24=24.78%
Σ 5846	Σ	5144	1415	3862	2281	98	466
Farm 7		1055	223.5	808.4	336	20.75	158.75
	Min	888	117	699	285	7	112
	Max	1129	330	907	434	54	247
	S ²	20124.66	9765.66	7317.97	4440.66	497058	3654.25
	SD	141.86	98.82	85.55	66.64	22.31	60.45
	CV	0.13=13.45	0.44=44.22%	0.105=10.58%	0.198=19.83%	1.075=107.50%	0.38=38.07%
Σ 4504	Σ	4220	984	3234	1344	83	635

The coefficient of variation is used to compare the variability of different samples. Analyzing the obtained coefficients of variation in the occurrence of hoof disease on the observed farms, we came to the following results: farm F1 has the highest CV for rusterholz's ulcer, 38.13%, and the smallest variation for laminitis, 2.84%, on F2, Rh also has the largest variable with 23.77% and the smallest fibro with 10.83%, Panaricium on farm 3 had by far the largest variation with a coefficient of 137.74%, while dermatitis interdigitalis is represented by 8.65%, on the farm F4 panaritium also has a high degree of variability, 136.74%, while on this farm laminitis has the lowest variability with 4.14%. Farm F5 has the highest CV of rusterholz ulcer at 37.19%, while laminitis is at 2.51%. F6 is under the same influence of high Rh variability, 43.13% and stable laminitis, 7.87%. On the farm, F7 panaritium has the highest rate of variability of 107.50%, dermatitis interdigitalis has 10.58% as the smallest variable on this farm.

10. DISEASE PREVALENCE BY FARM

The results shown in Table 1 refer to the prevalence of certain diseases within one farm, so that on the F1 farm, during 4 cycles of hoof processing within laminitis, we have a

constant reduction of newly diagnosed cows, which indicates that the management of this farm has taken the problem seriously and is continuously trying to improve the status and nutritional regime of its cows. With Rusterholz's ulcer, the situation is completely different; its temporary improvement drastically worsens at the end of the fourth cycle to as much as 98.48% compared to the previous cycle. Dermatitis interdigitalis, from the initial decrease, moved again in a positive direction, but not to such a large extent, which indicates the problem of diagnosing this disease. Dermatitis digitalis is constantly decreasing, which is an indicator of increased concern about the hygiene of the throat accommodation facility. Panaritium is also in constant decline because hygiene has definitely improved on this farm during the two years of paddock processing. Fibroma has variations of increase and decrease, but a constant number of patients, without major fluctuations.

On the F2 farm, the situation is as follows: laminitis is slightly increasing during all four cycles, which can be an indicator of poor quality components in the diet, Rh is constantly increasing during all four cycles of processing, which indicates that nothing has been done in terms of architecture and that the trend of increasing the number of patients will continue to be followed over time, DiD is constantly in the interval of 60.26% - 76.27%, which is not great but there are no major deviations; DD with its 16.63% during the first cycle and 45.88% at the end of the fourth cycle indicates a big problem of hygiene and implementation of animal hygiene measures; panaritium is within the average limits and does not deviate much from the average; The appearance of fibroids is also continuous without major deviations during all four cycles, ranging from 5.62% to 9.12%.

From the initial 69.18% laminitis with minor variations, the F3 farm finished the fourth round with 93.57%, which represents a serious problem in two years. By changing the feeding technology, as well as by using an inadequate amount of concentrated nutrients, an increase in milk can be obtained, but at the expense of the animal for a longer period. During the first two cycles, Rh was somewhat reduced, but in the third and fourth cycles, it progressively increased to as much as 28.73% of the total yield on the farm. During the second and fourth cycle, DiD was on the increase in the number of patients, which indicates that bacterial diseases spread more easily during the warm summer months. DD is constantly represented with a slight tendency to decrease from the first to the fourth cycle, which indicates attempts to maintain hygienic conditions. Panaritium was diagnosed to the greatest extent during the third cycle, as much as 6.43%, which indicates a serious problem within the gap, as well as the possible occurrence of a mini-epidemic. Fibroma varies from 1.16% to 8.66%.

Farm F4 continuously had a prevalence of laminitis from 88.68% to 91.46%, Rh varied from 10.48% to 20.14%, DiD went from the initial 54.59% with a smaller variation

to 70.36%, while the number of diagnosed heads with DD doubled from 15% to 30.78%, which indicates serious neglect of hygiene, Panaricium except for the jump during the third cycle of 5.27% was below 1%, fibroma did not vary significantly except during the third cycle when it was in decline by 0.86%, only to jump to 4.83% in the next cycle. This phenomenon is not common and indicates a wrong diagnosis, i.e. incompetence of the team for processing the clows or ignorance in recognising the specific disease.

Farm F5 increased the number of head affected by laminitis from 79.29% at the end of the first cycle to 96.5% at the end of the fourth cycle. Rh increased from the initial 13.38% to 37.21%, which may also indicate inexpertly processed hooves during the previous two cycles. The increase in the presence of Rh, in addition to unprofessional treatment of hoofs, also affects the increase in the number of people suffering from DiD when the damaged part of the heel horn is removed and by not placing the blocks, the attitude of the animal deteriorates, poor placement or non-placement of the blocks, therefore, creates the possibility for the occurrence of Rh, as well as the throats that have suffered from chronic laminitis are more susceptible to the secondary disease rusterholz's ulcer. DiD is constantly increasing, which confirms the theory of an increased number of Rh. DiD increased from 66.70% to 70.70% from the first cycle. DD continuously appears in the range from 33.34% to 40.99%. Panaritium ranges from 1.25% to 1.95%, which is the average of the entire population of all seven farms. Fibroma varied from 9.09% to 15.77%.

On the F6 farm, laminitis increased from 78.28% at the beginning of the first cycle to reach a value of 95.65% at the end of the fourth cycle. Rh, from the initial 13.36%, reached a record 38.29% of the total number of heads, which again confirms that the number of DiD increased over two years from 62.56% to 73.23%. DD ranges from 36.37% to 43.82%, which indicates fairly uniform carelessness towards hygiene. Panaritium increased from 0.95% to 2.63% and indicates the general negligence of health care and prevention, as well as timely treatment of sore throats. Fibroma occurs in a range of 7.88% to 12.95%.

On the F7 farm, during the third cycle, laminitis reached a maximum of 100% of the population on the farm, only to later drop to 92.84% with the introduction of younger heads into production, which is an excellent indicator of inadequate nutrition of the exploited heads. Rh varied from 11.90% during the first cycle to 27.30% in the fourth cycle. DiD was constantly decreasing during all four cycles, from 81.79% to 67.76%. DD oscillated from the highest 35.9% in the third cycle to 25.49% in the last cycle. Panaritium reached its peak during the second cycle at 4.92% before returning to the general average of 1.06%. The fibroma ranged from min. 10.76% up to max. 20.31% during the fourth round.

11. ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF HOOF'S DISEASE BY PROCESSING CYCLES

Table 2 shows the prevalence of diagnosed diseases within the entire population of cattle on all seven AC Corporation farms. She indicates that 90.29% of the population suffered from laminitis, which means that on most farms, the concept of nutrition is not at a satisfactory level, that little attention is paid to preparing adequate meals for high-milk cows, and that this is repeated year after year.

In the examined herds, 21.82% of the population has been diagnosed with Rusterholz's ulcer, which indicates inadequate architecture, that is, the problem lies in the fact that the buildings were built in the 60s of the last century. For the throat format that was current at the time. During long-term selection, in addition to increasing the amount of milk, the format of the throat also increased, so that the beds became too short. Also, one of the factors in the increase in the number of cows affected by Rh are cows in which adequate DiD therapy was not carried out or correction of the heel part of the hooves was carried out inexpertly and thus disturbed the posture and support of the cow, resulting in stretching of the deep flexor tendon, which is a prerequisite for the occurrence of Rh. Chronic forms of laminitis, as a result of which the cornea is weakened, brittle and brittle, and it easily breaks and leads to the creation of space for the appearance of secondary diseases such as Rusterholz's ulcer or various forms of dermatitis. The share of 68.28% has dermatitis interdigitalis, which indicates a big problem of hygienic conditions inside the facility, but also that the disease is more difficult to notice and that there is no systematic approach to its elimination. Dermatitis digitalis is represented by 31.18%. Also, the cause is poor hygiene inside the facility, with the fact that the faster it manifests a clinical picture that can be disturbing, and the immediate perpetrators report it more often as a problem, therefore it is solved faster and easier than dermatitis interdigitalis.

Panaritium was found in 1.63%, and it is at the last level in terms of frequency of occurrence, but when we take into account that in most cases it is not curable and that those throats are excreted from further production, we conclude that it is an economically very important disease on the farm. Fibroma, with the participation of 8.08% of the population, represents one of the moderately severe diseases because the causative agent is still unknown, and improvement sometimes occurs spontaneously.

12. COEFFICIENT OF VARIATION OF HOOF DISEASE BY FARMS

Table 3 gives us a comparison of diseases by farm, as well as an insight into their frequency and the percentage of diseased individuals per farm and in the entire region

on all seven farms. During all four cycles, the number of diagnosed necks with laminitis is at F1 91.29%, F2 90.81%, F3 86.46%, F4 92.28%, F5 89.95%, F6 87.99% and at F7 93.69%, which leads to a figure of 90.29% of the total population treated. The coefficient of variation had a relatively low level of 14.22%, which indicates that there is no significant shift in the way of feeding and the selection of components for nutrients in relation to the first and fourth cycles. Under the diagnosis rusterholz ulcer (Rh) is on F1 19.74%, F2 23.14%, F4 18.48%, F5 24.76%, F6 24.2% and F7 19.85%.

The total coefficient of variation of all seven farms is 20.74%, which leads to the conclusion that the variation is moderately high, but looking at the farms, the percentage of patients is in a small range from 18.48% to 24.76%, quite homogeneous, with an average of 21.82%. We must take into account the architectural deficiencies of the facilities where the hoofs are permanently housed, as well as the number of hoofs diagnosed with DiD and laminitis, in which a different position and angle of the hoofs is made during therapy. If this is not corrected with auxiliary means, the emergence of Rh is inevitable. The number of heads suffering from dermatitis interdigitalis (DiD) is on average 68.28% of the total population, and that is on F1 69.1%, F2 69.55%, F3 65.97%, F4 76.35%, F5 65.63%, F6 66.06% and on F7 71.8%, except for farm F4, which has 10% more sufferers. from other mostly uniform farms.

The coefficient of variation for the total population is 14%, which is not such a large deviation and fluctuation within the observed group. Dermatitis digitalis is a typical bacterial disease caused by poor hygiene practices and animal carelessness. It is favoured by high temperatures during the warm months, as the animals wet themselves more with water to cool down. If we add to that irregular fertilising, an ideal basis for the development and spread of bacteria causing DD is created. This is supported by our indicator of 20.2% coefficient of variation within the entire population. Of that, F1 24.22%, F2 29.83%, F3 33.03%, F4 27.56%, F5 35.34%, F6 39.02%, and F7 29.84%. Panaritium on the observed farms appeared in the following percentages: F1 1.5%, F2 1.03%, F3 2.09%, F4 1.85%, F5 1.74%, F6 1.68%, and F7 1.84%, which represents a fairly uniform coefficient of variation of 17.06%. Thanks to F3, which has as many as 2.09% of patients with this hard-to-treat disease. Panaritium is a purulent inflammatory disease of the coronal edge of the hooves caused in most cases by mechanical damage to the coronal edge of the hooves or prolonged and untreated mastitis, pyometra, endometritis, or inflammation of the joints. In the early stages, therapy is applied parenterally in the form of broad-spectrum antibiotics and treatment of the primary causative agent, when it leads to the desired results, i.e. to the complete recovery of the animal. The problem is that such animals are

not identified in time, and when there is a clear clinical picture (swelling of the crown edge, moderate and painful swelling of the tarsal or metatarsal joint), the treatment is in most cases unsuccessful or requires significant financial costs (in the form of the consumption of a large amount of drugs, a withdrawal period for milk and meat), so that the treatment is generally abandoned and the animal is sent to forced slaughter, i.e. it is excreted from further production. Through this research, we have come to the conclusion that fibroma is one of the most heterogeneous diseases in this population, with a coefficient of variation of as much as 44.33%. Given that its origin is still not completely clear to the scientific public, these results support that. Several factors have been identified as possible causes of fibroids or interpalpial hyperplasia, namely: genetic predisposition, viral and bacterial agents, poor leg posture, untreated fractures/dislocations of the phalanges, excessive body weight, diseases of the joints of the extremities, but none of these factors is decisive or the primary cause of the occurrence of this disease. Fibroma therapy is carried out as follows: if the hyperplasia is small and aseptic, it is possible to act on it locally in the form of salves or different types of medication in the form of a spray, until it dries up and then falls off spontaneously; but if the hyperplasia is larger, surgical intervention is necessary, when the hyperplastic tissue is removed with a wedge incision under local anesthesia, in the interpalpial space, if necessary, the wound can be treated with thermocautery, without suturing. Neither method is a guarantee that a relapse will not occur after some time. During this research, not a single surgical intervention was performed on the affected throats, which leads to the conclusion that spontaneous self-healing occurs in some cases of this disease, which supports the finding of great variation within the population.

13. COEFFICIENT OF VARIATION OF HOOF DISEASE BY FARMS AND PROCESSING CYCLES

Table 4 presents the coefficient of variation of a particular disease within each farm during four hoof beard cycles or over two years. By analysing the data, we came to the conclusion that on F1, the greatest degree of variation was Rh disease with 38.13%, followed by F with 31.82%, and the least degree of variation was laminitis with 2.84%. On farm F2, Rh had the highest variability with 23.77%, and fibre had the lowest with 10.83%. The F3 farm had significantly greater fluctuations, namely, panaritium varied significantly and even 137.74%, followed by Fibroma with 47.81%, DD with 34.75%, laminitis with 31.5%, RH with 23.00% and with the least oscillations DiD with 8.65%. Farm F4 also had the highest variation in panaricium 136.74%, followed by fibroma with 50.58%, DD with 27.82%, Rh with 25.35%, DiD with 13.85%, and laminitis with 4.14%.

Almost the same situation with panaricium and fibroma as on the F3 farm indicates periodic occurrences of both diseases, and a problem in their treatment. If we take into account that the largest number of diagnosed panaritiiums on both farms occurred during the cold month of December, then this result points us to the problem that when the minuses are big, the fertilizing equipment can freeze and be unusable for a certain period of time, which ultimately leads to the accumulation of manure and the uncontrolled development of pathogenic bacteria and the expansion of bacterial diseases. Farm F5 had the biggest variation with Rh of 37.19%, then with fibroma of 24.86%, and Panaricium 20.45%. While other diseases can be said to have varied to a lesser degree, from 2.51% for L, 9.29% for DiD, and 10.67% for DD. Farm F6 had greater deviations with Rh, namely 43.13%, P with 37.78%, F with 24.78%, while laminitis with 7.87%, DiD with 13.53% and DD with 10.68% were more constant. On the F7 farm, Panaricium showed the greatest deviations at 107.50%, followed by Rh at 44.22%, F at 38.07%, DD at 19.83%, L at 13.43% and DiD at 10.58%.

Looking at all this collected data, we can notice that the biggest variations were among the appearance of Rusterholz's ulcer, panaritium and fibroma, while laminitis, dermatitis interdigitalis and dermatitis digitalis were in a smaller variation, i.e. there was no major improvement or deterioration after four cycles.

In support of all these data, the fact that the number of cattle removed from production on AC Corporation's farms is not small is described in their scientific work. The tables they attached are an excellent indicator of the problem with diseases of the hoofs in the whole region; the percentage of throats discharged due to diseases of the hoofs is 22.66%.

Table 5: The share of culled cows according to the reason for culling within the groups, according to the share of genes of the Holstein Friesian breed.

Causes of culling	HF groups				
	I	II	III	IV	V
	%	%	%	%	%
RD	40,93	31,79	27,39	23,71	16,73
MD	11,40	10,68	10,10	8,54	6,30
MS	8,81	8,13	11,33	15,55	19,41
FHD	7,77	9,54	12,58	17,15	21,66
SE	7,77	10,52	8,36	5,56	2,68
Other	7,51	9,02	10,33	10,78	11,61
IPD	5,96	8,89	5,04	1,68	0,75
DCA	4,66	6,96	8,43	8,35	9,30

DD	3,11	3,20	4,81	6,60	8,93
IN	2,07	1,27	1,65	2,09	2,62
Total	100	100	100	100	100

Legend:

RD - reproductive problems and infertility

MD – metabolic diseases

MS - mastitis

FHD - foot and hoof diseases

SE – selection characteristics

IPD – infectious and parasitic diseases

DCA – difficult partus and abortion

DD – digestive disorder

IN – injure

Table 6: The share of culled cows according to the reason for culling within the relative production of the cow in the first lactation.

Causes of culling*	Production level in the first lactation								
	<-1,5 SD	-1,5 SD<x<-1 SD	-1 SD<x<-0,5 SD	-0,5 SD<x<-0,2 SD	-0,2 SD<x<0,2 SD	0,2 SD<x<0,5 SD	0,5 SD<x<1 SD	1 SD<x<1,5 SD	x > 1,5 SD
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
RD	33,67	30,10	29,84	28,67	27,72	23,74	25,55	19,91	16,50
MS	12,83	12,43	10,20	11,83	12,05	12,47	12,78	16,70	14,67
SE	12,67	12,04	9,96	7,80	6,64	6,87	4,54	3,43	3,06
FHD	7,67	8,44	9,63	13,13	13,99	16,31	16,86	19,91	22,86
Other	7,50	8,29	9,82	9,69	9,55	10,95	11,28	11,67	13,45
MD	7,33	8,29	10,06	9,56	9,34	10,15	10,31	8,14	9,9
IPD	7,00	7,66	8,17	5,27	4,54	3,52	1,75	1,07	0,61
DCA	6,00	6,88	7,13	7,15	9,19	8,79	8,82	9,85	7,82
DD	3,33	4,14	4,06	4,62	5,26	5,12	7,13	6,21	8,80
IN	2,00	1,72	1,13	2,28	1,74	2,08	0,97	3,1	2,32

Legend:

RD - reproductive problems and infertility

MS - mastitis

SE – selection characteristics

FHD - foot and hoof diseases

MD – metabolic diseases

IPD – infectious and parasitic diseases

DCA – difficult partus and abortion

DD – digestive disorder

IN – injure

With the increase in production in the first lactation, the share of cows culled due to hoof and leg diseases also increased, so that in the most productive group in the first lactation of the total number of cows, as many as 22.86% were culled due to hoof and leg diseases.

14. CONCLUSION

The sentence “a complete understanding of the problem leads to its correct solution” absolutely finds its application in the treatment of the problem of bovine hoof disease. A partial approach to this problem inevitably leads to a decrease in production in the pasture, an increase in the cost of remediating health problems, and a progressive deterioration of the health status of every improperly treated or untreated animal.

For the above reasons, the first step in suppressing all diseases of cattle feet is to constantly raise the level of biotechnical thinking of all employees in cattle production, with the incorporation and application of educational programs on the importance of preventive measures and procedures. By analysing the collected data, we conclude that certain diseases, such as laminitis with a coefficient of variation CV 14.22%, dermatitis digitalis with a coefficient of variation CV 20.2% or dermatitis interdigitalis with a coefficient of variation CV 14.00%, regardless of the effort and commitment of the workers on hoof processing, cannot be significantly reduced. It is necessary to raise the level of the biotechnological way of thinking of the management and systematically stand in the way of failures, invest in new technologies and prevention, in order to reduce the occurrence of the mentioned diseases on farms.

In order to reduce the number of cows suffering from laminitis, the nutrition of cattle must be constantly monitored according to categories and individual needs, and the feed must be controlled for the presence of bacteria, viruses and fungi (mycotoxins). In the systematic suppression of the occurrence of laminitis as well as its therapy, it is necessary to achieve a consensus of all agricultural experts in the technological chain of making animal feed with a special emphasis on the nutritional profile, to properly balance the meal while respecting the basic and production needs for nutrients, minerals and vitamins, of each individual animal. The first symptoms should be responded to quickly, and further complications of this disease should be prevented.

When it comes to dermatitis interdigitalis and dermatitis digitalis, the greatest attention must be paid to increasing the hygienic conditions inside the facility where the animals stay. These two diseases are the result of bacterial insults. It is necessary to suppress their action, reproduction and spread in the form of prevention. The primary

preventive measures refer to the fact that the substrate must be dry and clean, and that regular disinfection and disinsection measures are carried out. If a mat is used, as is the case on these farms, regular fertilising must be done at least twice a day; keeping the fertilising machinery in working order goes without saying. Secondary preventive measures would refer to the construction and regular use of de-barriers within each farm in order to prevent and reduce bacterial diseases, and the implementation of animal hygiene measures aimed at preventing the introduction of infectious agents by persons in charge of production, supply, maintenance and treatment on the farm, as well as visitors in direct contact with animals and their habitat. Reducing the negative consequences of digitalis dermatitis and interdigitalis dermatitis in cattle needs to be done systematically, uncompromisingly and persistently, while shifting the focus from curative to preventive.

When it comes to other diseases that are not so frequent on any of the seven observed farms, rusterholz ulcer PP 21.82% with a coefficient of variation CV 20.74%, panaritium PP 1.63% with a coefficient of variation CV 17.06% and fibroma PP 8.08% with a coefficient of variation CV 44.33% and if they have a high coefficient of variation, they do not seriously threaten production. Rusterholz's ulcer leads to a significant decrease in the production characteristics of the affected throat; the decrease in milk yield can be as much as 35%, which represents significant losses in the owner's profit.

Adequate, regular, professional and timely hoof processing can prevent consequences that not only bring losses in production, but also increase its costs. When treating Rusterholz's ulcer, the therapy must be carried out by a professional, experienced and trained person, so that the therapy lasts as short as possible and its effects are visible as soon as possible through production results. It is necessary to introduce an accurate recording of the distribution of fibroids in conditions of intensive cattle keeping, due to the negative impact of this disease on production characteristics. If possible, it is necessary to carry out a stricter selection and elimination from breeding of receptive heads. When diagnosing a severe and extremely severe form of fibroma, the animal should be used economically.

Panaritium, although the least common in the entire population PP 1.63%, is a very serious problem in cattle production, because the treatment of this disease requires significant costs, temporarily excludes the animal from production due to parenteral antibiotic therapy, and often, the therapy does not have the desired effects. Due to all these factors, in most cases, the animal is removed from further production before any therapy and sent to forced slaughter. The primary causes of panaricium are bacteria present in the animal's habitat and mechanical injuries to the extremities. Panaritium also occurs as a

secondary disease in retention, mastitis, pyometra, endometritis, and joint diseases. There is no prevention of paratuberculosis, but its early forms can be successfully treated.

The data on the percentage of cows removed from further production are more than devastating, if we take into account that the average market value of each cow is around €1,300, (we do not count the costs of breeding and registering such a cow), and 22% of 9,000 cows on an annual level is 1,980 cows at €2,000, we come to a loss of basic assets in the amount of €3,960,000 per year, just from diseases of the claws. Bearing in mind all the circumstances that bear diseases of the claws, from the reduction of production characteristics, the pain that animals suffer, economic losses (excretion), it is necessary to implement the best possible preventive measures, so that the curative is as small as possible.

Looking at the obtained results, we come to the conclusion that hoof diseases of HF breed cows in an intensive way of keeping can be brought under control, and some can be reduced by correcting technological measures and procedures, especially during hoof processing.

REFERENCE

1. Anderson, D.E., Muir, W.W. (2005): Pain management in ruminants. *Vet. Clin. Food. Anim.*, 21, 19-31.
2. Blowey, R.W.; Sharp, M.W. (1998): Digital dermatitis in dairy cattle. *Vet. Rec.* 122, 505-508.
3. Bojkovski J., Hadžić I., Rogožarski D., Pavlović I., Savić B., Đedović S. (2013) Contribution to knowledge of dairy cows' laminitis in Serbia *Luc.Știi.Med.Vet.Timișoara*, XLVI (4), 24-32.
4. Broom, D.M., Johnson, K.G. (1993): Approaching questions of stress and welfare. In: *Stress and Animal Welfare*. Kluwer Academic Publishers, 1-7.
5. Canali, E., Whay, H.R., Leach, K.A. (2009): Cattle Health Status In: *Assessment of Animal Welfare measures for dairy cattle, Beef Bulls and Veal Calves*. Welfare Quality Reports No.11. Edited by: Forkman, B., Keeling, L. Cardiff University, Uppsala, Sweden. 77- 88.
6. Čulinović, M. (2022): Gnjiloća kože i papaka u goveda, *Gospodarski list*, <http://www.agroklub.com/stočarstvo/najčešća-bolest-goveda/3162/>.
7. Stanojević D., Đedović R., Bogdanović V., Raguž N., Stepić S., Perišić P., Lazarević M., Stojić P. (2023) Uticaj laktacije, nivoa proizvodnje i udela gena holštajn frizijske rase na razloge izlučenja krava crno bele rase *Zbornik Naučnih radova XXXII Savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*, 24 (3-4), 33-42.
8. Donovan, G.A., Risco, C.A., DeChant Temple, G.M., Tran, T.Q., van Horn, H.H. (2004): Influence of transition diets on occurrence of subclinical laminitis in Holstein dairy cows. *J.Dai.Sci.*, 87, 1, 73-84.
9. Hadžić I., Pavlović I., (2014). The impact of various factors on the occurrence of Rusterholz's

ulcer and the proposal to remedy this problem. Conference Programme and Abstracts of First International Scientific Congress - Life Sciences, a challenge for the future, Iasi, Romania, 5.

10. Hadžić I., Anđelić Buzadžić G., Hudina V., Pavlović I.(2012) Predlog mera i postupaka dezinfekcije papaka goveda Zbornik radova XXIII Savetovanja dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija u zaštiti zdravlja životinja i ljudi sa međunarodnim učešćem, 24-27.5.2012. Fruška Gora, Iriški Venac, 93-96.
11. Hadžić I., Anđelić Buzadžić G., Hudina V., Pavlović I.(2012) Rasprostranjenost oboljenja papaka populacije goveda u zapatu PKB Korporacije tokom 2022. i 2023. Godine Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 18 (3-4), 77-83.
12. Hadžić I., Andjelić- Buzadžić G., Hudina V., Pavlović I. (2013) Laminitis - najrasprostranjenije oboljenje papaka populacije goveda PKB korporacije Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 19 (3-4), 123-128.
13. Hadžić I., Hudina V., Pavlović I., Kasagić D., Stanišić G.(2016) Uticaj vezanog sistema držanja mlečnih goveda na pojavu Rusterholzovog čira Veterinarski žurnal Republike Srpske XVI (2), 191-198.
14. Hadžić I., Hudina V., Pavlović I.(2016) Dermatitis digitalis great problem of modern cattle production. Book of Abstracts of International Scientific Symposium Bioengineering of Animal Resources, Timisoara, Romania, 26-27.5.2016., 44.
15. Hadžić I., Pavlović I., Hudina V. (2014) Fibrom problemi visoko mlečnih krava Zbornik naučnih radova Institut PKB Agroekonimk, Beograd 20 (1-4), 2023-2016.
16. Hadžić I., Pavlović I., Hudina V., Anđelić Buzadžić G., Bojkovski J.(2013) Dermatitis interdigitalis and dermatitis digitalis, the great problems of cattle production Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca 70 (2), 242-248.
17. Hadžić I., Pavlović I., Hudina V., Stanišić G.(2015) Papilomatozni dermatitis digitalis (PDD) Zbornik naučnih radova Institut PKB Agroekonimk, Beograd 21 (3-4), 7-12.
18. Hadzic I., Pavlovic I.(2024): Basic measures and procedures of disinfection of cattle hoofs. Congress Book 3. Bilsel International Truva Scientific Researches and Innovation Congress, Çanakale, Türkiye, 1794.
19. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) The necessity of education on hoof care in extensive farmig. Congress Book 3. Bilsel International Sur Scientific Researches Congress, Diyarbakir, Türkiye, 609.
20. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) The role of functional hoof processing in cattle production.Congress Book 16. International Congress on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development, Selcuk University Konya, Türkiye.
21. Hadzic I., Pavlovic I.(2024) The importance of education in the field of functional processing and hoof care in cattle. Abstract Book International Avrasya Scientific Research And Innovation Congress, Bakü, Azerbaijan, 604.
22. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) The role of professional training for functional hoof processing for the objective of preventing cattle hoof disease.Abstract Book 5th International Congress on Khazar Scientific Research and Innovation, Turkestan, Kazakhstan, 326.

23. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Importance of sole hemorrhages of cattle hoofs. Congress Book 4. Bilisel International World Science and Research Congress, Istanbul, Türkiye, 1406.
24. Hadzic I., Pavlovic I. (2024). Importance of foot rot of cattle hoofs. Congress's Book III. BİLSEL International Gordion Scientific Research Congress, Ankara, Türkiye, 710.
25. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of thin soles in cattle. Congress Book 1st International Uskudar Scientific Research Congress, Istanbul, Türkiye, 326.
26. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of deep digital sepsis in cattle. Congress Book 2. Bilisel International Kibyra Scientific Research Congress, Burdur, Türkiye, 1038.
27. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) The importance of corkscrew claw in cattle in cattle production. Proceeding Books 16th International Congress on Scientific Research, China to Adriatic, Adilcevaz, Bitlis, Türkiye, 477.
28. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of sole ulcers in cattle. Congress Book IV Bilisel International Ephesus Scientific Research And Innovation Congress Izmir, Türkiye, 969.
29. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of white line disease in cattle. Congress Book 3. International Uludağ Scientific Research Congress, Bursa, Türkiye, 1211.
30. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of heel horn erosion in cattle. Abstract Book 10. International European Conference On Interdisciplinary Scientific Research, Zurich, Switzerland, 179.
31. Hadzic I., Pavlovic I. (2024) Health importance of interdigital phlegmon (IP) in cattle. Proceedings Book International Yeditepe Scientific Research Congress, Istanbul, Türkiye, 340.
32. Hadzic I., Pavlovic I. (2025) Technopathies that influence the appearance of hoof disease in cattle farms on a connected breeding system. Congress Proceeding Book 9th International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies, Havana, Cuba, 43.
33. Hadzic I., Pavlovic I. (2025) Health importance of digital dermatitis in cattle. Proceedings Book 9th International Usbilim Health, Engineering and Applied Sciences Congress, Amsterdam, Holland, 1.
34. Hadzic I., Pavlovic I. (2025). Importance of interdigital hyperplasia in cattle. Abstract Book 12th International European Congress on Advanced Studies in Basic Sciences, Tirana, Albania, 89.
35. Hadzic I., Pavlovic I. (2025) The importance of toe abscess in cattle farming. Congress Book 2nd International Hakkari Scientific Studies Congress, Hakkari, Türkiye, 101.
36. Hadzic I., Pavlovic I. (2025) The importance of toe ulcer in cattle farming. Congress Book 11th International Scientific Research and Innovation Congress, Istanbul, Türkiye, 364.
37. Hadžić I., Pavlovic I. (2025). The importance of horizontal fissures in cattle farming. Congress Book 3rd International Sarajevo Scientific Research and Innovation Congress, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 614.
38. Hadžić Ivanka, Pavlović Ivan (2025) The role of hooves fissures in cattle farming pathology. International Persepolis Scientific Research and Innovation Congress, Tehran, Iran, 737 <http://www.agropartner.rs/VestDetaljno.aspx?id=19384&grupa=1>

39. <http://www.fauluxlivestockproject.me/uploads/dokumenta/prezentacije/Ishrana%20goveda.pdf>
40. <https://farmia.rs/blog/smestaj-krava-dobra-stala/>
41. Kos, J. (2009): Bolesti lokomotornog sustava preživača, Sveučilište u Zagrebu –Veterinarski fakultet, klinika za kirurgiju, ortopediju i oftamologiju, Zagreb, 111-114.
42. Metzner, M. (2001): Update zur Dermatitis digitalis des Rindes. *Großtierpraxis* 2 (6), 47–51.
43. Mulwa, P., Mbithi, F., Wabacha, J.K., Mbuthia, P.G. (2008): Factors associated with the occurrence of claw disorders in dairy cows under small holder production systems in urban and peri-urban areas of Nairobi, Nairobi, Kenya, *Vet. archiv* 78, 342-355.
44. Nüske, S. (2007): Die Häufibsten Erkrän-Kungen der Rinderklave–Erkennung, Therapie und Prophylaxie aus Sicht des Kluepfegers, Lehr und Versuchgut Oberschleibheim der Tierärztlich Enfakultät der Ludwig–Maximilians–Universität, München.
45. Toholj, B., Stevančević, M., Milošević, N., Potkonjak, A. (2008) Digitalni dermatitis kod muznih krava – faktori rizika, mogućnosti terapije i profilakse, *Savremena poljoprivreda*, 57, No 3-4.
46. Zakon o dobrobiti životinja, Sl. glasnik RS”, br. 41/2009 <http://www.AC.rs/joglas/cenovnik-zive-stoke.pdf>

CAPÍTULO 12

SEROVARIEDADES DE *LEPTOSPIRA* Y SU RESPUESTA INMUNOLÓGICA AL USO DE BACTERINAS EN LOS BOVINOS LECHEROS DE LA FMVZ-BUAP

Data de submissão: 04/02/2026

Data de aceite: 19/02/2026

Gabriel Gerardo Aguirre Espíndola

Maestría en Ciencias
Departamento de Rumiantes
Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia
Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla- BUAP
Tecamachalco, Puebla, México
<https://orcid.org/0009-0009-7101-7946>

Felicitas Vázquez Flores

Maestría en Ciencias
Departamento Genética y Reproducción
Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla - BUAP
Tecamachalco, Puebla, México
<https://orcid.org/0000-0003-1267-1672>

Mari Carmen Larios-García

Maestría en Alimentos y
Alimentación Animal
Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla - BUAP
Tecamachalco, Puebla, México
<https://orcid.org/0009-0003-3668-490X>

Mara Isabel Santiago Luna

Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla - BUAP
Tecamachalco, Puebla, México

RESUMEN: Actualmente se han empleado técnicas de vacunación para la prevención de la leptospirosis considerada una zoonosis, y de este modo evitar un problema mayor, en esta investigación se trabajó con bovinos lecheros de la posta zootécnica de la FMVZ-BUAP, ya que resulta ser una población vulnerable y de importancia económica; se analizaron 20 sueros sanguíneos de bovinos lecheros, 12 fueron de vacas productoras con antecedentes de vacunación y 8 de becerras no vacunadas, mediante el método Micro Aglutinación en Placa (MAT), la cual nos permitió detectar anticuerpos contra 12 serovariedades de *leptospira*: *Icterohaemorrhagiae*, *Bratislava*, *Pyogenes*, *Grippotyphosa*, *Canicola*, *Pomona*, *Wolffi*, *Hardjo*, *Tarassovi*, de los cuales tres fueron aislamientos nacionales H-89, *Palo Alto*, *Portland Vere*; mediante el análisis de dichas muestras se obtuvo información sobre el estatus, conocimiento e identificación de las serovariedades que se encuentran presentes en la posta, y se encontró que la serovariedad *Bratislava* tiene mayor número de casos positivos en los animales no vacunados (87.5 %), la serovariedad *Portland vere* tuvo el 100 % de casos positivos en los animales vacunados y el 62.5 % en animales no vacunados, así mismo para el resto de las serovariedades. La prevalencia para las serovariedades *Icterohaemorrhagiae* y *Palo Alto* fue del 35 %, la de *Pyogenes* y *Canicola* fue del 15 %, la de *Grippotyphosa* y *Pomona* del 10 %. Mientras

que para las serovariedades, *Wolffi*, *Hardjo*, *Tarassovi* y *H-89* en los dos grupos de animales se tuvieron el 100 % de casos negativos. Se realizó un análisis comparativo entre serovariedades de animales vacunados respecto a los no vacunados con las vacunas aplicadas y su relación en cuanto a la protección inmunológica.

PALABRAS CLAVE: leptospirosis; respuesta inmune; bacterinas; serovariedades.

1. INTRODUCCIÓN

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica de distribución mundial que provoca una importante morbilidad y mortalidad en poblaciones humanas y animales. *Leptospira interrogans* es una de las principales causas de enfermedades animales. (Hamond *et al.*, 2014). Esta enfermedad sistémica de humanos y animales domésticos, principalmente perros, bovinos y porcinos, se caracteriza por fiebre, insuficiencia renal y hepática, manifestaciones pulmonares y fallo reproductivo. La leptospirosis, es causada por una espiroqueta del género *Leptospira* y fue descrita por primera vez en 1886 por A. Weil. Se presenta en todo el mundo, pero es más común en zonas tropicales y subtropicales. (Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud). El análisis de los datos en la República Mexicana indica, por medio del canal endémico, que la leptospirosis se presenta de forma regular durante todo el año. Sin embargo, de acuerdo con el índice endémico se presenta un aumento de los casos en los meses de agosto, septiembre y octubre. (Yescas *et al.*, 2022). Después de la infección, las *Leptospira* se encuentran en la sangre e invaden prácticamente todos los órganos y tejidos. La transmisión de leptospirosis puede ser mediante orina, semen, leche, placentarias. Los bovinos infectados con *Leptospira* constituyen un reservorio activo para la propagación de la enfermedad zoonótica, especialmente para los humanos que se encuentran en contacto directo con estos animales. (Norma Oficial Mexicana 029 SSA, 2021).

Al infectarse las hembras presentan abortos, momificaciones, mortinatos, becerros nacidos débiles, mastitis y en ocasiones fallo reproductivo, teniendo como resultado pérdidas económicas sobre la producción es por esta razón que el control de leptospirosis requiere atención especializada (Petrakovsky *et al.*, 2014). A pesar de ser esta una enfermedad de salud pública no se le da la importancia que realmente debería tener, datos del 2013 revelan reportes anuales de más de 500,000 casos severos y mortalidad superior a 10% en humanos; (Organización Panamericana de la Salud). Si tan solo en el estado de Puebla existe un estudio de prevalencia de serovariedades de *Leptospira* que afectan a los bovinos de algunos estados de la república mexicana, Veracruz, Puebla y Tabasco. (Rosete *et al.*, 2021). Esta enfermedad se controla y previene a través de medidas complementarias, tratamiento con antibióticos, vacunación, profilaxis

higiénico- sanitarias; con el fin de evitar pérdidas económicas en la producción. Los métodos moleculares aparecen como las herramientas importantes para el diagnóstico de la leptospirosis silenciosa crónica en animales domésticos, el método serológico de referencia para la identificación de serovariedades presentes es la prueba de aglutinación microscópica (MAT) se utiliza para diagnosticar la enfermedad tanto en individuos como en rebaños. (OIE, 2021).Reforzando su evidente impacto no solo en la reproducción animal sino también en el contexto de una Salud.(Azevedo y Lilenbaum,2021).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

✓ Área de estudio

El área de estudio fue el módulo de bovinos lecheros la Posta Zootécnica el Salado FMVZ-BUAP; está situada en el Salado que pertenece al municipio de Tecamachalco de Guerrero, Puebla, Sus coordenadas 18.8957418092, -97.6836947016, se describe como clima cálido- templado.

✓ Determinación del tamaño de muestra

Se contempló una población total de 100 cabezas de bovinos en producción de la posta zootécnica, exclusivamente de las vacas lecheras, para lo cual se aplicó la fórmula de estimación de proporciones para determinar el tamaño de muestra necesario para calcular el porcentaje de la población que pudiera tener o no la variable de interés mediante la siguiente ecuación. $n = \frac{z^2 pq}{d^2}$

Donde n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza = 1.96 al 95%

P= Probabilidad de que ocurra el evento (Prevalencia estimada) 14% Q= 1-p, probabilidad de que no ocurra el evento

D= error estimado (20%)

Sustitución

$$n = \frac{(1.96)^2 (14) (100-1486)}{20^2}$$

$$n = \frac{(3.84) (14) (86)}{400}$$

$$n = 11.55$$

$$n = 12 \text{ vacas}$$

✓ Tipo de muestreo.

Se trabajó con 12 muestras de vacas lecheras con antecedentes de vacunación, las cuales se eligieron por medio de un muestreo no probabilístico en el cual se realizó una selección no aleatoria de los elementos y la probabilidad de ser seleccionado

fue desconocida. Su importancia radica ante condiciones específicas en busca de características especiales, que hacen poco práctica la aleatoriedad, como lo es el caso de animales enfermos para casos y controles. (Arango *et al.*, 2010). Por medio del muestreo de juicio y criterio se extrajeron muestras de vacas con probabilidad de encontrar la variable de interés, que en este caso fueron muestras de vacas con antecedentes reproductivos, registros de abortos, momificaciones, y mastitis recurrentes mediante la prueba MAT.

Para complementar el trabajo de investigación se tomó en cuenta realizar un muestreo aleatorio a una población expuesta que resulta vulnerable, las becerras, del área de recría, sin antecedentes de vacunación, previamente destetadas en un rango de 4 a 6 meses de edad, de las cuales se obtuvieron 8 muestras.

✓ Lugar y tiempo de muestreo:

Las muestras se realizaron en el mes de agosto, que engloba estaciones de verano, Leptospirosis presenta una frecuencia estacional, incrementándose con el aumento de lluvias y con ocurrencias de epidemias asociadas con cambios en el comportamiento humano, contaminación del agua con animales o aguas residuales (Secretaría de salud 2012).

✓ Población de estudio

Se tomaron 12 muestras sanguíneas de vena coccígea de las vacas en producción de diferentes edades, en un rango de 1 a 6 años de edad; como se presenta en el **cuadro 1**, la Selección de la población de estudio se realizó en base a su historial clínico, registro de antecedentes reproductivos, abortos, becerros nacidos débiles o momificaciones.

Las siguientes fueron 8 muestras sanguíneas de la vena yugular de las becerras del área de recría destetada, y sin registro de vacunación en un rango de 4 a 6 meses de edad como se muestra en el **cuadro 2**.

Cuadro 1. Registro datos de población con antecedentes de vacunación.

VACAS VACUNADAS	
Numero de Arete	Edad
0.32	1 año -10 meses
42	1 año -7 meses
113	6 años -7 meses
116	6 años -6 meses
131	5 años -11 meses
142	5 años -7 meses

Cuadro 2. Registro datos de población sin antecedentes de vacunación.

BECERRAS NO VACUNADAS	
Numero de Arete	Edad
0.93	6 meses
0.94	6 meses
0.95	6 meses
0.96	5 meses
0.97	5 meses
0.98	5 meses

163	5 años -7 meses	0.99	4 meses
164	4 años -10 meses	100	4 meses
179	4 años -2 meses		
180	4 años -2 meses		
186	3 años -7 meses		
189	3 años -7 meses		

✓ Metodología Diagnostica

Las muestras fueron analizadas en un laboratorio privado, TAQ. Análisis clínicos veterinarios dedicados a rumiantes. Se analizaron por la técnica de Aglutinación Microscópica (MAT). Considerada la técnica estándar para el diagnóstico de esta enfermedad. Las muestras se analizaron por medio de la técnica MAT, ya que es considerada la prueba de referencia para el diagnóstico serológico de leptospirosis, se considera una prueba estándar; Se utiliza principalmente para diagnosticar la enfermedad en rebaños e individuos, es muy útil para diagnosticar una infección aguda. En esta prueba se utilizan antígenos vivos, considerando una muestra positiva cuando los títulos son $\geq 1:100$, los anticuerpos se producen a los pocos días después de la infección y pueden durar semanas, meses e incluso años (OIE 2021).

El código de la OIE menciona que se considera como título positivo en 1:100 en animales no vacunados, pero en animales vacunados estaremos considerando como positivos títulos 1:400 como infección latente. Los criterios de interpretación de la prueba indican que títulos de 1:50 son sospechosos y de 1:100 ó mayores, son positivos. Títulos de 1:100 a 1:200 son de importancia principalmente en animales no vacunados, títulos mayores con una sola muestra ($=1:800$) son usualmente indicativos de infección. (Luna *et al.*, 2008). Para este estudio consideramos como títulos positivos 1:100 para animales no vacunados, el 1:400 para vacunados.

✓ Prueba de Aglutinación Microscópica

La MAT es una prueba que determina los anticuerpos aglutinantes en el suero de un paciente mediante la mezcla de varias diluciones de éste con leptospirosis vivas o muertas (formolizadas). Los anticuerpos antileptospirosis presentes en el suero hacen que las leptospirosis se peguen unas a otras formando grumos. Este proceso de agrupamiento es llamado aglutinación y es observado usando microscopía de campo oscuro. (Guía para el diagnóstico, vigilancia y control-Leptospirosis humana 2008). Es una prueba de anticuerpos aglutinantes de *Leptospira*; las espiroquetas cultivadas se

exponen a diluciones seriadas del suero del paciente y se informa una dilución más alta que cause aglutinación del 50 % de los organismos. (Vaden *et al.*,2011). Constituye la prueba de referencia frente a la que se evalúan todas las otras pruebas serológicas Mide la seroconversión o el aumento de los títulos de anticuerpos a *Leptospira*, por lo que es necesario testear muestras sospechosas tanto en fase aguda, como convaleciente (muestras seriadas). Se puede mejorar la sensibilidad de la prueba utilizando aislamientos locales en vez de cepas de referencia, pero las cepas de referencia ayudan en la interpretación de los resultados entre los laboratorios. Un título de 1/100 se considera positivo, pero dada la alta especificidad de la MAT, pueden tomarse títulos menores como indicio de exposición previa a *Leptospira*. Después de la incubación, el suero/antígeno las mezclas se examinan microscópicamente en busca de aglutinación y se determinan los títulos.1:100,1:200,1:300,1:400 se consideran títulos vacúnales normales. Utiliza una bacteria de cepas leptovirales vivas, se utiliza para determinar el título de anticuerpos y para la identificación tentativa del serogrupo *Leptospira* involucrado, cuando se dispone de información de antecedentes epidemiológicos. La identificación definitiva del serovar o serogrupo infectante no es posible sin el aislamiento del organismo causal. (Hathaway 2017). Con la microscopia de campo oscuro, la dispersión de la luz por microorganismos muy delgados, como es el caso de las espiroquetas, suspendidas en líquido permite observarlas en un fondo oscuro.

Variables analizadas

Son variables cualitativas, dos variables categóricas nominales: tipo de animal (vacunado y no vacunado) y presencia de serovariedades de leptospira (negativo y positivo)

Se analizó la prevalencia de diferentes serovariedades de *Leptospira* en dos grupos de ganado vacuno: Animales vacunados y no vacunados.

3. RESULTADOS

Mediante el análisis de las muestras por medio de la prueba MAT se esperan tener resultados positivos para *Leptospira* y hacer la identificación de los serovariedades que están condicionando a la presentación de la enfermedad dentro de las instalaciones de la posta zootécnica, y de ese modo analizar el uso de biológicos en favor de la protección que se emplean en los bovinos para dar respuesta a la gran problemática que afecta a nuestros animales. Los resultados de dichas pruebas se presentan a continuación, cuadro 3, 4 y 5 para vacas vacunadas y cuadro 6, 7 y 8 para vaquillas no vacunadas.

Cuadro 3. Resultados de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Wolffi, Hardjo,Tarassovi,H-89.

Serovariedades <i>L. Interrogans</i>- Vacas Vacunadas				
ID	Wolffi	Hardjo	Tarassovi	H-89
0.32	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
42	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
113	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
116	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
131	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
142	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
163	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
164	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
179	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
180	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
186	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
189	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Cuadro 4. Resultado de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Palo Alto, Portland Vere.

Serovariedades <i>L. Interrogans</i>- Vacas Vacunadas				
ID	Icterohaemorrhagiae	Bratislava	Palo Alto	Portland Vere
0.32	1:50	1:100	1:100	1:1600
42	1:200	1:200	1:100	1:400
113	1:400	1:800	1:800	1:1600
116	1:50	1:200	1:100	1:800
131	1:200	1:100	1:50	1:800
142	1:1600	1:1600	1:1600	1:1600
163	1:200	1:200	1:50	1:400
164	1:200	1:50	Negativo	1:400
179	1:400	1:400	1:800	1:1600
180	1:1600	1:400	1:1600	1:400
186	1:800	1:400	1:1600	1:800
189	1:200	1:200	1:600	1:800

Cuadro 5. Resultados de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Pyogenes, Gryppotyphosa, Canicola, Pomona.

Serovariedades <i>L. Interrogans</i> -Vacas Vacunadas				
ID	Pyogenes	Gryppotyphosa	Canicola	Pomona
0.32	1:100	1:200	1:200	1:200
42	1:100	1:100	1:200	1:200
113	1:100	1:200	1:200	1:200

116	1:400	1:200	1:400	1:200
131	1:50	1:100	1:200	1:100
142	1:800	1:400	1:1600	1:1600
163	1:100	1:50	1:100	1:50
164	1:100	Negativo	1:100	1:50
179	1:200	1:200	1:200	1:200
180	1:50	1:50	1:50	1:200
186	1:200	1:100	1:400	1:100
189	1:400	1:400	1:200	1:100

Cuadro 6. Resultados de prueba MAT en Becerras no vacunadas, serovariedades Wolffii, Hardjo, Tarassovi, H-89.

Serovariedades L. Interrogans Becerras no vacunadas				
ID	Wolffii	Hardjo	Tarassovi	H-89
0.93	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.94	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.96	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.97	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.98	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.99	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
100	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Cuadro 7. Resultados de prueba MAT en becerras no vacunadas, serovariedades Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Palo Alto, Portland Vere.

Serovariedades L. Interrogans- Becerras no vacunadas				
ID	Icterohaemorrhagiae	Bratislava	Palo Alto	Portland Vere
0.93	Negativo	1:50	Negativo	1:100
0.94	Negativo	1:100	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	1:100	1:50	1:100
0.96	Negativo	1:100	Negativo	Negativo
0.97	1:50	1:400	1:50	1:100
0.98	1:100	1:100	1:100	1:200
0.99	Negativo	1:100	Negativo	1:50
100	1:100	1:200	1:50	1:100

Cuadro 8. Resultados de prueba MAT en Becerras no vacunadas, serovariedades Pyogenes, Gryppotyphosa, Canicola, Pomona.

Serovariedades L. Interrogans - Becerras no vacunadas				
ID	Pyogenes	Gryppotyphosa	Canicola	Pomona
0.93	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.94	1:50	Negativo	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	Negativo	1:50	Negativo
0.96	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.97	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.98	Negativo	Negativo	1:50	Negativo
0.99	Negativo	Negativo	Negativo	1:50
100	Negativo	Negativo	Negativo	1:100

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las serovariedades con mayor prevalencia en los bovinos lecheros de la posta zootécnica FMVZ-BUAP fueron cepa *Portland vere*, *Bratislava*, seguida por *Icterohaemorrhagiae* y la cepa Palo Alto (*icterohaemorrhagiae*), existiendo cierta similitud con lo que se menciona en un estudio, en donde se consideran las de mayor relevancia en una región templada cepa Palo Alto (*Icterohaemorrhagiae*), cepa Sinaloa ACR (*portland vere*) y *Bratislava* (Luna *et al.*, 2005). Para la serovariedad *Portland vere* se tuvieron el 100 % de casos positivos en los animales vacunados y el 62.5 % en animales no vacunados, en este caso con la bacterina aplicada pareciera que favoreció la presencia de esta serovariedad, debemos de considerar los factores que condicionan a la presencia de una serovariedad o serovariedades específicas como es el caso del ambiente, huésped, factores climáticos.

La prevalencia para las serovariedades *Icterohaemorrhagiae* y Palo Alto fue del 35 %, la de *Pyogenes* y *Canicola* fue del 15 %, la de *Gryppotyphosa* y *Pomona* del 10 %. Es de relevancia considerando a estas serovariedades patógenas, se menciona *Icterohaemorrhagiae*, *Canicola*, *Pomona*, *Gryppotyphosa* y *Australis* como parte de las más patógenas. (Torres y Castro, 2016), considerando que la bacterina comercial protege contra cinco serovariedades, dentro de las que se encuentran *Icterohaemorrhagiae*, *Gryppotyphosa*, *Canicola* y *Pomona*, y al encontrarse títulos positivos contra estas serovariedades, se deduce realmente que la bacterina no está siendo eficaz y por lo tanto no está brindando protección a los bovinos lecheros. A esto debemos mencionar que se

aislaron diversos serovares no específicos de los bovinos, Los serovares *grippothyposa* e *Icterohaemorrhagiae* tienen como reservorios principales los roedores y animales silvestres. La serovariedad *pomona* frecuentemente se encuentra en porcinos (Betancur *et al.*, 2013).

La prevalencia de uno u otro serovar puede variar de acuerdo con la zona geográfica y la especie de animal infectado. En los bovinos los serovares Hardjo, Wolffi y Tarassovi son los más frecuentes en México (Méndez *et al.*, 2013) diferimos ya que en los bovinos lecheros de la posta zootecnica no se encontraron títulos contra estas cepas *Wolffi*, *Hardjo*, *Hardjo (prajitno)* cepa H-89, por lo cual no existe similitud, con lo que relata el autor, no hubo aglutinación para estos serovares. Se considera que los serovares *hardjo*, *icterohaemorrhagie*, *pomona* y *canicola* se mantienen en los bovinos, roedores, porcinos y caninos, respectivamente. Sin embargo, pueden tener huéspedes incidentales y, de esta forma, las *Leptospiras* que pertenecen a un serovar en particular no son, no obstante, específicas de un hospedador. (Hernandez y Gomez, 2011).

Los resultados entre animales vacunados contra los no vacunados, Para la serovariedad *Bratislava* se tiene mayor número de casos positivos en los animales no vacunados (87.5%) que en los animales vacunados (41.7 %), pero en ambos casos el resultado es positivo.

5. CONCLUSIONES

Se confirmó que los bovinos lecheros de la FMVZ-BUAP poseen anticuerpos contra leptospira, y son anticuerpos presentes a más de una serovariedad de leptospiras. Además se encontraron anticuerpos contra dos cepas nacionales, Palo alto, Portland Vere, siendo la segunda la de mayor relevancia. Se encontraron altos porcentajes de seropositivos para las serovariedades Bratislava, Portland Vere, seguida por *Icterohaemorrhagiae* cepa (Palo alto). Se encontraron resultados negativos contra las serovariedades que normalmente afectan a la especie bovina, Wolffi, Hardjo, Tarassovi. Hardjo Prajitno cepa H-89. Las vacunas elaboradas en otros países no cubren con la protección adecuada, y con esto se deduce que no tienen efecto vacunarlas con cepas que no están presentes. Se debe implementar el uso de un protocolo de medicina preventiva en los bovinos lecheros de la posta de la FMVZ-BUAP. Se debe implementar el uso de protocolos de bioseguridad para el personal que labora en las instalaciones.

LITERATURA CITADA

1. Arango B. (2010) *Leptospira* and *Leptospirosis*. Current Topics in Microbiology and Immunology. Vol.387.

2. Betancur H.C, Orrego U.A, Gonzales T.M. (2013). Seroepidemiología de la leptospirosis en bovinos con trastornos reproductivos en el municipio de Montería, Colombia. *Revista médico veterinario*.No.26.
3. Carmona G.CA, León L.L, Castillo S. LO, Ramírez O.JM, Ko A, Luna P.C, De la peña. MA. (2011). Detección de *Leptospira santarosai* y *L. kirschneri* en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. *Veterinaria México*. Vol.42. No.4.
4. Castro, M.J.; Zamora, E.L. y Valladares, B.C. (2001): Discusión de un caso diagnóstico. Nueva Época, Boletín Informativo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.
5. Azevedo M.I.N and Lilenbaum.W (2020) An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. *Letters in Applied Microbiology* 72, 496 – 508.
6. Di Azevedo, M., & Lilenbaum, W. (2021). An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. *Letters in applied microbiology*, 72(5), 496–508.
7. Gómez L.B, Saltarén C.A, Díaz A.MT, Robalino V. M P, y Lucero P.S.A. (2018). Cepario autóctono de leptospirosis en la prueba de micro - aglutinación. *Correo Científico Médico*, 22(1), 50-6.
8. Hamond C; LeCount K; Putz EJ, Bayles DO, Camp P, Goris MGA, vander Linden H, Stone NE, Schlater LK,Sahl JW, Wagner DM and Nally JE (2022) Bovine Leptospirosis Due to Persistent Renal Carriage of *Leptospira borgpetersenii* Serovar Tarassovi.
9. Hathaway, S. C., Little, T. W. y Pritchard, D. G. (2017). Problems associated with the serological diagnosis of *Leptospira interrogans* serovar hardjo infection in bovine populations. *Veterinary Record*, 107, 307-310.
10. Hernández P, Gómez AP. Leptospirosis: una zoonosis que afecta a la salud pública y la producción pecuaria. *Revista Ciencia Animal* 2011;(4):15-23.
11. Luna A.M.A, Moles.C.L.P, Banda R.V.M, Torres B.J (2012). Primer reporte del aislamiento de *L. interrogans* serovariedad *L.Portland-Vere* en México.
12. Méndez C, Benavides L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Gavaldón D, Meléndez P, Moles L. (2013). Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Revista salud animal*. 35(1):25-32.
13. Nally, JE, Hornsby, RL, Alt, DP, Bayles, D., Wilson-Welder, JH, Palmquist, DE y Bauer, NE (2018). Aislamiento y caracterización de leptospirosis patógenas asociadas al ganado bovino. *Microbiología Veterinaria*, 218, 25-30.
14. Organización Mundial de la Salud; traducción del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Leptospirosis humana: guía para el diagnóstico, vigilancia y control. (2008) - Rio de Janeiro: Centro Panamericano de Fiebre Aftosa –VP/OPS/OMS.
15. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2021). Leptospirosis. En Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres, Capítulo 3.1.12. OIE, París, Francia.
16. Petrakovsky, J., Bianchi, A., Fisun, H., Nájera A.P Pereira, M. M. (2014). Animal Leptospirosis in Latin America and the Caribbean Countries: Reported Outbreaks and Literature Review (2002–2014). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 10770-10789.

17. Proyecto de NOM-029-SSa-2014, Para la prevención y control de la leptospirosis en el humano.
18. Rosete F.J.V, Ríos U.A, Zárate M.J.P., Socci E.G.A, Fragoso I.A, Barradas P.F.T., Olazarán J.S, Granados Z.L (2021). Prevalencia de diversos serovares de *Leptospira interrogans* en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(4), 1305-1316.
19. Secretaría de Salud. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud Dirección General de Epidemiología ISBN (2012). Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de la leptospirosis.
20. Torres C. M., Hernández B.S., Agudelo F.P., Arroyave S.E., Zavala C.J, Puerto F.I (2016). Artículos de revisión Revisión actual de la epidemiología de la leptospirosis Revisión actual de la epidemiología de la leptospirosis. *Revista Médica del Instituto Mexicano Seguro Social* (Vol. 54).
21. Vaden S.L, Knoll J.S, Smith F.W.K, Tilley L.P. (2011). BLACKWELL 'S LA CONSULTA VETERINARIA EN 5 MINUTOS CANINA Y FELINA: PRUEBA DE LABORATORIO Y PROCEDIMIENTOS DE DIAGNOSTICO.1ª ed. Editorial inter-medica.
22. Yescas J.E; Rivero-P.N, Montiel H.E., Valladares B, Peláez A, Morales U, L., Zaragoza A. (2020). Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Revista de Salud Pública*, 22 (4), e202.

CAPÍTULO 13

ADAPTAÇÃO COMPORTAMENTAL AO CLIMA DE BOVINOS EM PASTOREIO: INTEGRAÇÃO DA MONITORIZAÇÃO DE PRECISÃO E EVIDÊNCIA DE CAMPO DE ANIMAIS DE RAÇA MINHOTA

Data de submissão: 15/02/2026

Data de aceite: 03/03/2026

José Pedro Araújo

Centro de Investigação de
Montanha (CIMO)

Escola Superior Agrária

Instituto Politécnico de

Viana do Castelo, 4900-347

Viana do Castelo, Portugal

<https://orcid.org/0000-0002-1232-3160>

Gustavo Paixão

Centro de Investigação e

Desenvolvimento em

Sistemas Agro-alimentares e

Sustentabilidade (CISAS)

Instituto Politécnico de

Viana do Castelo, 4900-347

Viana do Castelo, Portugal

<https://orcid.org/0000-0002-9753-8370>

Fernando Mata

Estação Zootécnica Nacional

Instituto Nacional de Investigação

Agrária e Veterinária

Quinta da Fonte Boa, 2005-424

Vale de Santarém, Portugal

<https://orcid.org/0000-0002-5687-7114>

Joaquim Lima Cerqueira

Centro de Investigação e

Desenvolvimento em

Sistemas Agro-alimentares e

Sustentabilidade (CISAS)

Instituto Politécnico de

Viana do Castelo, 4900-347

Viana do Castelo, Portugal

<https://orcid.org/0000-0003-0022-2749>

RESUMO: A variabilidade climática é um determinante central do comportamento, do bem-estar e da adaptação dos bovinos em sistemas extensivos. Este capítulo integra evidência empírica obtida através de monitorização comportamental de precisão em bovinos de raça Minhota com a literatura científica sobre interações entre clima e comportamento. O estudo envolveu 20 animais equipados com colares GPS, monitorizados continuamente durante 2024, articulando registos comportamentais com parâmetros climáticos como índice temperatura-humidade, radiação solar, vento e precipitação. Verificaram-se diferenças sazonais significativas nas atividades diárias, com maior pastoreio em períodos quentes e aumento da ruminação e do descanso em condições mais frias. O índice temperatura-humidade e a radiação solar influenciaram fortemente a alocação da atividade, enquanto a precipitação reduziu o pastoreio e a ingestão. Os resultados confirmam que o comportamento constitui uma via adaptativa

essencial para lidar com o stress ambiental, mediando a relação entre clima, bem-estar e desempenho produtivo. A monitorização de precisão revela-se, assim, uma ferramenta estratégica para apoiar a gestão adaptativa e o desenvolvimento de sistemas pecuários resilientes à variabilidade climática.

PALAVRAS-CHAVE: gado de carne; pecuária de precisão; raça autóctone; stress térmico; termorregulação animal.

CLIMATE-DRIVEN BEHAVIOURAL ADAPTATION IN GRAZING CATTLE: INTEGRATING PRECISION MONITORING AND FIELD EVIDENCE FROM MINHOTA CATTLE

ABSTRACT: Climatic variability is a key driver of behaviour, welfare, and adaptive capacity in cattle managed under extensive grazing systems. This chapter integrates empirical evidence from precision behavioural monitoring of Minhota cattle with current literature on climate-behaviour interactions. The study involved 20 animals equipped with GPS collars and monitored continuously throughout 2024, combining behavioural records with climatic parameters including temperature-humidity index, solar radiation, wind, and precipitation. Significant seasonal differences were observed in daily activity, with increased grazing during warmer periods and higher rumination and resting under cooler conditions. The temperature-humidity index and solar radiation strongly influenced activity allocation, whereas precipitation reduced grazing and feeding behaviour. Findings confirm behaviour as a primary adaptive mechanism linking environmental exposure, welfare, and productivity. Precision monitoring emerges as a valuable tool to support adaptive management and the development of climate-resilient extensive livestock systems.

KEYWORDS: beef cattle; heat stress; local breed; precision livestock systems; thermal response.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade climática constitui um dos principais fatores que condicionam a expressão comportamental, o bem-estar e a capacidade adaptativa dos bovinos em sistemas de produção, particularmente sob regimes extensivos de pastoreio. Fatores ambientais como temperaturas extremas, humidade, radiação solar, vento e precipitação influenciam diretamente os padrões de atividade, a termorregulação, a utilização de recursos e os resultados produtivos em bovinos de carne (Lemes et al., 2021). O stress térmico é consistentemente associado a modificações comportamentais, incluindo maior procura de sombra, alteração no horário de pastoreio, aumento do tempo em estação, redução da ruminação e maior ingestão de água, refletindo estratégias de manutenção do equilíbrio térmico (Giro et al., 2019; Reis et al., 2021). Em contraste, o stress por frio promove maior tempo em decúbito, aumento da ingestão alimentar e ajustamentos metabólicos associados à termogénese (Chabuz et al., 2025). Estudos recentes reforçam que estas respostas comportamentais em sistemas de pastoreio são moduladas pela

intensidade e duração dos eventos climáticos extremos (Idris et al., 2023; Eckhardt et al., 2025; Rivero et al., 2025).

Estas respostas comportamentais assentam em mecanismos interligados de natureza termorreguladora, neuroendócrina e metabólica. O aumento da carga térmica ambiental eleva a temperatura corporal central e desencadeia respostas fisiológicas como a hiperventilação, alterações posturais e maior procura de água, enquanto vias endócrinas associadas ao stress, nomeadamente a ativação do eixo hipotálamo–hipófise–adrenal, modulam a atividade e o comportamento alimentar (Kim et al., 2017). Evidências recentes demonstram que a monitorização contínua da temperatura corporal e do comportamento permite caracterizar estes ajustamentos em condições de campo (Pontiggia et al., 2024).

Estratégias de modificação ambiental, como a disponibilização de sombra e os sistemas silvopastoris, podem mitigar o stress térmico e melhorar comportamentos associados ao bem-estar, embora os efeitos sobre a produtividade permaneçam dependentes do contexto (Veissier et al., 2018; Lemes et al., 2021). Estudos em diferentes condições climáticas mostram que a estrutura do sistema silvopastoril e o manejo influenciam a magnitude dos benefícios comportamentais e produtivos (Silva et al., 2023; De-Sousa et al., 2023). Diferenças entre raças e a hierarquia social modulam adicionalmente a adaptação comportamental à variabilidade climática, evidenciando o papel das interações genótipo–ambiente e da competição por recursos no seio dos efetivos (Chabuz et al., 2025; Sakar et al., 2025; Deniz et al., 2025).

Paralelamente aos avanços na biometeorologia, a utilização de tecnologias inteligentes de monitorização tem crescido de forma significativa, permitindo a avaliação contínua do comportamento animal em sistemas de pastoreio e apoiando a tomada de decisão em gestão pecuária (Tzanidakis et al., 2023). O pastoreio, a ruminação e o descanso figuram entre os indicadores comportamentais mais estudados na pecuária de precisão, dada a sua ligação direta ao bem-estar e à produtividade (Decandia et al., 2018). A integração destas ferramentas com a monitorização ambiental abre novas oportunidades para compreender as interações entre clima e comportamento em contextos reais de produção.

Apesar destes progressos, a investigação permanece predominantemente centrada em bovinos leiteiros e em sistemas confinados, com menor atenção aos bovinos de carne em ambientes extensivos, onde a exposição climática é mais direta e variável (Frigeri et al., 2023; Da Rosa et al., 2025). Persistem ainda enviesamentos geográficos e heterogeneidade metodológica, com utilização de índices climáticos, definições

comportamentais e protocolos de observação inconsistentes (Galán et al., 2018; Fodor et al., 2023). Adicionalmente, muitos estudos privilegiam indicadores produtivos e métricas comportamentais simples, negligenciando comportamentos sociais, exploratórios e adaptativos mais complexos, bem como as fases precoces do ciclo de vida (Frigeri et al., 2025; Galán et al., 2018).

Responder a estas limitações torna-se particularmente urgente face às projeções de aumento da variabilidade climática e às suas implicações para a sustentabilidade da produção pecuária (Liu et al., 2024). A adaptação comportamental constitui uma via primária através da qual os bovinos mantêm o equilíbrio térmico, o bem-estar e a produtividade sob stress ambiental, assumindo-se como indicador central para a gestão resiliente ao clima (Idris et al., 2024; Eckhardt et al., 2025). A integração da monitorização comportamental com a avaliação do microclima e de fatores genéticos é essencial para o desenvolvimento de estratégias adaptativas, incluindo o desenho de sistemas silvopastoris, a monitorização de precisão e programas de seleção informados pelo clima (McIntosh et al., 2023; Fodor et al., 2023; De-Sousa et al., 2023).

Neste enquadramento, o presente capítulo integra evidência empírica proveniente da monitorização de precisão de bovinos de raça Minhota em pastoreio com a literatura científica sobre interações clima-comportamento, contribuindo com uma perspetiva de campo sobre a adaptação comportamental em sistemas extensivos.

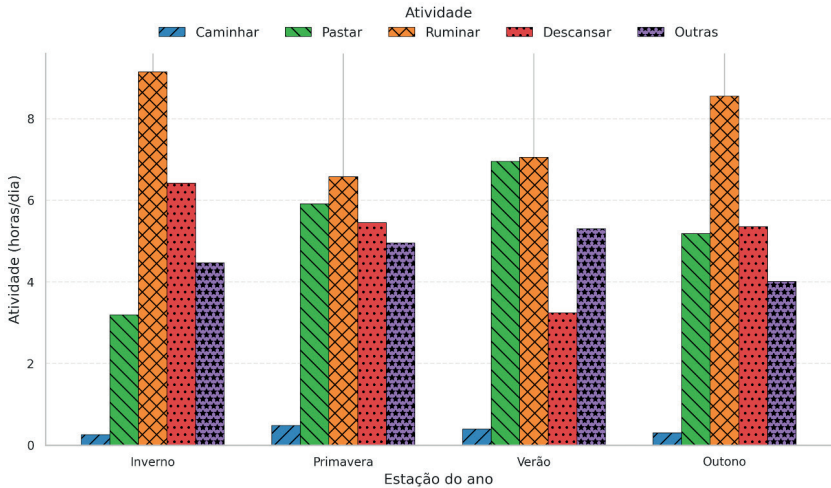
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O componente empírico deste trabalho foi realizado com 20 bovinos da raça Minhota equipados com colares de monitorização comportamental baseados em GPS (sistema RUMI), com registo contínuo de atividade (24 h/dia) entre 1 de janeiro e 31 de dezembro de 2024. Em simultâneo, foram recolhidos dados climatéricos numa estação meteorológica próxima (ESA-IPVC). Foram avaliados os efeitos da variação sazonal e de parâmetros climáticos, incluindo o índice de temperatura-humidade (ITH), a velocidade do vento, a radiação solar e a precipitação, sobre a atividade comportamental, expressa em horas por dia (pastoreio, ruminação, descanso, locomoção e ingestão alimentar), e sobre o número diário de passos. Procedeu-se às análises de correlação para avaliar as relações entre parâmetros ambientais e métricas comportamentais. Esta abordagem metodológica responde às limitações identificadas na literatura, nomeadamente a escassez de estudos de campo de longa duração que integrem a monitorização comportamental com exposição microclimática em sistemas extensivos (Fodor et al., 2023; Eckhardt et al., 2025).

3. RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS À VARIABILIDADE CLIMÁTICA E SAZONAL

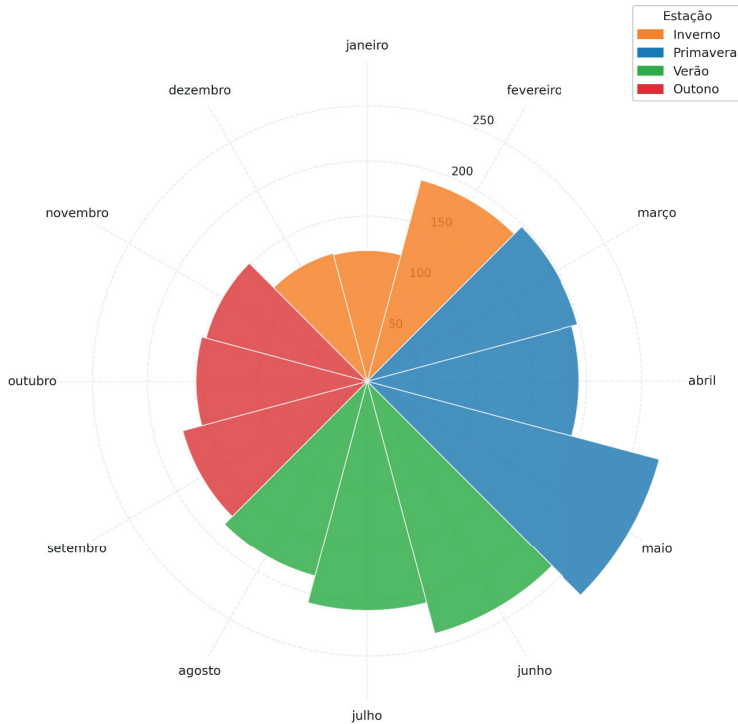
Foram observadas diferenças sazonais significativas em todas as atividades comportamentais analisadas ($p < 0,001$), confirmando a forte influência das condições ambientais na alocação da atividade em bovinos em pastoreio. A atividade de pastoreio aumentou desde a primavera, atingindo o pico no verão (6,6 h/dia), diminuindo no outono e atingindo valores mínimos no inverno (3,2 h/dia). Em sentido inverso, o descanso e a ruminação aumentaram durante o outono e o inverno (Figura 1).

Figura 1. Variação sazonal na alocação média diária de tempo às diferentes atividades comportamentais (caminhar, pastar, ruminar, descansar e outras).



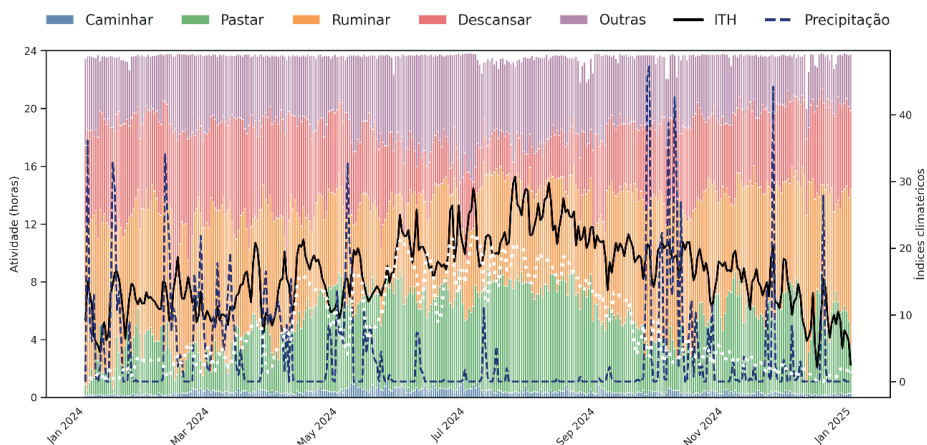
O número médio diário reflete a atividade física dos animais monitorizados. Esta atividade foi mais intensa no mês de maio, com uma média de 275 passos por dia (Figura 2).

Figura 2. Gráfico de Nightingale representando a distribuição sazonal da atividade física, em que o comprimento radial representa o número médio mensal de passos.



Todos os comportamentos registados foram significativamente influenciados pelo ITH e pela radiação solar ($p < 0,001$), reforçando a carga térmica como determinante central da adaptação comportamental. A partir da observação da Figura 3 observa-se um padrão sazonal, com maior tempo a pastar em períodos de ITH e radiação solar elevados e maior descanso nos meses de menor ITH e radiação solar. A precipitação afetou negativamente as atividades de pastoreio e outras atividades, enquanto o não vento revelou influência significativa. O descanso e a ruminação apresentaram correlação negativa com o ITH e a radiação solar e positiva com a precipitação, ao passo que o pastoreio, a locomoção e a ingestão evidenciaram correlações positivas com o ITH e a radiação solar.

Figura 3. Variação diária das atividades comportamentais (horas) – caminhar, pastar, ruminar, descansar e outras, ao longo do ano. As linhas representam o ITH (preta), precipitação (azul tracejada) e radiação solar (branca tracejada).



Estes padrões são consistentes com a literatura que demonstra que a carga térmica promove redistribuição da atividade, redução da ruminação e alterações nos horários de pastoreio para minimizar o stress térmico (Giro et al., 2019; Lemes et al., 2021; Idris et al., 2024). De igual modo, o aumento do descanso e da ruminação em períodos mais frios está alinhado com evidência sobre ajustamentos comportamentais associados ao stress por frio e às exigências termogénicas (Wang et al., 2023; Chabuz et al., 2025; Eckhardt et al., 2025).

4. INTERPRETAÇÃO MECANÍSTICA E INTEGRAÇÃO COM A LITERATURA

Os padrões comportamentais observados são sustentados por mecanismos termorreguladores e fisiológicos bem estabelecidos. O aumento da carga térmica ambiental eleva a temperatura corporal central, desencadeando alterações posturais, hiperventilação e maior procura de água, enquanto a ativação de vias endócrinas associadas ao stress modifica o comportamento alimentar e os níveis de atividade (Allen et al., 2014). Evidências de monitorização contínua indicam que as variações moderadas da temperatura corporal estão associadas a mudanças detetáveis na atividade em pastoreio (Pontiggia et al., 2024).

O desenho ambiental desempenha igualmente um papel determinante. A disponibilização de sombra e os sistemas silvopastoris reduzem a carga térmica e promovem padrões comportamentais mais estáveis, incluindo maior ruminação e menor agitação (Veissier et al., 2018; Lemes et al., 2021). Estudos baseados em sensores confirmam a redistribuição espacial dos animais para áreas sombreadas e deslocações

temporais da atividade para períodos noturnos sob elevada carga térmica (Silva et al., 2023; Eckhardt et al., 2025; Rivero et al., 2025).

A capacidade adaptativa relacionada à raça contribui adicionalmente para as respostas comportamentais. Raças localmente adaptadas tendem a apresentar maior plasticidade comportamental e resiliência face à variabilidade climática, refletindo interações genótipo–ambiente (McIntosh et al., 2023; Fodor et al., 2023). Estudos comparativos mostram que diferenças entre raças se traduzem em padrões distintos de uso de recursos e de tolerância ao stress térmico (Sakar et al., 2025; Chabuz et al., 2025). Os padrões observados em bovinos de raça Minhota enquadram-se neste modelo, sugerindo adaptação às flutuações sazonais típicas dos sistemas de pastoreio atlânticos.

5. DISCUSSÃO: CONCORDÂNCIAS, CONTRADIÇÕES E IMPLICAÇÕES

A evidência integrada confirma um consenso robusto na literatura: a variabilidade climática molda o comportamento dos bovinos através de vias termorreguladoras, fisiológicas e ambientais interligadas. O comportamento emerge como resposta adaptativa primária, antecedendo alterações fisiológicas e mediando a relação entre stress ambiental e produtividade (Idris et al., 2024; Eckhardt et al., 2025).

Persistem, contudo, contradições relativamente às implicações produtivas destas adaptações. Embora intervenções como sombra e modificação do microclima melhorem consistentemente comportamentos associados ao bem-estar, os efeitos sobre o ganho de peso e o desempenho reprodutivo permanecem variáveis (Lemes et al., 2021; Rivero et al., 2025; Da Rosa et al., 2025). Esta discrepância reflete interações complexas entre dieta, intensidade de manejo, raça e severidade climática, indicando que os padrões comportamentais isolados não permitem prever integralmente os resultados produtivos.

De igual modo, apesar de as raças autóctones serem frequentemente descritas como mais resilientes a extremos climáticos, a magnitude dessa vantagem varia conforme o contexto e pode depender da flexibilidade comportamental e das intervenções de manejo (McIntosh et al., 2023; Chabuz et al., 2025). As dinâmicas sociais influenciam igualmente a capacidade adaptativa, uma vez que hierarquias de dominância podem afetar o acesso à sombra e à água, embora permaneçam insuficientemente exploradas na investigação clima–comportamento (Deniz et al., 2025; De-Sousa et al., 2023).

A heterogeneidade metodológica constitui outro fator limitante. Diferenças nos índices climáticos utilizados, nas definições comportamentais e nos protocolos de observação dificultam a comparabilidade entre estudos e podem explicar inconsistências nos resultados (Galán et al., 2018; Fodor et al., 2023). Ensaio em ambiente controlado

oferecem clareza nos resultados, mas nem sempre captam a complexidade de sistemas extensivos, enquanto estudos de campo frequentemente carecem de metodologias de medição padronizadas (Frigeri et al., 2023; Eckhardt et al., 2025).

6. IMPLICAÇÕES PARA SISTEMAS PECUÁRIOS RESILIENTES AO CLIMA

A integração entre a monitorização comportamental e os dados climáticos evidencia o comportamento como componente funcional da resiliência climática, e não apenas como indicador de bem-estar. O comportamento regula o balanço energético, as trocas térmicas e a utilização de recursos, mediando os impactos do stress ambiental na produtividade.

As tecnologias de precisão, como o GPS e a acelerometria, oferecem novas oportunidades para quantificar respostas comportamentais em elevada resolução espacial e temporal, permitindo relacionar diretamente a exposição ambiental com o desempenho animal (Eckhardt et al., 2025; Fodor et al., 2023). Estas ferramentas podem sustentar estratégias adaptativas de manejo, incluindo o desenho do microclima, o planeamento do pastoreio e programas de melhoramento orientados para o clima (De-Sousa et al., 2023; Tzanidakis et al., 2023).

Futuras investigações deverão privilegiar estudos de longa duração em condições reais de campo, integrando métricas comportamentais, fisiológicas e produtivas em diferentes raças e biomas, de forma a clarificar o contributo relativo da plasticidade comportamental e da adaptação genética para a resiliência climática (McIntosh et al., 2023; Frigeri et al., 2025).

7. CONCLUSÕES

As condições climáticas influenciam de forma relevante os padrões diários de atividade dos bovinos em sistemas extensivos de pastoreio. A variabilidade sazonal e térmica molda o pastoreio, a ruminação, o descanso e a locomoção através de mecanismos termorreguladores, neuroendócrinos e ambientais interdependentes.

A integração de monitorização de precisão com dados climáticos de campo fornece evidência empírica robusta de que a adaptação comportamental constitui uma via central para a manutenção do bem-estar e da resiliência sob stress ambiental, embora persistam incertezas relativas aos impactos produtivos, à resiliência específica de raças e ao papel das dinâmicas sociais (Galán et al., 2018; Fodor et al., 2023; Deniz et al., 2025). O avanço de sistemas pecuários adaptados ao clima exigirá metodologias padronizadas, investigação de campo suportada por sensores e abordagens integradoras que articulem comportamento, fisiologia, genética e manejo (Eckhardt et al., 2025; McIntosh et al., 2023).

REFERÊNCIAS

- Allen, J. D., Hall, L. W., Collier, R. J., & Smith, J. F. (2014). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 118–127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>
- Chabuz, W., Żółkiewski, P., Sawicka-Zugaj, W., Buczek, K., Staniec, M., Kowalik, S., Rydel, P., Lisowski, A., & Kasprzak-Filipek, K. (2025). Adaptability of Polish Red cows to extensive conditions. *BMC Veterinary Research*, 21. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04796-8>
- Da Rosa, D., Ferreira, N., Oliveira, C., Moreira, A., Battisti, R., Casaroli, D., Barbari, M., Bambi, G., & Andrade, R. (2025). Climate change and state of the art of sustainable dairy farming: A systematic review. *Animals*, 15. <https://doi.org/10.3390/ani15202997>
- De-Sousa, K., Deniz, M., Dittrich, J., & Hötzel, M. (2023). Effects of tree arrangements of silvopasture system on behaviour and performance of cattle – A systematic review. *Annals of Animal Science*, 23, 629–639. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0002>
- Decandia, M., Giovanetti, V., Molle, G., Acciaro, M., Mameli, M., Cabiddu, A., Cossu, R., Serra, M. G., Manca, C., Rassu, S. P. G., & Dimauro, C. (2018). The effect of different time epoch settings on the classification of sheep behaviour using tri-axial accelerometry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, 112–119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.002>
- Deniz, M., Sena, A., De-Sousa, K., Vieira, F., De Souza, E., Hötzel, M., & Dittrich, J. (2025). Herd dominance influences dairy cows' use of heat abatement resources in a silvopastoral system. *Animals*, 15. <https://doi.org/10.3390/ani15121791>
- Eckhardt, R., Arablouei, R., McCosker, K., Bishop-Hurley, G., Bagnall, N., Hayes, B., Reverter, A., Ingham, A., & Bernhardt, H. (2025). Insights into thermal stress effects on performance and behavior of grazing cattle via multimodal sensor monitoring. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13264-0>
- Fodor, I., Spoelstra, M., Calus, M., & Kamphuis, C. (2023). A systematic review of genotype-by-climate interaction studies in cattle, pigs, and chicken. *Frontiers in Animal Science*. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1324830>
- Frigeri, K., De-Sousa, K., Deniz, M., & Vieira, F. (2025). Influence of climatic conditions in early life: A systematic review of behavioral, physiological, performance and health responses of pre-weaning calves. *Annals of Animal Science*. <https://doi.org/10.2478/aoas-2025-0095>
- Frigeri, K., Kachinski, K., Ghisi, N., Deniz, M., Damasceno, F., Barbari, M., Herbut, P., & Vieira, F. (2023). Effects of heat stress in dairy cows raised in confined systems: A scientometric review. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13030350>
- Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S., & Del Prado, A. (2018). A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLOS ONE*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206520>
- Giro, A., Pezzopane, J., Barioni, W., Pedroso, A., Lemes, A., Botta, D., Romanello, N., Barreto, A., & Garcia, A. (2019). Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. *Science of the Total Environment*, 684, 587–596. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.377>
- Idris, M., Gay, C., Woods, I., Sullivan, M., Gaughan, J., & Phillips, C. (2023). Automated quantification of the behaviour of beef cattle exposed to heat load conditions. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13061125>

- Idris, M., Sullivan, M., Gaughan, J., & Phillips, C. (2024). Behavioural responses of beef cattle to hot conditions. *Animals*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani14162444>
- Idris, M., Sullivan, M., Gaughan, J., & Phillips, C. (2024). The relationship between infrared eye temperature of beef cattle and associated biological responses at high environmental temperatures. *Animals*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani14192898>
- Kim, W., Lee, J., Jeon, S., Peng, D., Kim, Y., Bae, M., Jo, Y., & Lee, H. (2017). Correlation between blood, physiological and behavioral parameters in beef calves under heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31, 919–925. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0545>
- Lemes, A., Garcia, A., Pezzopane, J., Brandão, F., Watanabe, Y., Cooke, R., Sponchiado, M., De Paz, C., Camplesi, A., Binelli, M., & Gimenes, L. (2021). Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93609-7>
- Liu, W., Zhou, J., Ma, Y., et al. (2024). Unequal impact of climate warming on meat yields of global cattle farming. *Communications Earth & Environment*, 5, 65. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01232-x>
- McIntosh, M., Spiegel, S., McIntosh, S., Sanchez, J., Estell, R., Steele, C., Elias, E., Bailey, D., Brown, J., & Cibils, A. (2023). Matching beef cattle breeds to the environment for desired outcomes in a changing climate: A systematic review. *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104905>
- Pontiggia, A., Münger, A., Eggerschwiler, L., Holinger, M., Stucki, D., Ammer, S., Bruckmaier, R., Dohme-Meier, F., & Keil, N. (2024). Behavioural responses related to increasing core body temperature of grazing dairy cows experiencing moderate heat stress. *Animal*, 18, 101097. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101097>
- Reis, N., Ferreira, I., Mazocco, L., Souza, A., Pinho, G., Da Fonseca Neto, Á., Malaquias, J., Macena, F., Muller, A., Martins, C., Balbino, L., & McManus, C. (2021). Shade modifies behavioral and physiological responses of low to medium production dairy cows at pasture in an integrated crop-livestock-forest system. *Animals*, 11. <https://doi.org/10.3390/ani11082411>
- Rivero, M., Palhares, J., Novelli, T., Martello, L., Pérez-Márquez, S., & Cooke, A. (2025). Shade provision and its influence on water intake and drinking behaviour of Nellore cattle in feedlot in a tropical environment. *PLOS ONE*, 20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331238>
- Sakar, Ç., Ünal, İ., Ünay, E., Ergiden, Y., Özdemir, P., Erdal, N., Özkan, S., & Zülkadir, U. (2025). Behavioral responses of Holstein Friesian and Anatolian Black cows to climate variability. *Behavioural Processes*. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2025.105280>
- Silva, W., Da Silva, J., Da Silva, É., Barbosa, A., Sousa, C., De Carvalho, K., Santos, M., Neves, K., Martorano, L., Júnior, R., & Lourenço-Júnior, J. (2023). Characterization of thermal patterns using infrared thermography and thermolytic responses of cattle reared in three different systems during the transition period in the Eastern Amazon, Brazil. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13172735>
- Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., Simitzis, P., & Panagakakis, P. (2023). Precision Livestock Farming Applications (PLF) for Grazing Animals. *Agriculture*, 13(2), 288. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020288>
- Veissier, I., Van Laer, E., Palme, R., Moons, C., Ampe, B., Sonck, B., Andanson, S., & Tuytens, F. (2018). Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *International Journal of Biometeorology*, 62, 585–595. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1468-0>
- Wang, S., Li, Q., Peng, J., & Niu, H. (2023). Effects of long-term cold stress on growth performance, behavior, physiological parameters, and energy metabolism in growing beef cattle. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13101619>

SOBRE O ORGANIZADOR

EDUARDO EUGÊNIO SPERS realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSE e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Accidente 51, 52, 54

Avena sativa L. 71, 72, 73, 81, 82

B

Bacterinas 160, 161

Biofumigación 98, 100, 106

Bioparque 51, 52, 53

C

Combustion installation 42, 48, 49

Componentes principales 71, 74, 77, 78, 79, 80, 81

Comunidades 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 40, 87

Conocimiento local 19, 23, 25, 27

Conservación 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 52, 53, 54, 57, 61, 63, 68, 69, 85, 86, 96

Criollos 60, 61, 63, 65, 66, 69

Customs and practices 2, 3

D

Dairy cattle 115, 117, 134, 135, 137, 156, 181

Desierto 19, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 30

Desparasitación 109, 112, 113

Dust concentration 42, 43, 47, 48, 49, 50

E

Equality 1, 2, 3, 4, 7, 10, 12, 13, 15, 16

F

Flamencos 51, 52, 53, 54, 57, 58

G

Gado de carne 173

Gases 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Germinación 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 104, 105

Gestión social 31, 32, 33, 34

Granules 42, 44

Guanajuato 60, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81

H

Hoof diseases 115, 123, 124, 128, 139, 144, 145, 153, 156

I

Imagen 83, 86, 87, 88

Inhibición 98, 102, 104

Interacción genotipo-ambiente 71

L

Leptospirosis 160, 161, 162, 163, 164, 169, 170, 171

M

Maíces 60, 61, 63, 65, 66, 68, 69

Memoria 19, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 36

Michoacán 1, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 68

Modelos digitales 83, 88

N

Nematodos gastrointestinales 108, 109, 110, 114

O

Ovinos 109, 111, 114

P

Paraparesia 51, 52, 56

Pecuária de precisão 173, 174

Persea americana var. drymifolia 98, 99, 100, 101, 103, 105

Prevención 31, 32, 35, 37, 39, 41, 160, 161, 171

Prueba 60, 61, 64, 65, 66, 68, 69, 75, 76, 77, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171

Q

Quemas 31, 34, 37, 39

R

Raça autóctone 173

Representaciones sociales 19, 21, 23, 24, 29

Respuesta inmune 161

Right to property 2

S

Semilla de guanabana 108, 109, 110, 112, 113

Serovariedades 160, 161, 162, 165, 166, 167, 168, 169

SIG 83, 87, 95

Stress térmico 173, 174, 178, 179

T

Tecnología apropiada y mapas 83

Temperature 42, 44, 45, 46, 47, 48, 128, 138, 173, 181, 182

Termorregulação animal 173

Territorio 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 39, 90

W

Women 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

Z

Zoohygiene 115



**EDITORIA
ARTEMIS**

2026