

VOL III

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2025

VOL III

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2025



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	Prof. Dr. 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/ Universidad Tecnológica Nacional, 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 MªGraça 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 País 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. Sérgio 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)

E82 Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais III [livro eletrônico] /
Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Artemis,
2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-45-1

DOI 10.37572/EdArt_280325451

1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente.
3. Sustentabilidade. I. Spers, Eduardo Eugênio.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



INTRODUÇÃO

O campo das Ciências Agrárias e Ambientais é vasto e dinâmico, abrangendo uma diversidade de abordagens, técnicas e inovações essenciais para o avanço da agricultura, da pecuária e do manejo dos recursos naturais. Em um mundo em constante mudança, em que a sustentabilidade e a busca por soluções eficientes para os desafios ambientais são cada vez mais urgentes, a contribuição dos profissionais das agrárias se torna fundamental para a construção de um futuro mais equilibrado e saudável.

O Volume III de **Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais** reúne pesquisas de autores de diversas partes do mundo, contribuindo com uma série de investigações que exploram desde os fundamentos da agroecologia até as complexas interações entre os seres humanos e o meio ambiente. A primeira parte aborda questões cruciais relacionadas à sustentabilidade, desde a utilização de biopreparados como soluções ecológicas até a medição de emissões poluentes em processos produtivos, refletindo o compromisso com práticas agrícolas que buscam respeitar os ciclos naturais e minimizar impactos negativos no planeta.

Em seguida, somos conduzidos a uma viagem pelo campo da genética e do melhoramento de plantas, uma área essencial para garantir a segurança alimentar global e o uso mais eficiente dos recursos naturais. Através de uma análise detalhada, os estudos nos apresentam a diversidade genética e os avanços que permitem o desenvolvimento de culturas mais resilientes e produtivas.

O livro também nos convida a refletir sobre os diferentes aspectos do manejo de cultivos, abordando desde as propriedades físicas das madeiras tropicais até as técnicas agrícolas adaptadas a regiões semiáridas, sempre com o olhar atento para as melhores práticas agrícolas, que promovem uma integração harmoniosa entre o ser humano e a terra.

Por fim, encontramos uma seção dedicada à produção animal, que explora o papel fundamental da pecuária na alimentação e economia global, além das questões relacionadas à saúde animal. A conexão entre a produção e a saúde dos animais é uma chave para garantir a qualidade e a sustentabilidade dos sistemas produtivos, abrangendo desde práticas de manejo até o desenvolvimento de estratégias veterinárias inovadoras.

Através destes trabalhos, buscamos oferecer uma visão abrangente e integrada de diversos aspectos das ciências agrárias, com o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento, da pesquisa e da prática no campo. Este é um convite à reflexão sobre o papel fundamental que a ciência e a inovação desempenham na construção de um futuro agrícola mais sustentável, saudável e próspero para todos.

Desejo a todos uma proveitosa leitura!

Eduardo Eugênio Spers

SUMÁRIO

AGROECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

CAPÍTULO 1..... 1

BIOPREPARADOS AGROECOLÓGICOS COMO SOLUÇÃO BIOLÓGICA

Joana Maria Ferreira dos Santos Correia Simões
Daniela de Vasconcelos Teixeira Aguiar da Costa
Cristina Isabel de Victoria Pereira Amaro da Costa

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254511

CAPÍTULO 2..... 21

EXPERIMENTAL MEASUREMENTS OF POLLUTING EMISSIONS FROM COMBINED FEED FACTORIES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

Cristian Vasile

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254512

CAPÍTULO 3..... 30

ASOCIACIÓN DEL CULTIVO CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) - MAÍZ (*Zea mays* L.) OCCIDENTAL AL SUROESTE DE GUANAJUATO

Alberto Calderón-Ruiz
Adriana Paola Martínez Camacho
Jorge Covarrubias-Prieto
Juan Carlos Raya-Pérez
Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla
Salvador Montes-Hernández
María Susana Acosta-Navarrete

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254513

CAPÍTULO 4..... 42

PRODUCCION DE BIOMASA EN MAIZ CON RIEGO POR GOTEO

Guillermo Jesuita Pérez Marroquín
Raul Berdeja Arbeu
Isidro López Sánchez
Ramiro Escobar Hernández
Fabian Enriquez Garcia
Marcos Perez Sato

Eutiquio Soni Guillermo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254514

GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

CAPÍTULO 5..... 53

VARIACIONES ESPACIALES EN LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE *Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl.* EN EL ESTADO DE JALISCO

José German Flores-Garnica

Gabriela Ramírez-Ojeda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254515

CAPÍTULO 6..... 63

LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Pinus oocarpa*: UN RECURSO CLAVE PARA SU MEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE RESINA

Miguel Ángel Vallejo Reyna

Mario Valerio Velasco García

Viridiana Aguilera Martínez

Hilda Méndez Sánchez

Liliana Muñoz Gutiérrez

Martín Gómez Cárdenas

Adán Hernández Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254516

GESTÃO E MANEJO DE CULTIVOS

CAPÍTULO 7..... 72

STUDY OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF FIVE TROPICAL WOOD SPECIES

Guadalupe Olvera-Licona

José Amador Honorato-Salazar

Flora Apolinar-Hidalgo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254517

CAPÍTULO 8..... 82

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO RABANETE SOB QUANTIDADES DE MATA-PASTO (*Senna uniflora* L.) EM BASE VERDE INCORPORADO AO SOLO

Paulo César Ferreira Linhares

Lunara de Sousa Alves
Wyara Ferreira Melo
Janilson Pinheiro de Assis
Aline Carla de Medeiros
Patrício Borges Maracajá
Joaquim Odilon Pereira
Walter Martins Rodrigues
Karen Geovana da Silva Carlos
Geovanna Alicia Dantas Gomes
Maria Amanda Laurentino Freires

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254518

CAPÍTULO 9.....92

BIOECOLOGY AND INTEGRATED MANAGEMENT OF ALIEN INVASIVE PEACH FRUIT
FLY *BACTROCERA ZONATA* SAUNDERS (DITPTERA: TEPHRITIDAE) IN SUDAN

Mohammed E. E. Mahmoud
Samira A. Mohamed
Mohamedazim I. B. Abuagla
Fathya M. Khamis
Sunday Ekesi

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2803254519

CAPÍTULO 10..... 104

PRODUTIVIDADE DE MILHO (*Zea mays*), VARIEDADE CRIOULO, NA REGIÃO
SEMIÁRIDA EM FUNÇÃO DE DENSIDADES DE PLANTIO

Maria Elisa da Costa Souza
Paulo César Ferreira Linhares
Luciane Karine Guedes de Oliveira
Domingos Severino de Souza Junior
Lunara de Sousa Alves
Wyara Ferreira Melo
Aline Carla de Medeiros
Patrício Borges Maracajá
Joaquim Odilon Pereira
Walter Martins Rodrigues
Karen Geovana da Silva Carlos
Geovanna Alicia Dantas Gomes

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545110

CAPÍTULO 11.....123

PODA DE FORMACIÓN EN PLANTAS DE LIMÓN PERSA DURANTE LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO

Pablo Ulises Hernández Lara

Sergio Salgado Velázquez

Diana Rubi Ramos López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545111

PRODUÇÃO ANIMAL E VETERINÁRIA

CAPÍTULO 12134

LOS MACHOS CABRÍOS FOTO-ESTIMULADOS SIN EXPERIENCIA SEXUAL INCREMENTAN LA TESTOSTERONA PLASMÁTICA DURANTE EL PRIMER CONTACTO SOCIO-SEXUAL CON HEMBRAS

Ilda G. Fernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545112

CAPÍTULO 13139

MICOSIS EN MASCOTAS DE LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO

Alejandra Paula Espinosa Taxis

Teresita Spezzia Mazzocco

Fabiola Avelino Flores

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545113

CAPÍTULO 14 150

A REVIEW OF THE STUDIES ON BLUEFIN TUNA (BFT) IN THE EASTERN ADRIATIC SEA

Vjekoslav Tičina

Ivan Katavić

Leon Grubišić

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545114

CAPÍTULO 15165

INDUSTRIALIZACIÓN DE LÁCTEOS EN LA HACIENDA AGUSBELLA, PARROQUIA RUMIPAMBA, COMO RESULTADO DE LA PRÁCTICA PREPROFESIONAL DE ESTUDIANTES DE PRODUCCIÓN ANIMAL

María José Jiménez Arciniega

Nathaly Alexandra Freire Pazmay

Fabian Mauricio Tello Velastegui

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28032545115

SOBRE O ORGANIZADOR..... 188

ÍNDICE REMISSIVO 189

CAPÍTULO 1

BIOPREPARADOS AGROECOLÓGICOS COMO SOLUÇÃO BIOLÓGICA

Data de submissão: 08/03/2025

Data de aceite: 21/03/2025

Joana Maria Ferreira dos Santos Correia Simões

Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior Agrária de Viseu
Viseu – Portugal
<https://orcid.org/0009-0007-6486-8086>

Daniela de Vasconcelos Teixeira Aguiar da Costa

Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior Agrária de Viseu
Viseu – Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-7718-6072>

Cristina Isabel de Victoria Pereira Amaro da Costa

Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior Agrária de Viseu e CERNAS
Viseu – Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-8625-2206>

RESUMO: Na sociedade atual, a sustentabilidade ambiental e social é uma preocupação crescente, em particular na produção de alimentos que se traduz na crescente procura por produtos seguros para os ecossistemas e para o consumidor final. A utilização de biopreparados, com base na (re)

utilização de recursos naturais existentes na exploração, é uma parte integrante de sistemas produção agroecológicos. Estudaram-se sete biopreparados agroecológicos no projeto RESTORE - biopreparados Em Sistemas produção agroecológicos [projeto UIDB/00681/2020] – vinagre de figo-da-índia, vinagre de beldroega, sumo fermentado de laranja, extrato de alho, infusão de urtiga, decocção de cavalinha e biopreparado de alho e malagueta. O trabalho consistiu em: aplicação de inquérito aos agricultores sobre biopreparados utilizados; seleção e produção, análise físico-química e microbiológica e avaliação de efeitos *in vivo* de biopreparados. Foram realizados 17 inquéritos a produtores, na região Centro. Os biopreparados foram selecionados a partir da informação dos agricultores. Em laboratório, procedeu-se à quantificação de compostos fenólicos totais, análise da capacidade antioxidante e a da inibição de atividade microbiana, em bactérias e fungos, em três momentos temporais diferentes e com base no tipo de conservação estabelecida: logo após a preparação do biopreparado; três e seis meses após a conservação em fresco e seis meses após conservação por congelação. Os ensaios de campo foram realizados em viveiros de alface, em estufa, desde a sementeira até à transplantação. O sumo fermentado de laranja e os vinagres apresentam os melhores resultados em composição fenólica e capacidade antioxidante. Em termos de inibição de

atividade microbiológica, o biopreparado de alho e malagueta é o que demonstra uma inibição mais consistente. A decoção de cavalinha demonstra apresentar melhores resultados enquanto bioestimulante no cultivo de alface. É essencial dar continuidade a estudos de avaliação dos efeitos dos biopreparados para melhorar o conhecimento sobre os mesmos e os seus efeitos, bem como para fundamentar uma tomada de decisão mais adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Agroecologia. Antioxidantes. Bioestimulante. Ação microbiológica. Biossolução.

AGROECOLOGICAL BIOPREPARATIONS AS AN ORGANIC SOLUTION

ABSTRACT: Nowadays, environmental and social sustainability is a growing concern, particularly in food production, which is reflected in the growing demand for products that are safe for ecosystems and for the end consumer. The use of biopreparations, based on the (re)use of natural resources on the farm, is an integral part of agroecological production systems. Seven agroecological biopreparations were studied in the RESTORE project - biopreparations in agroecological production systems [project UIDB/00681/2020] - prickly pear vinegar, purslane vinegar, fermented orange juice, garlic extract, nettle infusion, horsetail decoction and garlic and chilli biopreparation. The work consisted of: a survey of farmers on the biopreparations used; selection and production, physicochemical and microbiological analysis and evaluation of the in vivo effects of biopreparations. Seventeen surveys were carried out with producers in the Centro region. The biopreparations were selected based on information from the farmers. In the laboratory, total phenolic compounds were quantified, antioxidant capacity was analyzed and microbial activity was inhibited in bacteria and fungi, at three different time points and based on the type of preservation established: immediately after the preparation of the bioprepared; three and six months after fresh preservation and six months after frozen preservation. The field trials were carried out in greenhouse lettuce nurseries, from sowing to transplanting. Fermented orange juice and vinegars showed the best results in terms of phenolic composition and antioxidant capacity. In terms of inhibiting microbiological activity, the garlic and chilli pepper biopreparation shows the most consistent inhibition. The horsetail decoction shows the best results as a biostimulant in lettuce cultivation. It is essential to continue with studies evaluating the effects of biopreparations to improve knowledge about them and their effects, as well as to support better decision-making.

KEYWORDS: Agroecology. Antioxidants. Biostimulant. Microbial action. Biossolution.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos sectores económicos que contribui para as alterações climáticas e para a poluição do meio ambiente e, consequentemente, para a perda de biodiversidade e de qualidade dos ecossistemas (Gonçalves, 2005; Castellanos *et al.*, 2020; Simões, 2023). Por isso, têm-se procurado encontrar formas de produzir mais sustentáveis e saudáveis, que assegurem a soberania e a segurança alimentares,

assim como a preservação dos agroecossistemas e da saúde dos trabalhadores rurais e consumidores.

A agroecologia surge como resposta a estas problemáticas, em particular porque procura assegurar: (1) promoção da saúde de todo o ecossistema e das comunidades; (2) respeito pelos diferentes sistemas ecológicos e ciclos agrícolas e pelas diferentes culturas; (3) cuidado, respeito e precaução pela vida; (4) promoção da equidade e da preservação da natureza, nomeadamente pela valorização de jovens e mulheres rurais (CIDSE, 2018). Para tal, faz uso dos treze princípios agroecológicos: (1) reciclagem; (2) redução do uso de *inputs*; (3) fertilidade do solo; (4) saúde e bem-estar animal; (5) biodiversidade; (6) sinergia; (7) diversificação económica da exploração agrícola; (8) cocriação de conhecimento; (9) valores sociais e dietas alimentares; (10) equidade; (11) conectividade; (12) governança da terra e dos recursos naturais; (13) participação ativa (Rodrigo, 2022).

A utilização de biopreparados é uma prática agroecológica, que pode contribuir para a conservação e regeneração dos recursos naturais, para a promoção da biodiversidade, proteção de culturas agrícolas contra pragas e doenças, e aumento da fertilidade e atividade biológica do solo.

Os biopreparados são produtos ou misturas de materiais naturais de origem vegetal, animal e/ou mineral, que podem ter funções como bioestimulante, biofertilizante e biopesticida (Simões *et al.*, 2024). Por norma, estes produtos têm fáceis e práticos protocolos de confeção e de aplicação, com baixos custos de produção e poucos resíduos nas culturas e sem intervalo de segurança conhecido, apesar de um prazo de validade relativamente curto, pelo que a quantidade produzida deve ser a necessária para ser utilizada em tempo útil (CET & INIA, 2017).

Em geral, os compostos das plantas com interesse decorrem da sua atividade alelopática. A alelopatia é a relação de influência entre duas espécies, em que uma delas consegue influenciar positiva, por promoção do desenvolvimento, ou negativamente, pela inibição, do desenvolvimento da outra espécie, com recurso a mecanismos químicos (Simões, 2023; Anjos, 2022). Estes compostos podem ter uma ação positivo ou negativa, consoante ajudam no desenvolvimento e/ou crescimento da própria planta ou de outros seres vivos - efeito bioestimulante, ou inibem e/ou eliminam o desenvolvimento de outros seres vivos – efeito de proteção (Chispusio *et al.*, 2003; Corsato *et al.*, 2010; Formagio *et al.*, 2010, 2014; Tur *et al.*, 2012; Moreira *et al.*, 2016; Fonseca *et al.*, 2017; Espinosa *et al.*, 2019; Anjos, 2022; Simões, 2023). Os efeitos de proteção podem ser sentidos em plantas espontâneas, em que umas plantas inibem o desenvolvimento das plantas vizinhas; pode

ser como inibição da atividade microbiana, ou até por potenciarem odores que atraem auxiliares ou que repelem pragas. Muitas destas funções decorrem da capacidade antioxidante de cada substância, tais como compostos fenólicos, alcalóides, terpenóides, flavonóides (Chispusio *et al.*, 2003; Tur *et al.*, 2012; Formagio *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2016; Fonseca *et al.*, 2017; Espinosa *et al.*, 2019; Aniya *et al.*, 2022). Sabe-se, por exemplo, que a composição fenólica tem um papel importante na proteção das plantas contra o stresse oxidativo natural e apresenta inúmeras funções vitais para a sobrevivência das plantas, como o controlo das hormonas vegetais (El Modafar & El Boustani, 2003; Formagio *et al.*, 2014; Anjos, 2022; Simões, 2023).

A eficácia destes biopreparados depende dos compostos químicos presentes no biopreparado, que podem estar originalmente nos produtos utilizados ou ser produto das reações químicas durante a confeção destes produtos. Por outro lado, a quantidade destes compostos presentes nas plantas, e por isso a sua ação alelopática, depende de diversos fatores: condições edafoclimáticas em que as plantas se desenvolveram, estado de desenvolvimento das plantas aquando da colheita, parte da planta a usar, método e condições de preparação e aplicação na cultura, cultura-alvo e tipo de função e modo de conservação (Regnault-Roger *et al.*, 2003; Tur *et al.*, 2012; Formagio *et al.*, 2014; Pylak *et al.*, 2019; Anjos, 2022). Devido a esse facto, torna-se vital o conhecimento acerca das plantas utilizadas no fabrico de biopreparados (Formagio *et al.*, 2014).

Este trabalho foi desenvolvido no contexto do projeto RESTORE - biopReparados Em SisTemas prOdução agRoEcológicos, com diversas atividades associadas e realizadas: (1) recolha de informação acerca de biopreparados através da aplicação de um inquérito; (2) caracterização físico-química, (3) avaliação de efeito bioestimulante *in vivo*, em alfaces, a análise da atividade antioxidante e dos compostos fenólicos totais e inibitório *in vitro* em bactérias e fungos e (4) divulgação de informações técnicas acerca de biopreparados. O trabalho teve como objetivo o estudo de sete biopreparados para se perceber quais os efeitos possíveis ao longo do tempo, após a sua confeção. Este foi um projeto realizado a partir de um consórcio da Escola Superior Agrária de Viseu, Escola Superior Agrária de Coimbra e Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

2 METODOLOGIA

Inicialmente, aplicou-se um inquérito presencial aos agricultores na região Centro de Portugal, nos distritos de Castelo Branco e Viseu, para se conhecerem que biopreparados e para que fins os utilizavam. A Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Viseu aprovou o questionário; seis agricultores aceitaram participar no estudo.

A partir das informações recolhidas nos questionários e da pesquisa bibliográfica, tomou-se a decisão de se estudarem os seguintes sete biopreparados: vinagre de beldroega (VB), vinagre de figo-da-índia (VF), sumo fermentado de fruta de laranja (SFL), extrato de alho (EA), infusão de urtiga (IU), decocção de cavalinha (DC) e biopreparado de alho e malagueta (BAP). Os critérios de seleção dos biopreparados foram: ação do biopreparado, disponibilidade dos ingredientes e dos recursos disponíveis para o projeto. Os biopreparados foram preparados no inverno e estavam todos prontos a 25 de fevereiro de 2023 para serem utilizados para as diferentes análises do estudo, nomeadamente em viveiros de alface, em Viseu e em Castelo Branco. Na tabela seguinte, encontram-se os protocolos utilizados na preparação dos biopreparados estudados.

Tabela 1 – Protocolos de confeção, aplicação e conservação dos biopreparados.

Vinagre de Beldroega		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
1 kg Beldroega 1 kg Açúcar amarelo 3 L água por cada Kg de material sobran-te	Colocar a beldroega e o açúcar a fermentar durante 15 a 20 dias. Colocar a manta térmica por cima do poceiro de forma a tentar evitar a presença de insetos no biopreparado. Coar e pesar o material sobran-te. Adicionar, ao sobran-te sólido, 3 l de água por cada kg de sobran-te. Deixar fermentar durante 3 meses. Voltar a coar e conservar no escuro e no fresco.	15 + 90 dias
Diluição	1:16	
Efeitos descritos	Fertilizante	
Origem da informação	A informação obtida foi indicada por António Coelho, da Quinta da Malhadinha – Terra Sintrópica, em Mértola. Terra Sintrópica ESAV	
Vinagre de figo-da-Índia		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
1 kg palma de figo-da-índia 3 kg açúcar amarelo 3 L água por cada Kg de material sobran-te Coador Poceiro Manta térmica Cordão Colher de pau	Colocar as palmas e o açúcar a fermentar durante 15 a 20 dias. Colocar a manta térmica por cima do poceiro de forma a tentar evitar a presença de insetos no biopreparado. Coar e pesar o material sobran-te. Adicionar, ao sobran-te sólido, 3 l de água por cada kg de sobran-te. Deixar fermentar durante 3 meses. Voltar a coar e conservar no escuro e no fresco.	15 + 90 dias
Diluição	1:16	

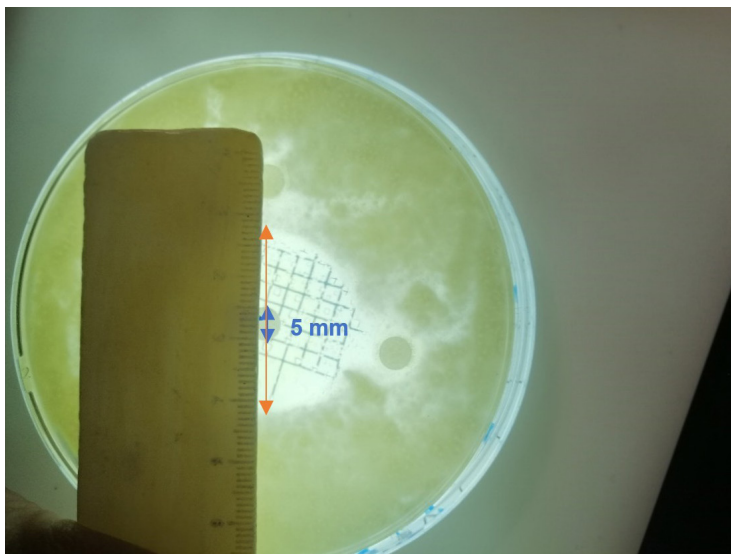
Efeitos descritos	Fertilizante	
Origem da informação	Terra Sintrópica ESAV A informação obtida foi indicada por António Coelho, da Quinta da Malhadinha – Terra Sintrópica, em Mértola. Terra Sintrópica ESAV	
Sumo fermentado de laranja		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
1kg Laranjas 1kg Açúcar amarelo Coador Poceiro Manta térmica Cordão Colher de pau	Colocam-se as laranjas cortadas em pedaços e o açúcar a fermentar durante 7 dias. Coloca-se a manta térmica por cima do poceiro de forma a tentar evitar a presença de insetos no biopreparado. Coar e conserva-se no escuro e no fresco.	7 dias
Diluição	1:1000	
Efeitos descritos	Bioestimulante	
Referências bibliográficas	Reddy, 2011	
Extrato de alho		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
110g alho com casca 2 colheres de sopa de azeite ou de colza 1 colher de sabão potássico 1 L de água	Picam-se os alhos com casca e juntam-se ao azeite ou à colza e deixar macerar durante 24 horas. Filtrar. Adicionar uma colher de sabão potássico e misturar tudo. Adicionar 1 L de água. Filtrar.	Preparação: 24 h Conservação: 3 semanas num local fresco e escuro.
Diluição	1:20	
Efeitos descritos	Fungicida Inseticida	
Referências bibliográficas	Petiot, 2010 Lapouge-Déjean, 2018	
Infusão de urtiga		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
250 g folhas secas de urtiga 10 L água	Deitar as folhas de urtiga na água. Levar ao lume sem deixar levantar fervura.	30 min.
Diluição	1:20	
Efeitos descritos	Bioestimulante	
Referências bibliográficas	Petiot, 2010 Lapouge-Déjean, 2018	
Decocção de cavalinha		
Material	Protocolo de confeção	Tempo de preparação
1 kg cavalinha 10 L água	Colocar a cavalinha em água durante 24 horas. Levar ao lume e deixar ferver durante 20 minutos.	24 h

Diluição	1:5	
Efeitos descritos	Fertilizante Bioestimulante Repelente Fungicida Inseticida Insetifuga Acaricida	
Referências bibliográficas	Petiot, 2010 Lapouge-Déjean, 2018 Costa <i>et al.</i> , 2023	
Biopreparado de alho e malagueta		
Material	Protocolo de confecção	Tempo de preparação
50 g de alho (8 dentes) 50 g malagueta 1 L álcool etílico a 96°	Moer o alho e a malagueta num almofariz. Acrescentar álcool etílico. Deixar macerar 7 dias. Filtrar e armazenar.	Tempo de preparação: 7 dias Tempo de conservação: 6 meses
Diluição	1:200	
Efeitos descritos	Repelente Inseticida Acaricida	
Referências bibliográficas	Costa <i>et al.</i> , 2023	

Os biopreparados foram estudados relativamente aos efeitos, em bactérias e fungos, *in vitro*, e bioestimulantes pela sua aplicação em alfaces em viveiro. Foram, também, avaliadas a capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais. Os estudos de inibição de atividade microbiana e de capacidade antioxidante e compostos fenólicos foram realizados (1) logo após a confecção dos biopreparados, em março de 2023; (2) três e seis meses após conservação em fresco e à sombra, em maio e agosto de 2023, respetivamente, e (3) seis meses após conservação por congelação, em agosto de 2023.

A análise da inibição da atividade microbiana foi realizada através da técnica dos discos impregnados, com utilização de bactérias Gram negativas *Escherichia coli*; como bactérias Gram positivas, bactérias lácticas e, como fungos, *Penicillium spp.* e leveduras. O diâmetro dos discos de papel usados era de 5 mm e a inibição foi considerada em medições superiores a esse valor, porque o valor da inibição é o valor do halo de inibição (seta a cor-de-laranja, na imagem 1) sem o diâmetro do disco de papel (seta azul, na imagem 1).

Figura 1 – Análise da inibição de atividade microbiana, com medição do halo de inibição e com a apresentação do diâmetro de papel. Legenda: cor-de-laranja – halo de inibição de atividade microbiana; azul – diâmetro do disco de papel.



A capacidade alelopática de uma substância ou composto pode ser avaliada no desenvolvimento de plantas das seguintes formas: índice de germinação de sementes e crescimento da planta em estudo, pelo comprimento da raiz, pelo comprimento da parte aérea, massa fresca e massa seca da planta (Corsato *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2019; Formagio *et al.*, 2010, 2014; Chipusio *et al.*, 2003). No caso deste trabalho, quisemos avaliar o efeito bioestimulante e utilizaram-se os critérios de comprimento da raiz, parte aérea, quinta folha expandida e massas fresca e seca da parte aérea. Os biopreparados foram aplicados em plântulas de alface desde a germinação à fase transplantação, três vezes por semana, em que o controle foi realizado com regas com água.

Para o estudo químico dos biopreparados, efetuou-se a análise de compostos fenólicos totais, com recurso ao método de Folin-Ciocalteu (MFC) e a análise da atividade antioxidante, com recurso aos métodos de sequestro de radicais ABTS^{•+} (2,2'-Azino-bis(3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid)) e DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl). Para cada método, foi necessário proceder-se à reta de calibração, pelo que se usou ácido gálico para a reta de calibração para o método Folin-Ciocalteu e trolox como antioxidante padrão para os métodos ABTS^{•+} e DPPH. Os resultados dos compostos fenólicos totais são apresentados em relação à concentração de ácido gálico correspondente. Os resultados de ABTS^{•+} e DPPH foram apresentados em correspondência com a percentagem de inibição em trolox.

Os dados dos questionários foram analisados em estatística descritiva, em Excel, versão 2310, enquanto todos os restantes dados dos ensaios *in vivo* e *in vitro* foram analisados com recurso a *Statistical Package for the Social Science* versão 29.0 (SPSS). Com o SPSS, fizeram-se Análises de Componentes Principais (PCA), testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnova, teste de homogeneidade One-Way ANOVA e testes de comparação de médias, com LSD para variâncias homogéneas, Tamhane para variâncias não homogéneas e para resultados que não apresentam normalidade, utilizou-se o Teste não paramétrico Kruskal-Wallis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 UTILIZAÇÃO DE BIOPREPARADOS POR AGRICULTORES EM PORTUGAL

Os questionários foram aplicados presencialmente, no início do projeto RESTORE, a seis agricultores com um total de 15 biopreparados referidos e validados, por incluírem informação completa, fiável e possível de repetir. Os biopreparados referidos pelos agricultores foram: água de dessalgar bacalhau; água com duas colheres de detergente da louça e duas de vinagre; cinzas das lareiras e borras de café; urtiga (2); alho, malagueta e cebola; camomila, canela e cavalinha; capuchinha; hortelã-pimenta; caules e folhas de tomateiro; *Salvia officinalis*; água com petróleo; alho; bicarbonato de sódio; cavalinha. A maioria dos biopreparados referidos são usados em hortícolas e passam por processos de maceração (41%), decocção (23%) e mistura de ingredientes (12%). Os biopreparados são aplicados essencialmente por pulverização (mais de 60%) e preferencialmente na primavera e verão, na presença de inimigos das pragas, doenças ou plantas espontâneas consoante o seu tipo de ação. A forma como os agricultores obtiveram conhecimento e informação acerca dos biopreparados foi por experimentação própria (33%), conversas com agricultores e outras pessoas (28%), formações técnicas em agricultura biológica (28%) e consulta a bibliografia (11%). Relativamente à eficácia dos biopreparados, 70% dos inquiridos indicam que o biopreparado tem o efeito para o qual é produzido.

3.2 ANÁLISE DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E DO TEOR EM COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Em termos médios, VF apresenta maior teor em compostos fenólicos totais, seguido de VB e SFL, apesar de ser SFL com maior capacidade antioxidante média, secundado pelos vinagres. Estes foram os biopreparados com melhores resultados ao longo do tempo, tanto no teor de compostos fenólicos totais como na capacidade

antioxidante. Os restantes biopreparados apresentam valores muito baixos em compostos fenólicos totais. Ao longo do tempo, ocorrem alterações nos teores, como por exemplo, VB perdeu cerca de 2/3 dos seus compostos fenólicos. VB congelado apresenta o maior teor em compostos fenólicos de todos os biopreparados - cerca de seis vezes o seu teor ao fim de seis meses de conservação em fresco e cerca de quatro vezes o seu teor no momento da preparação e SFL demonstra ter dobrado os compostos fenólicos ao fim de seis meses por congelação.

Tabela 2 - Médias dos resultados de compostos fenólicos totais. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior teor em compostos fenólicos e a vermelho o biopreparado com menor teor de compostos fenólicos.

Compostos Fenólicos Totais	Na finalização do biorpreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	0,129c,d,e±0,01	0,112c,d±0,005	0,104c±0,005	0,121c±0,003
Decocção de Cavalinha	0,073d±0,002	0,064c±0,001	0,025d±0,002	0,075d±0,001
Extrato de alho	0,075d±0,002	0,063c,d,e±0,008	0,065c±0,001	0,081d±0,003
Infusão de Urtiga	0,15c±0,005	0,048d±0,000	0,028d±0,001	0,129c±0,001
Sumo Fermentado de Laranja	0,829a±0,011	0,741b±0,025	0,431b±0,011	1,451a±0,009
Vinagre de Beldroega	0,624b±0,006	1,136a±0,013	0,511b±0,019	2,378a±0,107
Vinagre de Figo-da-Índia	1,004a,b±0,033	1,254a,b,c,d,e±0,176	1,516a±0,032	0,928b±0,012

Todos os biopreparados, à exceção de SFL, VB e VF, demonstram em três meses de conservação em fresco perder capacidade antioxidante, em oposição ao aumento da capacidade antioxidante de VF e VB neste período para quase o triplo. Aos seis meses, apresentam o dobro e o triplo da capacidade antioxidante, respetivamente VF e VB, do que em relação à conservação por congelação.

Os açúcares adicionados permitem que a fermentação continue a processar-se ao longo do tempo, o que gera a criação de novos compostos, nomeadamente compostos fenólicos com capacidade antioxidante, tal como nos mostram os resultados obtidos nos vinagres e no SFL (Soares, 2022).

A laranja tem na sua constituição grande quantidade de compostos fenólicos e antioxidantes, como o limoneno, o pineno e a naringenina (Chispusio et al., 2003).

Tabela 3 - Médias dos resultados da capacidade antioxidante pelo método ABTS*. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior capacidade antioxidante e a vermelho o biopreparado com menor capacidade antioxidante.

Capacidade antioxidante por ABTS*	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	0,418b,c±0,018	0,279c±0,003	0,34d,e,f±0,003	0,267c,f±0,007
Decocção de Cavalinha	0,301c,d,e±0,01	0,156d±0,003	0,069c,e±0,001	0,106d±0,004
Extrato de alho	0,392b,c,d±0,024	0,044e±0,003	0,066c,e±0,001	0,235b,f±0,009
Infusão de Urtiga	0,517b±0,008	0,143d±0,002	0,134b,d±0,004	0,217b±0,007
Sumo Fermentado de Laranja	1,461a±0,045	1,390a±0,021	1,256a,b,c±0,088	1,025a,b,c,d,e±0,116
Vinagre de Beldroega	0,274d,e±0,01	0,673b±0,018	0,93a±0,03	0,343a,c±0,015
Vinagre de Figo-da-Índia	0,226e±0,016	0,575b±0,01	0,887a±0,013	0,426a±0,005

Tabela 4 - Médias dos resultados da capacidade antioxidante pelo método DPPH. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior capacidade antioxidante e a vermelho o biopreparado com menor capacidade antioxidante e cada análise.

Capacidade antioxidante por DPPH	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	0,037d±0,001	0,032c±0,011	0,33c,d±0,089	1,141c,f±0,062
Decocção de Cavalinha	0,049d,f±0,004	0,041c±0,012	0,596c±0,023	0,827c,f±0,027
Extrato de alho	0,004e±0,001	0,013c±0,002	0,304d±0,022	0,240d,f±0,039
Infusão de Urtiga	0,12c±0,001	0,008c±0,001	0,000d±0,018	2,783b,f±0,127
Sumo Fermentado de Laranja	0,544a±0,022	0,468a±0,010	4,121a,b,c,d±0,848	10,143a,b,c,d±0,772
Vinagre de Beldroega	0,293b±0,005	0,332b±0,011	10,38a±0,148	5,763a,e±0,115
Vinagre de Figo-da-Índia	0,158b,c,d,e,f±0,018	0,255b±0,003	6,258b±0,208	4,608e,f±0,474

Estudos indicam que o alho apresenta os maiores teores em capacidade antioxidante quando sofre ebulição, por poder provocar a inativação da atividade oxidante pela peroxidase e pela prevenção de oxidação por lipoproteínas, o que justifica os resultados obtidos pelo EA e pelo BAP (LTA, s/d).

Os EA, IU, DC e BAP têm baixa capacidade antioxidante e compostos fenólicos, em comparação com os restantes (Simões, 2023).

A cavalinha e a urtiga têm compostos com capacidade antioxidante e alelopática, mas devido ao facto de ter passado por decocção e infusão, respetivamente, podem ter sido inativados os compostos fenólicos e antioxidantes, o que pode justificar uma menor inibição microbiana e menores teores em compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante (Petiot, 2010).

3.3 ANÁLISE DA INIBIÇÃO DA ATIVIDADE MICROBIANA

Em relação à função bactericida em Gram negativas, VF e VB apresentam os valores mais elevados, seguidos por SFL e BAP, enquanto DC não apresenta qualquer atividade inibitória, em termos médios. No momento da preparação, apenas se considera que BAP apresenta alguma eficácia; após três meses de conservação em fresco, todos, exceto o DC, apresentam inibição, pelo que interessa conservar, em especial VB, com o melhor resultado e acima de 10 mm de inibição; nos seis meses de conservação, o ideal será utilizar o VF ou o SFL, se congelado, mas VB, SFL, IU e BAP apresentam inibição quando conservados em fresco e BAP e VB, se congelados. Não faz sentido utilizar DC como antibacteriano; EA só faz sentido usar após a conservação em fresco durante três meses; VB faz sentido usar após três meses de conservação em fresco.

Tabela 5 - Médias dos resultados da inibição da atividade microbiológica de bactérias Gram negativas. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior inibição de atividade microbiológica e a vermelho com menor inibição, em cada momento.

Inibição da atividade microbiológica em bactérias Gram negativas	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	7,333b±0,577	9,833b±1,041	7,333b,c±2,517	8,333a,b±2,887
Decocção de Cavalinha	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,000b,c±0,000	6,000b±1,000
Extrato de alho	5,000b±0,000	9,167b±1,041	6,000c±1,000	5,000b±0,000
Infusão de Urtiga	5,000b±0,000	7,000a,b±3,464	7,000b,c±1,000	5,500b±0,500

Sumo Fermentado de Laranja	5,000b±0,000	8,667a,b±3,215	8,667a,b,c±6,351	10,000a,b±3,464
Vinagre de Beldroega	6,333b±1,573	12,667a,b±2,887	8,333b,c±2,887	6,833a,b±3,175
Vinagre de Figo-da-Índia	5,000b±0,000	7,000b±1,732	12,500b±0,866	10,000a,b±3,464

Na verdade, se um agricultor puder fazer todos os biopreparados para inibir bactérias Gram negativas, deveria produzir apenas a quantidade necessária para usar no momento no caso de BAP; produzir e conservar em fresco até três meses o VB e produzir e conservar em fresco durante seis meses VF, sem congelar, para poder rentabilizar o máximo gastando o menos possível. Os restantes não têm resultados tão positivos quanto à inibição da atividade microbiana.

No sentido de inibir o desenvolvimento de bactérias Gram positivas, não faz sentido usar SFL e IU, devido ao facto de, em média, não apresentarem inibição. VB apresenta a maior inibição bacteriana, secundado por VF, EA e BAP. No momento da preparação, é preferível utilizar BAP e VB; após três meses de conservação em fresco, podem utilizar-se todos os biopreparados exceto SFL e IU, mas preferencialmente DC e EA, que apresentam inibições superiores a 10 mm. Após seis meses de conservação em fresco, podem usar-se BAP, VB e VF, em especial VB e VF pela inibição superior a 10mm; após seis meses por congelação, podem-se usar EA, VB e VF. No caso de um agricultor poder produzir todos e conservar, será mais aconselhável produzir VB e conservar em fresco até seis meses, devido ao facto de permitir inibição ao longo do tempo. Também o EA parece ser interessante, por apresentar uma maior inibição aos três meses de conservação em fresco.

Tabela 6 - Médias dos resultados da inibição da atividade microbiológica de bactérias Gram positivas. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior inibição de atividade microbiológica e a vermelho com menor inibição, em cada momento.

Inibição da atividade microbiológica em bactérias Gram positivas	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	7,667b±1,155	11,000b±2,646	8,667b±4,041	5,000c±0,000
Decocção de Cavalinha	5,000b±0,000	10,167b±2,021	5,000b±0,000	5,000c±0,000
Extrato de alho	5,000b±0,000	11,667a,b±4,726	5,000b±0,000	11,000b±0,000

Infusão de Urtiga	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,000c±0,000
Sumo Fermentado de Laranja	5,000b±0,000	5,333b±0,577	5,167b±0,287	5,000c±0,000
Vinagre de Beldroega	7,333b±0,577	9,000b±2,000	16,000a,b±2,646	8,167b,c±2,754
Vinagre de Figo-da-Índia	6,000b±1,000	6,667b±1,041	12,667a±2,887	6,667b,c±2,887

Relativamente à inibição de atividade de *Penicillium*, em média, o BAP apresenta os melhores resultados, em oposição inibições residuais ou nulas de IU e DC, respetivamente. No momento da finalização do biopreparado, apenas SFL, EA e BAP apresentam inibição de atividade. Após três meses de conservação, BAP, EA, VB e VF apresentam inibição. Aos seis meses de conservação em fresco BAP e vinagres oferecem uma inibição da atividade microbiana; e por conservação por congelação, BAP, EA, SFL e vinagres apresentam inibição. O agricultor pode produzir SFL sempre que considerar que vai precisar uma semana depois, que é tempo de produção deste biopreparado, sem ter de gastar mais recursos com conservação e produzindo apenas a quantidade que necessita.

Tabela 7 - Médias dos resultados da inibição da atividade microbiológica de *Penicillium*. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior inibição de atividade microbiológica e a vermelho com menor inibição, em cada momento.

Inibição da atividade microbiológica em <i>Penicillium</i>	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	7,333a,b,c±0,577	7,333b±2,082	11,000b±1,000	11,667a,b±3,055
Decocção de Cavalinha	5,000c±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,667b±0,577
Extrato de alho	9,000b±0,000	8,667a,b±1,155	5,000b±0,000	9,000b±1,732
Infusão de Urtiga	5,000c±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000
Sumo Fermentado de Laranja	13,000a±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	8,333a,b±5,774
Vinagre de Beldroega	5,000c±0,000	6,667a,b±2,887	10,000b±1,000	7,167b±0,764
Vinagre de Figo-da-Índia	5,000c±0,000	7,167b±2,021	9,333b±1,155	8,167b±1,756

Em média, todos os biopreparados apresentam inibição da atividade das leveduras, apesar de em DC ser residual. No momento de preparação, BAP, EA,

SFL e VF inibiram a atividade das leveduras. VF deve utilizar-se aos três meses de conservação em fresco, em local fresco e escuro. Após seis meses de conservação em fresco, BAP, EA, SFL e VF apresentam inibição. Quando congelados, BAP, IU, SFL e VB mantêm a capacidade de inibição passados seis meses. O biopreparado mais consistente em termos de efeito em leveduras é o BAP, com inibições sempre maiores a 9 mm, pelo que é o biopreparado mais útil para leveduras, cuja conservação pode ser realizada em fresco.

Tabela 8 - Médias dos resultados da inibição da atividade microbológica de leveduras. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: a cor verde indica que é o biopreparado com maior inibição de atividade microbológica e a vermelho com menor inibição, em cada momento.

Inibição da atividade microbológica em <i>Penicillium</i>	Na finalização do biopreparado	Após 3 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação em fresco	Após 6 meses de conservação por congelação
Biopreparado de Alho e Malagueta	7,333a,b,c±0,577	7,333b±2,082	11,000b±1,000	11,667a,b±3,055
Decocção de Cavalinha	5,000c±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,667b±0,577
Extrato de alho	9,000b±0,000	8,667a,b±1,155	5,000b±0,000	9,000b±1,732
Infusão de Urtiga	5,000c±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000
Sumo Fermentado de Laranja	13,000a±0,000	5,000b±0,000	5,000b±0,000	8,333a,b±5,774
Vinagre de Beldroega	5,000c±0,000	6,667a,b±2,887	10,000b±1,000	7,167b±0,764
Vinagre de Figo-da-Índia	5,000c±0,000	7,167b±2,021	9,333b±1,155	8,167b±1,756

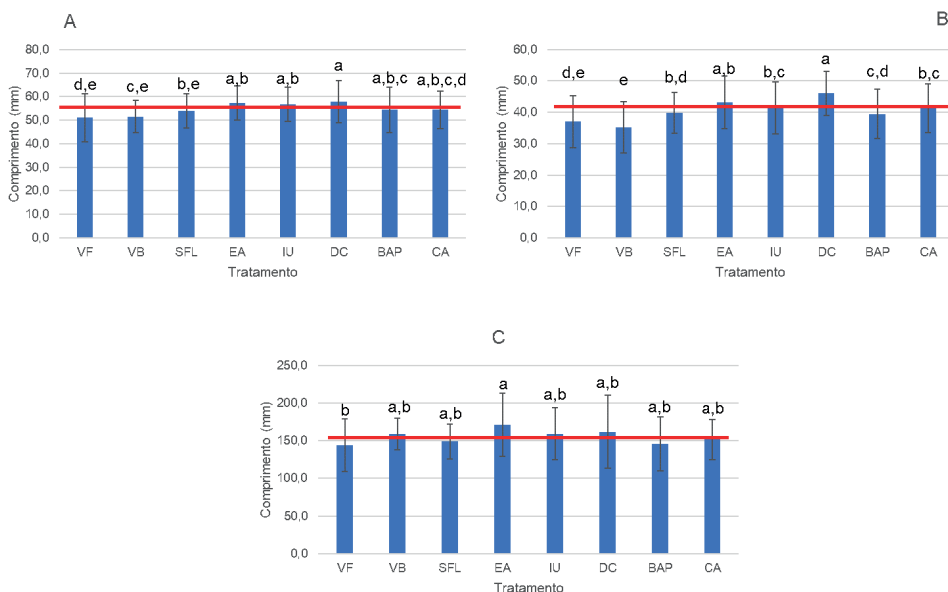
O tipo de conservação mais aconselhado para cada biopreparado, depende dos produtos que lhe deram origem e do processo de produção, mas também do tipo de efeito que se pretende.

3.4 ANÁLISE DA AÇÃO BIOESTIMULANTE EM VIVEIROS DE ALFACE

Os melhores resultados obtidos em termos de efeito bioestimulante em alface foram obtidos com biopreparados com menor capacidade antioxidante – EA, IU, DC e BAP, provavelmente devido ao facto de a alface ser uma espécie constituída por compostos com grande capacidade antioxidante (Tiveron, 2010). Estudos laboratoriais indicam que o alho não afeta negativamente a alface (Lefrançois; Thorez, 2014), mas que o ácido

asparragúscico presente no alho tem um efeito negativo no desenvolvimento das raízes e do hipocótilo da alface (Regnault-Roger *et al.*, 2003), o que pode justificar os resultados do BAP e EA com resultados semelhantes ao do controle.

Figura 2 - Comprimentos aéreos e radicular de alface, por tratamento: A – Comprimento da parte aérea; B – Comprimento da quinta folha expandida; C – Comprimento da parte radicular. Letras diferentes significam que diferentes biopreparados apresentam diferenças significativas nos resultados. Legenda: VF – vinagre de figo-da-Índia; VB – vinagre de beldroega; SFL – sumo fermentado de laranja; EA – extrato de alho; IU – infusão de urtiga; DC – decocção de cavalinha; BAP – biopreparado de alho e malagueta; CA – controle da análise.



Por outro lado, a urtiga tem um bom teor em azoto, o que pode justificar a sua ação bioestimulante (Lefrançois; Thorez, 2014; Aspe, 2016).

Os biopreparados EA, IU e DC são os que apresentam melhores resultados em termos de efeito bioestimulante no comprimento da parte aérea e radicular e no comprimento da quinta folha expandida e em termos de biomassa, com potencialidade bioestimulante sem diferenças significativas para o controle (água). A alface é uma espécie muito rica em compostos antioxidantes, como ácido ascórbico, vitamina A, β -caroteno, ao folato, a flavonoides (Almeida, 2015; Reça, 2021; Ripado, 1993).

Relativamente ao efeito bioestimulante do SFL, a presença de α -pineno na laranja pode justificar a inibição de desenvolvimento das alfaces em viveiro, tal como de outros compostos fenólicos e antioxidantes, como o limoneno e a naringenina, em que alguns terão uma grande capacidade alelopática negativa (Chispusio *et al.*, 2003).

4 CONCLUSÕES

A utilização de biopreparados na produção agrícola, e em especial na proteção das culturas, deve basear-se em estudos que validem os seus efeitos principais e secundários, e que permitam sistematizar e disponibilizar informação aos agricultores.

Os biopreparados estudados foram selecionados a partir da informação recolhida junto de agricultores portugueses, e por indicação dos mesmos relativamente à falta de informação sobre os seus efeitos ao longo do tempo, e de informação disponível em fontes bibliográficas.

O trabalho permitiu estabelecer alguns efeitos em termos de efeitos biopesticida e bioestimulante e de capacidade antioxidante.

Em termos de efeito inibitório em microrganismos, os biopreparados mais consistentes em inibir a atividade microbiana são o sumo fermentado de laranja, o vinagre de beldroega, o vinagre de figo-da-Índia e o biopreparado de alho e malagueta. Os restantes apresentam pontualmente, ou com menor frequência, uma capacidade inibitória dos microrganismos. Em termos de efeito bioestimulante, os biopreparados com melhores resultados em viveiro de alface da variedade “Maravilha 4 estações” foram: extrato de alho, infusão de urtiga, decocção de cavalinha e biopreparado de alho e malagueta. Estes biopreparados são os que apresentam menores teores em compostos fenólicos e capacidade antioxidante, o que pode justificar o maior desenvolvimento da alface, pelo facto de ser uma espécie e uma variedade com alto teor em compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

Foi possível perceber que o tipo de conservação tem uma relação com os resultados obtidos, como por exemplo, em relação ao vinagre de figo-da-Índia, é melhor conservar em fresco para ter um maior teor em compostos fenólicos.

De seguida, apresenta-se uma tabela com potenciais usos e validade dos biopreparados, com resultados de inibição de atividade microbiana superiores a 8,5 mm e valores de capacidade antioxidante por ABTS superiores a 0,5% trolox.

Tabela 9 - Potenciais usos e validade estudados dos biopreparados.

Biopreparados	Capacidade antioxidante	Inibição da atividade de bactérias Gram negativas	Inibição da atividade de bactérias Gram positivas	Inibição da atividade de Penicillium	Inibição da atividade de leveduras	Data preferencial de utilização após finalização do biopreparado	Método de conservação
VF						3 meses	Fresco
						6 meses	Fresco
						6 meses	Congelação

VB						3 meses	Fresco
						6 meses	Fresco
SFL						0 meses	Fresco
						3 meses	Fresco
						6 meses	Fresco
EA						6 meses	Congelação
						0 meses	Fresco
						3 meses	Fresco
IU						6 meses	Fresco
						0 meses	Fresco
						6 meses	Congelação
DC						3 meses	Fresco
						6 meses	Fresco
						6 meses	Congelação
BAP						0 meses	Fresco
						3 meses	Fresco
						6 meses	Fresco
						6 meses	Congelação

A partir da Tabela 9, é possível ao agricultor selecionar os biopreparados de acordo com o fim pretendido, modo de conservação e o seu prazo de validade.

Devem continuar-se a estudar biopreparados e em outras valências e efeitos, para se perceber realmente os seus efeitos para o ecossistema, para a saúde do agricultor e do consumidor final.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro dos fundos nacionais ao Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS) [projeto UIDB/00681; DOI: 10.54499/UIDP/00681/2020] financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e ao projeto HARVEST - Valorizar a Horta fAmiliar de forma a educaR para uma dieta mediterrânica, saudáVel E SustenTável [PRR-C05-i03-I-0001].

Os autores agradecem também a todos aqueles que de alguma forma colaboraram neste projeto, em especial a todos os agricultores participantes pelo seu contributo na resposta dos questionários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, D. Manual de culturas Horticolas (3ª edição). Barcarena, Editorial Presença, 2015. Volume I: 49-52; 158-163.

Aniya *et al.* **Relationship between the Antioxidant activity and allelopathic activities of 55 chinese pharmaceutical plants.** 2022. *Plants*, 11(2481). <https://doi.org/10.3390/plants11192481>

Anjos, E.R. **Avaliação do potencial antioxidante e alelopático de folhas de Araçá-boi.** 2022. Trabalho de conclusão de curso de Agronomia - Instituto Federal do Espírito Santo Campus Itapina, Colatina: 9-21.

Aspe, P. Manual de uso de los abonos verdes. In Barasoain R, López F (Eds). **Sembrar abonos verdes por una huerta sana y productiva** (1ª Edição). Navarra, la Fertilidad de la Tierra, 2016: 62-90.

Castellanos, L. *et al.* **Biopreparados para el control de enfermedades foliares de fresa, Pamplona, Columbia, aun una solución parcial.** 2020. *Journal of Negative e No Positive Results*, 5(9), 933–951. <https://doi.org/10.19230/jonpr.3419>

CET - Centro de Educación y Tecnología; INIA. **Biopreparados para el manejo ecológico de plagas y enfermedades.** 2017.

Chispusio, G., *et al.* **Compuestos alelopáticos: herbicidas del futuro?.** 2003. In Regnault-Roger C, Philogène BJR, Vincent C (Eds). *Biopesticidas de origen vegetal* (ediciones). Madrid, Ediciones Mundi-Prensa: 153-167.

CIDSE. **Os Princípios da Agroecologia – Rumo a sistemas alimentares justos, resilientes e sustentáveis.** Bruxelas, Bélgica, 2018.

Corsato, J.M., *et al.* 2010. **Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre germinação de soja e picão-preto.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina. 31(2): 353-360.

Costa, C.A. *et al.* **Manual de Práticas agroecológicas.** 2023.

El Modafar, C.; El Boustani, E.S. Contribución de los polifenoles a los mecanismos de defensa de las plantas. In Regnault-Roger C, Philogène BJR, Vincent C (Eds). **Biopesticidas de origen vegetal** (ediciones). Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 2003: 173-187.

Espinosa, R.Z. *et al.* **Atividade alelopática de extrato aquoso de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden sobre alface (Lactuca sativa L.) e Picao-Preto (Bidens pilosa L.).** 2019. *Revista Valore, Volta Redonda*. 4 (Edição Especial): 1-14.

Fonseca, J.C. *et al.* **Antioxidant and allelopathic activities of Smilax brasiliensis Sprengel (Smilacaceae).** 2017. *South African Journal of Botany*, 111, 336–340. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.04.003>

Formagio, A.S.N. *et al.* **Potencial alelopático e antioxidante de extatos vegetais.** 2014. *Bioscience Journal*. 30: suplemento 2: 629-638.

Formagio, A.S.N. *et al.* **Potencial alelopático de cinco espécies da família Annonaceae.** 2010. *Revista Brasileira de Biociências*. 8(4): 349-354.

GONÇALVES, M.S.. **Gestão de Resíduos Orgânicos** (1ª Edição). Sociedade Portuguesa de Inovação (SPI): 2005.

Lapouge-Déjean, B.. Preparados a base de plantas. In Barasoain R, López F (Eds). **Preparados naturales para el huerto ecológico - Extractos fermentados, embadurnados, tratamientos...** (1ª

Edição). Navarra, La Fertilidade de la tierra - Agricultura agroecológica, Guías para La Fertilidade de la tierra, 2018: 14-55.

Lefrançois, S.; Thorez, J.P. **Diez buenas razones para asociar las plantas compañeras**. In Barasoain R, López F. *Plantas compañeras en el huerto ecológico guía de cultivos asociados* (1ª Edição). Navarra, la Fertilidad de la Tierra, 2014: 26-30.

Lefrançois, S.; Thorez, J.P. **Las plantas compañeras en la práctica**. In Barasoain R, López F. *Plantas compañeras en el huerto ecológico guía de cultivos asociados* (1ª Edição). Navarra, la Fertilidad de la Tierra, 2014: 63-70.

LIRA, A.I.. **Manual de Biopreparados para la Agricultura Ecológica**. 2011.

Moreira, M.H.O. *et al.* **Interações alelopáticas sobre o desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Vanda) cultivada em solo cafeeiro**. 2016. Revista da UI_IPSantarém, 4(4),16.

LTA - Liotécnica Tecnologia em Alimentos Ltda. **Antioxidantes sintéticos e naturais**. s/d. *Aditivos & Ingredientes*, 23–31. https://plantbasedfoods.com.br/upload_arquivos/201605/2016050147433001463933303.pdf

Petiot, E.. Los preparados biológicos. In Barasoain R, López F (Eds). **Los cuidados naturales de los arbóles** (1ª Edição). Navarra, La Fertilidade de la tierra - Agricultura agroecológica, Guías para La Fertilidade de la tierra, 2010: 67-90.

Pylak, M.; Oszust, K.; Frac, M.. **Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit**. 2019. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18, 597–616. <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>

Reça, B.N.P.. **Trichoderma spp. no controle de doenças causadas por *Rhizoctonia solani* Kühn**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2021: 12-14.

Reddy, R.. **Cho's Global Natural Farming**. 2011. South Asian Rural Reconstruction Association (SARRA): 30-33.

Regnault-Roger, C.; Philogène, B.J.R.; Vincent, C.. **Biopesticidas de origen vegetal** (ediciónes). 2003. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa: 1-16.

Ripado, M.F.B.. **A Alface**. Mem Martins, Publicações Europa-América, 1993: 17-29.

Rodrigo, I. **Agroecologia, Circuito Curto Agroalimentar e Sistema Participativo de Garantia**. Hortelã Magenta, 2022.

SIMÕES, J. **Biopreparados agroecológicos – usos e caracterização química, microbiológica e em campo**. 2023. Trabalho Final de Curso – Escola Superior Agrária de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2023.

Soares, V.C.C.. **Propriedades antimicrobianas e antioxidantes de vinagres de frutos**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade do Algarve.

Tiveron, A.P.. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.”, 2010. <https://doi.org/https://doi.org/10.11606/D.11.2010.tde-20102010-101541>

Tur, C.M. *et al.* **Atividade alelopática de extratos aquosos de folhas de rabo-de-bugio sobre germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface**. 2012. Revista Brasileira de Biociências. 10(4): 521-525.

CAPÍTULO 2

EXPERIMENTAL MEASUREMENTS OF POLLUTING EMISSIONS FROM COMBINED FEED FACTORIES FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

Data de submissão: 17/02/2025

Data de aceite: 06/03/2025

Cristian Vasile

University lecturer PhD Eng.

Faculty of Agronomy

University of Craiova, Romania

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

<https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Vasile-6>

ABSTRACT: Specialists in the field know very well that an important source of food for animals raised on livestock farms is the combined feeds, because in addition to ground cereals they also contain proteins, amino acids, minerals, vitamins and sometimes even certain medicines, energizers or flavors. The process of obtaining different varieties of combined feeds involves a complex technological flow, with specific stages of production. Mixing, sterilization and granulation activities, where steam jets are used at very high temperatures determine the elimination of different types of noxious substances in the air. In this article are presented the experimental measurements performed at the critical points of working installations from a combined feed factory, on the entire duration of the assortment lot. Considering the purpose of the performed

researches, the critical measurement points were established at the exit of steam generator, where steam jets are obtained at very high temperatures, with values of approximately 150-180°C. By using a gas analyzer of the type TESTO 350 M/XL, the measured values allow a complete analysis of the types of noxious emissions. The results of experimental measurements show that the fluctuations obtained during the measurements are very small, of the order 2 mg/m³_N for each type of noxious eliminated, which indicates a very good regulation of the work process. The average values of the eliminated noxious substances (CO, NO_x, CO₂) shows the full compliance with European environmental quality standards. The use of high-performance equipment and work devices, with a high degree of automation and computerization allows rigorous control over the different types of pollutants released in the atmosphere by the working installations from combined feed factories.

KEYWORDS: Combined feeds. Noxious emissions. Automation. Environment.

1 INTRODUCTION

Both the rapid demographic growth in recent decades and the diversification of human needs have led to an upward evolution of activities in the zootechnical field. Thus, the use of combined feeds for feeding animals on zootechnical farms has become very

necessary, both for providing good quality nutrients and for reducing the costs of animal products. Depending on the age of the animals or the species of animals fed, certain combined feed recipes are used, with different compositions, shapes and weights of the granules (Mihaila, 2001; Gaceu, 2006; Şara et al., 2005).

In a combined feed factory, a very complex technological flow takes place, during which the cereals and mineral substances that make up the desired recipe are mixed, homogenized, granulated and sterilized using high-performance equipment and working installations. From the combustion equipment that produces the steam necessary for sterilization and homogenization in different forms of combined feed and also from the cooling facilities of the final product, various types of pollutants are released into the atmosphere (Roden et al., 2006). These emissions of polluting substances can affect the health of people working in these factories and also the environment.

This is the main reason why it is absolutely necessary to monitor and control rigorously the concentrations of pollutant substances from the gases emitted by the work installations which have combustion sources or internal combustion engines (Heinsohn and Kabel, 1999; Lailer, 2005; Franke, 2006). At critical working points, that is, at the outlet of the hot steam generator, samples were taken and various experimental measurements were made in order to analyze the functional parameters of the work installations.

The paper presents a complex methodology for measuring the concentrations of different types of pollutants resulting from the process of obtaining combined feeds. Experimental analyzes and measurements for the determination of flue gases emissions from the steam generator outlet were performed using the TESTO 350 M/XL gas analyzer over a period of 100 minutes (which represents the minimum duration for making a batch of combined feed assortment). The experimental studies carried out propose an analysis of the functional parameters of the working installations in the combined feed factory, in order to automate the control of the steam temperature and implicitly of the combustion installation (that determines the elimination of noxious substances in the air). For this purpose, separate locations for experimental measurements were used in the burner area of the steam generator.

Given that each combined feed recipe requires different operating parameters of the work facilities, samples obtained during the technical process for the production of two combined feed recipes were analyzed: for the feeding of broilers, respectively for the feeding of swine.

2 MATERIALS AND METHODS

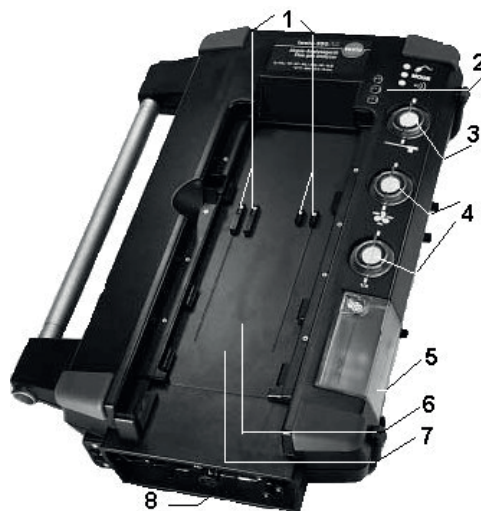
One of the stages of the technological flow from a combined feed factory is that in which the necessary ingredients from the recipe are mixed, which will be performed under the action of steam jets with very high temperatures. These jets are produced by a steam generator and are needed to obtain granules of different shapes and sizes (Bond et al., 2002). Also, the steam jet at very high temperatures has other important purposes in obtaining the final product: homogenization of granules and their sterilization. An essential work equipment from the combined feed factory where the experimental measurements were performed is the steam generator (Certuss Junior), having as primary fuel the liquefied petroleum gas (LPG).

Given the purpose of the research conducted, samples were taken at the outlet of the steam generator and experimental measurements were performed in order to analyze the working parameters of the equipment and installations used (Bollen et al., 2014). Thus, at this critical working point, the pollutant emissions from the flue gases resulting from the process of obtaining the steam jet were measured. During researches on flue gas, the TESTO 350 M/XL gas analyzer was used, in order to obtain the measured values for the noxious substances released at the outlet of the steam generator. This device operates according to the following principle: the change of the current intensity generated by a galvanic cell whose electrolyte changes its properties is analyzed (due to interaction with the gaseous component removed in the air to be detected and whose concentration is to be measured). Thus, the cells used to perform the measurements are in fact galvanic elements, which generate a current proportional to the number of ions that dissociate in the electrolyte solution (as a result of the reaction obtained between the electrolyte and the noxious substance analyzed at that time). Analyzers built according to this principle have a great advantage represented by a low construction cost and are used for short or medium duration measurements. With their help, concentrations can be determined for the following gases: O₂, CO, H₂S, NO, NO₂, SO₂, etc.

The gas analyzer of the type TESTO 350 M/XL is an advanced equipment for determining the noxious substances eliminated by the flue gases, their determination being made in specialized measuring cells (in which Peltier type electrochemical reactions take place). The device used to perform analyzes in the combined feed factory where the research took place, consists of three working components: the analysis unit, the control unit and the gas sampling probe. The effective interaction between the electrolyte and the flue gases takes place in the unit of analysis, because this is where the reaction cells are located (figure 1). Also here are the supply batteries of the device, the filters for retaining

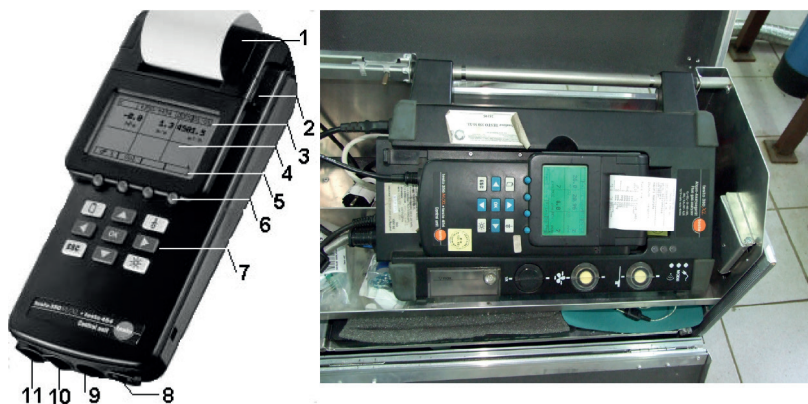
solid impurities from the flue gases, the condenser decanter and the electro-pneumatic connections with the other components.

Figure 1. The analysis unit: 1 - electrical contacts; 2 - control LEDs; 3 - solid particle filter; 4 - filters for retaining particles from the aspirated air; 5 - condensate collection; 6 - analysis cells; 7 - integrated system for determining the gas velocity and pressure; 8 - connections.



Due to the Peltier type electrochemical reactions that take place inside the analysis unit, an electrical signal is emitted to the control unit of the device, thus displaying the concentration value corresponding to the type of noxious substance analyzed (lonel, 1994). The TESTO 350 M/XL analyzer has a control unit (figure 2), which is a device that can be operated with the help of the built-in keyboard, or with a special contact pencil (touch-pen).

Figure 2. Control unit: 1 - printer; 2 - touch-pen; 3 - system information bar; 4 - display of measured values; 5 - bar for operation information; 6 - function operation keys; 7 - keyboard; 8 - pressure probe connection; 9 - sample connection; 10 - analysis unit connection; 11 - serial interface.



The analyzer can be equipped with several types of gas sampling probes, depending on the characteristics of the sampled gases. To performing the experimental measurements was used a probe with tubing heated at 180°C, operating at temperatures up to 1200°C.

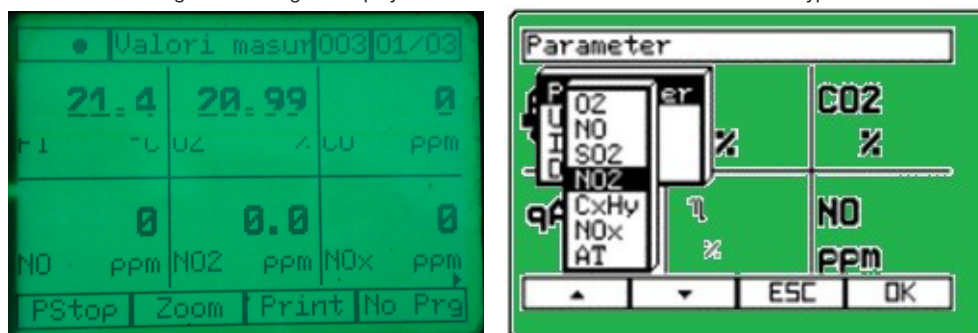
After the three components are interconnected, the analyzer will be switched on by connecting to the 220V mains or using its own batteries. At this point the device enters automatically in the procedure of “zero calibration” and washing of the reaction cells (figure 3). At the time of “zero calibration”, the probe of the device must not be inserted into the flue.

Figure 3. Zero calibration procedure of the Testo 350 M/XL analyzer.



After the analyzer enters in normal operation regimen, it must be programmed to acquire and display the data of interest for the analysis performed (Vasile, 2018). Also now is made the setting for the studied noxious type, from the device database (figure 4).

Figure 4. Setting the display of the desired values and the studied noxious type.



After setting the parameters we want to measure, the probe is inserted into the gas channel and the activity of measuring the monitored parameters is started (Vasile, 2018). The values obtained from the analysis and measurements carried out

will be compared with the limit values provided in the legislation in force (in order to confirm compliance with the rules imposed by the European Union). The measurements of the noxious concentrations eliminated by the flue gases from the steam generator were performed during the combined fodder production processes for two species of animals, with a large share in the livestock farms: broilers and swine. During 100 minutes (in which an assortment of combined fodder is produced), ten distinct measurements were performed for the noxious substances eliminated in the air (at an interval of 10 minutes between them).

If the TESTO 350 M/XL analyzer will be connected to a computer, it can be used for long term measurements (days, weeks) by running a special program: TESTO Easy Emissions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The thermodynamic parameters of the steam generator in the case of the production of combined feeds for broilers are: steam temperature in the installation 140°C; thermal agent temperature 170°C; nominal steam pressure 6 bar. The results of the measurements for the released emissions are presented in table 1.

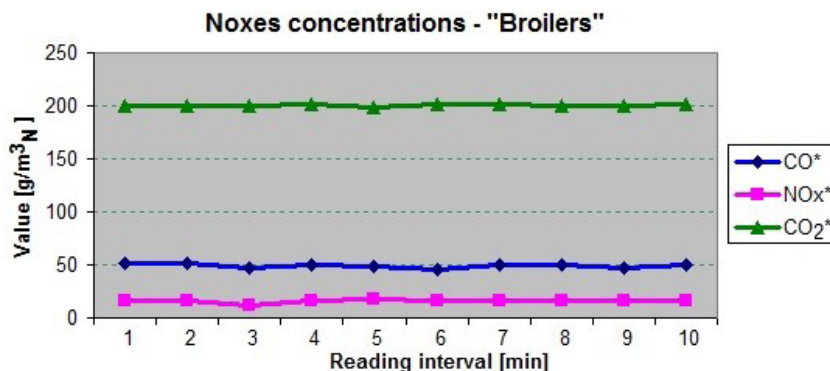
Table 1. Measurement values during combined feed production for broilers.

No.	CO [mg/m ³ _N]	NOx [mg/m ³ _N]	SO2 [mg/m ³ _N]	CO2 [g/m ³ _N]	CO* [mg/m ³ _N]	NOx* [mg/m ³ _N]	SO2* [mg/m ³ _N]	CO2* [g/m ³ _N]
1	46.25	14.37	0.00	182.44	50.79	15.78	0.00	200.36
2	46.25	14.37	0.00	182.44	50.79	15.78	0.00	200.36
3	42.50	10.26	0.00	182.44	46.67	11.27	0.00	200.36
4	45.00	14.37	0.00	182.63	49.69	15.87	0.00	201.68
5	45.00	16.42	0.00	182.63	49.09	17.91	0.00	199.24
6	41.25	14.37	0.00	182.63	45.55	15.87	0.00	201.68
7	45.00	14.37	0.00	182.63	49.69	15.87	0.00	201.68
8	45.00	14.37	0.00	182.44	49.42	15.78	0.00	200.36
9	42.50	14.37	0.00	182.44	46.67	15.78	0.00	200.36
10	45.00	14.37	0.00	182.63	49.69	15.87	0.00	201.68
Average	44.38	14.16	0.00	182.54	48.81	15.58	0.00	200.78

*) values relative to the reference oxygen 3%.

The results of the experimental measurements of the noxious concentrations eliminated in the production of combined feed for broilers are presented in graphical form in figure 5.

Figure 5. Concentrations of emitted pollutants in the case of combined feed for broilers.



The thermodynamic parameters of the steam generator in the case of the production of combined feed for swine are: the steam temperature in the installation 155°C; thermal agent temperature 180°C; nominal steam pressure 7.5 bar. The results of the measurements for the released emissions are presented in table 2.

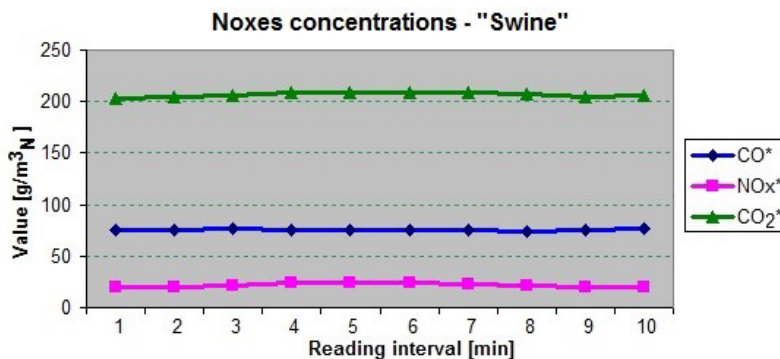
Table 2. Measurement values during combined feed production for swine.

No.	CO [mg/m ³ _N]	NOx [mg/m ³ _N]	SO ₂ [mg/m ³ _N]	CO ₂ [g/m ³ _N]	CO* mg/m ³ _N]	NOx* [mg/m ³ _N]	SO ₂ * [mg/m ³ _N]	CO ₂ * [g/m ³ _N]
1	63.20	17.33	0.00	170.20	75.61	20.34	0.00	203.74
2	63.24	17.35	0.00	170.35	75.61	20.57	0.00	203.96
3	63.25	17.41	0.00	171.08	76.60	20.70	0.00	206.28
4	61.85	19.37	0.00	171.31	75.10	23.56	0.00	208.62
5	61.93	19.24	0.00	172.15	75.25	23.73	0.00	208.40
6	61.95	19.42	0.00	172.40	75.30	23.80	0.00	208.54
7	62.15	19.46	0.00	172.69	75.10	23.17	0.00	208.79
8	61.82	17.30	0.00	172.82	74.18	20.61	0.00	206.85
9	63.20	17.18	0.00	170.95	75.61	20.48	0.00	204.12
10	63.30	17.36	0.00	171.26	76.05	20.55	0.00	205.98
Average	62.59	18.14	0.00	171.52	75.44	21.75	0.00	206.53

*) values relative to the reference oxygen 3%.

The results of the experimental measurements of the noxious concentrations eliminated in the production of combined feed for pigs are presented in graphical form in figure 6.

Figure 6. Concentrations of emitted pollutants in the case of combined feed for swine.



The measured values of the noxious substances from the flue gases for the two varieties of feed combined indicates very small fluctuations of the order 2 mg/m³_N for CO, NO_x, CO₂ and also that SO₂ is not eliminated in the air as an exhaust pollutant.

4 CONCLUSIONS

In order to increase the labor productivity in the combined feed factories, the aim is to increase the degree of automation of the activities in the technological flow, so as to ensure a fast and accurate measurement of the working parameters, required in obtaining the desired combined feed recipe. Meeting the requirements for pollution standards accepted in the European Union requires the use of high-performance work facilities, with a high degree of mechanization, automation and computerization.

Analyzing the measured values of the noxious substances from the flue gases for the two varieties of feed combined, it can be observed that the fluctuations obtained during the measurements are very small, of the order of 2 mg/m³_N, for each type of noxious eliminated; this indicates a very good regulation of the work process. Another major advantage of the analyzed work installation is that SO₂ is not eliminated in the air as an exhaust pollutant; this consequence is associated with the burning of LPG in the steam generator.

As can be seen from the experimental research carried out, these automated equipments allow the rapid and permanent control of the temperatures of the steam jets, so that the noxious substances eliminated fall within the accepted limits.

The analyzes and experimental measurements performed at the output of the steam generator allowed the automated monitoring of the working parameters of the installation, in order to optimize the production process of different types of combined feeds. Also, the measured values for the concentrations of the pollutants eliminated

in the air by the steam generator burner were within the provided technical limits, fully complying with European environmental protection rules.

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.
- Franke M., Rey A. (2006). Improving pellet quality and efficiency, Buhler AG Uzwil, Switzerland, *Feed Technology*, vol. 1, issue 3, pp. 5-9.
- Gaceu L. (2006). Modern techniques for drying cereals and technical plants, "Transilvania" Publishing House of University of Brasov, Romania, pp. 68-71.
- Heinsohn R.J., Kabel R.L. (1999). Sources and Control of Air Pollution, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 696 pp.
- Ionel I. (1994). Measuring emissions from flue gases using electrolytic sensors, *The National Conference of Thermodynamics*, Romania, vol. I, pp. 231-235.
- Lailor 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.
- Mihaila C. (2001). Industrial drying processes and installations, Technical Publishing House, Romania, pp 59-61.
- Roden C. A., Bond T. C., Conway S., Pinel A. B., MacCarty 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.
- Șara A., Odagiu A. (2005). Fodder quality control. AcademicPres Publishing House, Romania, pp. 52-58.
- Vasile C. (2018). Studies about the automated control of steam temperature in the forming mold of the combined feed granules in view of environmental protection, *Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, Vol. 48/2, pp. 425-430.

CAPÍTULO 3

ASOCIACIÓN DEL CULTIVO CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) - MAÍZ (*Zea mays* L.) OCCIDENTAL AL SUROESTE DE GUANAJUATO

Data de submissão: 26/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

Alberto Calderón-Ruiz

Universidad Tecnológica del
Suroeste de Guanajuato
Departamento Producción Agroalimentaria
Valle de Santiago, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-1721-2953>

Adriana Paola Martínez Camacho

Universidad Tecnológica del
Suroeste de Guanajuato
Departamento Producción Agroalimentaria
Valle de Santiago, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0003-1970-4633>

Jorge Covarrubias-Prieto

Departamento de posgrado
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque
Celaya, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-8643-068X>

Juan Carlos Raya-Pérez

Departamento de posgrado
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque
Celaya, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0001-7535-0708>

Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla

Departamento de posgrado
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque
Celaya, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-2024-8471>

Salvador Montes-Hernández

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Celaya, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-3999-3068>

María Susana Acosta-Navarrete

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque
Apaseo El Alto, Guanajuato, México
<https://orcid.org/0000-0002-4760-2020>

RESUMEN: La creciente demanda mundial de alimentos exige estrategias agrícolas innovadoras. La asociación de cultivos (AC), técnica que consiste en cultivar dos o más especies en el mismo terreno, se presenta como una alternativa prometedora para intensificar el uso de la tierra y maximizar los recursos. Esta práctica permite un mejor aprovechamiento de la luz solar, el agua y nutrientes, lo que se traduce en un aumento de la producción por unidad de superficie. Además, reduce riesgos al diversificar los cultivos y disminuir la vulnerabilidad a plagas, enfermedades y condiciones climáticas

adversas. En la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, México; se evaluó la asociación de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) como cultivo primario y maíz occidental (*Zea mays* L) como secundario. Se utilizó un arreglo topológico específico, con una mayor densidad de plantas de cacahuete (134,496 plantas ha⁻¹), y se sembraron ambos cultivos en el ciclo primavera-verano de 2022. El maíz se sembró por golpe a tres semillas, a una distancia de cuatro metros. Los resultados mostraron un efecto positivo en la generación de biomasa fresca, superando al cultivo de cacahuete en un 41.93%. Se observó una disminución en el rendimiento de vaina de cacahuete en un 29.44% cuando se asoció con el maíz, se obtuvo un promedio de 1.7 elotes de maíz occidental por golpe, lo que representa un aprovechamiento del maíz. Se demostró un avance en el diseño de un modelo de AC funcional para la región, que busca adaptar los cultivos locales al sistema productivo y promover una agricultura sustentable. Siendo la AC de cacahuete y maíz occidental una estrategia viable para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura en la región, al tiempo que se preservan los maíces endémicos y se fomenta una agricultura más resiliente.

PALABRAS CLAVE: *Arachis hypogaea* L. Maíces occidentales. Interconexión en cultivos. Biomasa.

ASSOCIAÇÃO DA CULTURA CACAU (*Arachis hypogaea* L.) - MILHO (*Zea mays* L.) OCIDENTAL NO SUDOESTE DE GUANAJUATO

RESUMO: A crescente demanda global por alimentos exige estratégias agrícolas inovadoras. A associação de culturas (CA), a técnica de cultivar duas ou mais culturas no mesmo pedaço de terra, é uma alternativa promissora para intensificar o uso da terra e maximizar os recursos. Essa prática permite um melhor uso da luz solar, da água e dos nutrientes, o que se traduz em um aumento da produção por unidade de área. Ela também reduz os riscos ao diversificar as culturas e reduzir a vulnerabilidade a pragas, doenças e condições climáticas adversas. A associação de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) como cultura primária e milho ocidental (*Zea mays* L.) como cultura secundária foi avaliada na Universidade Tecnológica do Sudoeste de Guanajuato, México. Foi usado um arranjo topológico específico, com uma densidade maior de plantas de amendoim (134.496 plantas ha⁻¹), e ambas as culturas foram plantadas no ciclo primavera-verão de 2022. O milho foi semeado com três sementes, a uma distância de quatro metros. Os resultados mostraram um efeito positivo na geração de biomassa fresca, superando a cultura do amendoim em 41,93%. Foi observada uma redução de 29,44% na produção de vagens de amendoim quando associado ao milho, com uma média de 1,7 espiga de milho ocidental obtida por golpe, o que representa uma utilização do milho. Foi demonstrado um avanço no projeto de um modelo funcional de AC para a região, que busca adaptar as culturas locais ao sistema de produção e promover a agricultura sustentável. A CA de amendoim e milho é uma estratégia viável para melhorar a produtividade e a sustentabilidade da agricultura na região, preservando o milho endêmico e promovendo uma agricultura mais resiliente.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L. milho ocidental. Cultivo consorciado. Biomassa.

1 INTRODUCCIÓN

La producción agrícola, basada principalmente en sistemas de cultivo de temporal, se encuentra en una situación de vulnerabilidad ante los cambios climáticos (Sinare et al., 2021). La agricultura de subsistencia, de la cual dependen más de 15 millones de personas para su alimentación, se centra principalmente en cereales, legumbres, tubérculos y otros cultivos regionales (Sanou et al., 2016). En México, la investigación agrícola se ha enfocado casi exclusivamente en los agroecosistemas más productivos, dejando de lado la agricultura marginal y sin prestar atención a la etnoagricultura y la agricultura alternativa. Estas últimas podrían tener su origen en la agricultura científica, ser económicamente viables y menos perjudiciales para el ecosistema (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005). Por lo tanto, se necesitan sistemas de cultivo innovadores o mejorados que permitan una producción agrícola intensiva y sostenible para alimentar a una población en constante crecimiento, utilizando menos recursos, especialmente el agua.

Los policultivos en la agricultura, comúnmente conocido como “sistema de cultivos intercalados”, es una práctica de cultivo múltiple en la que dos o más cultivos ocupan simultáneamente el mismo terreno. Esta técnica se basa en el conocimiento tradicional de mezclas de cultivos cuidadosamente seleccionadas que se caracterizan por un mayor rendimiento (Bracken, 2019). Una forma de policultivo es la asociación de cultivos (AC), que consiste en el crecimiento y desarrollo de dos o más especies en el mismo terreno, durante parte o todo el ciclo vegetativo (López et al., 2013). La AC es una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica, que genera una relación tanto competitiva como complementaria entre los cultivos (Tamayo Ortiz y Alegre Orihuela, 2022).

El cultivo intercalado, especialmente de la familia Poaceae con Fabaceae, se utiliza en numerosos países debido a su mayor rendimiento en comparación con el monocultivo (Lithourgidis et al., 2006). De manera similar, la mezcla de monocotiledóneas con dicotiledóneas en un policultivo resulta en un incremento en el rendimiento (masa seca cosechada) en comparación con el cultivo individual (Bracken, 2019). No obstante, los cultivos intercalados, también conocidos como asociación de cultivos (AC), se practican con el objetivo de maximizar la eficiencia de los recursos naturales y el rendimiento económico (Gou et al., 2022). La escasez de recursos, ya sea por variaciones climáticas, limitaciones del suelo, factores económicos o sobrepoblación, afecta gravemente a numerosos agricultores en todo el mundo. La asociación de cultivos se ha demostrado como una estrategia prometedora para incrementar la productividad y el rendimiento en estas circunstancias (Jensen et al., 2020).

Para que la práctica ecológica de AC sea exitosa, se deben tomar en cuenta varias consideraciones antes y durante su establecimiento. Maitra et al., (2021) encontraron que la plantación conjunta afecta el crecimiento vegetativo de los cultivos, por lo que se deben considerar los recursos espaciales, temporales y físicos. La viabilidad económica de la AC depende en gran medida del patrón de siembra y la selección de los cultivos a establecer (Yin et al., 2017). La diversificación de cultivos podría adoptarse como una estrategia para generar empleo durante todo el año y maximizar los beneficios a través de las ganancias, mediante la relación de sustitución y precio de los productos (De y Chattopadhyay, 2010). En la AC de Poáceas y Fabáceas, el potencial para proporcionar nitrógeno (N) depende de la densidad del cultivo y los nutrientes (Maitra et al., 2021).

Elegir cultivos compatibles es de suma importancia para el mejor establecimiento conjunto de cultivos asociados. Esta elección depende del hábito de crecimiento de las plantas, el espacio, el aprovechamiento de la luz solar, el agua y el aprovechamiento de fertilizantes externos expuestos en el sistema (Yin et al., 2017). Bedoussac et al., (2015) mencionan que los cultivos asociados de leguminosas y cereales aumentan la fijación de N por las leguminosas. En la asociación de sorgo y cacahuete, frijol chino, se redujeron las necesidades de fertilizantes nitrogenados de 30-84 kg ha⁻¹ cuando se rota el cultivo del trigo (Ghosh et al., 2007). (Ghanbari et al., (2010) hacen mención de que las asociaciones de cultivos de diferentes especies en ocasiones aumentan o limitan el crecimiento.

Los diferentes tiempos de siembra de los cultivos son un componente de éxito en el sistema AC, ya que mejoran la utilización de los recursos y reducen la competencia (Sanderson et al., 2013). La combinación de maíz (*Z. mays*) con frijol chino (*Vigna unguiculata* L.) mejora la interceptación de luz en el sistema AC que cuando se tiene como monocultivo el maíz (Ghanbari et al., 2010). Chandrika et al. (2001) menciona que cuando hay una AC de cacahuete con frijol de palo (*Cajanus cajan*) en relación (7:1) se obtienen mejores rendimientos y un gran número de vainas (cacahuates), que si se asocian en una relación (1:7). En la combinación del cacahuete y el frijol de palo tuvieron las mayores ventajas relativas en el rendimiento del maíz (Mupangwa et al., 2021). Un estudio llevado a cabo por Ahlawat et al., (2005) afirma que el rendimiento de los cultivos en la AC aumentó hasta un 55% en comparación con cuando se cultivan solos.

La competencia asimétrica en la AC es una preocupación importante cuando se intercalan cultivos de diferentes tiempos de duración de madurez, ya que los factores abióticos (clima, topografía, nutrientes disponibles del suelo) y factores bióticos (plagas,

enfermedades o malezas particulares) pueden influir en las capacidades relativas de las especies de cultivos (Sanderson et al., 2013). Por lo que, se debe elegir cultivos de diferente duración de madurez, ya que un cultivo de maduración rápida completa su ciclo de vida antes de que comience el período de maduración del cultivo principal. La selección de cultivos o las variedades con diferentes tiempos de madurez también puede ayudar a la cosecha escalonada y a la separación de los productos (Chai et al., 2014). Por esto, el momento de la máxima demanda de nutrientes de los cultivos que conforman la AC deberá ser diferenciado. Los cultivos que maduran en diferentes momentos, separados por periodos de su máxima demanda de nutrientes, humedad, espacio y competencia solar, podrían asociarse adecuadamente.

La plantación conjunta de cultivos probablemente requiera una mayor comprensión de la ecología y la interconexión entre los cultivos y su entorno para aprovechar plenamente los beneficios potenciales que ofrece (Bybee-Finley y Ryan, 2018). Ya que, en estas interconexiones, los cultivos que se asocian pueden presentar interconexiones de diferentes efectos. Como lo es el efecto amensálistico, donde una especie tiene un efecto negativo en otra especie, este efecto puede ser neutro o con afectación en su desarrollo; por ejemplo, no se pueden asociar plantas de la familia Amaryllidaceae con Brassicaceae. Otra interconexión que se puede mostrar es el efecto mensalístico, que se refiere al efecto positivo para ambas especies asociadas y es el que se busca para que ambas especies puedan aprovechar al máximo las condiciones ofrecidas en el momento. Por otro lado, pueden presentar un efecto monolístico donde el efecto a una especie es positivo y para la otra especie el efecto es negativo o el menos recomendable efecto inhibitorio, el cual consiste en que el efecto para ambas especies es negativo y por ende no hay desarrollo de estas (Reddy, 1976).

Una correcta población de plantas por unidad que se produce conduce a un rendimiento seguro (Pierre et al., 2022). El número de plántulas de cada cultivo en la mezcla correspondiente a la AC se ajusta por debajo de la densidad óptima de cada especie de cultivo establecida. La razón es que, si se plantaran las proporciones completas de cada cultivo, ninguno de los dos rendiría debido a la intensidad de aglomeración. Al reducir la densidad de plantas en cada uno, las especies tienen la posibilidad de rendir bien dentro de la mezcla. Por eso, la AC en el campo agrícola proporciona a los agricultores una forma de seguro: “todavía hay algo que cosechar, si uno de los cultivos falla”.

La fecha de siembra define las condiciones ambientales a las que estará expuesto el cultivo en momentos clave de su ciclo de desarrollo (período crítico en el

rendimiento y componentes de calidad). De hecho, diferentes fechas de siembra pueden someter al cultivo a diferentes condiciones en sus estados fenológicos, dependiendo de la temperatura, radiación y duración del día (Alberio et al., 2015). Es importante hacer coincidir los períodos críticos de cada cultivo expuestos en la AC. La selección de diferentes fechas de siembra requiere una selección coherente de la densidad y el genotipo de la planta para maximizar el uso de los recursos ambientales durante la temporada de desarrollo.

Existen dos mecanismos principales que contribuyen a la complementariedad en la AC: Partición de recursos (diferencia de nicho). Este mecanismo se refiere a la utilización más completa de los recursos disponibles, como la luz solar, el agua y los nutrientes, por parte de los diferentes cultivos asociados. Al tener diferentes necesidades y patrones de crecimiento, los cultivos pueden ocupar nichos ecológicos distintos y aprovechar los recursos de manera más eficiente que si se cultivaran de forma individual. Facilitación: Este mecanismo se refiere a los procesos mediante los cuales una especie proporciona un recurso limitante o mejora la condición ambiental de otra especie (Bybee-Finley y Ryan, 2018). Por ejemplo, algunas plantas pueden fijar nitrógeno en el suelo, lo que beneficia a otros cultivos que lo necesitan. Otras plantas pueden proporcionar sombra o protección contra el viento, creando un microclima favorable para el crecimiento de especies más sensibles.

Es importante tener en cuenta que las interacciones entre los cultivos en un sistema de AC pueden variar a lo largo del tiempo. Por ejemplo, las primeras etapas de crecimiento de los cultivos pueden ser complementarias para la radiación solar, ya que las plantas jóvenes no compiten por la luz de manera significativa. Sin embargo, a medida que los cultivos crecen y se desarrollan, pueden volverse más competitivos por la luz, el agua y los nutrientes, lo que puede afectar su rendimiento.

Las decisiones de los agricultores sobre las tecnologías a adoptar se basan generalmente en el análisis de costos, uso del agua, riesgos y rendimiento. En pequeñas parcelas, los agricultores cultivan como una medida de mitigación de riesgos ante la posible pérdida total de cosechas, buscando obtener diversos productos para satisfacer las necesidades de alimentación, forraje, ingresos, entre otros, de sus familias. Por lo tanto, la asociación de cultivos se presenta como una estrategia atractiva para aumentar la productividad y el uso de mano de obra por unidad de superficie disponible (Jaramillo y Salazar, 2021).

El cacahuate (*A hypogaea* L.) presenta un buen rendimiento en sistemas de AC, especialmente cuando se asocia con cultivos de corta duración. Esto se debe

a que los cultivos de corta duración tienen un menor efecto de sombreado sobre el cacahuate (Brindavathy y Hussainy, 2020). En consecuencia, es fundamental que la comunidad agrícola comprenda, difunda y practique el cultivo de cacahuate dentro de sistemas de AC para su adopción generalizada.

En un sistema competitivo, la AC es más eficiente cuando el rendimiento del cultivo intermedio no es tan significativo como el cultivo principal. Además, cuando la interacción competitiva es mayor, surge una penalización en el rendimiento de los cultivos asociados, en cuyo caso el monocultivo podría ser más rentable (Zhang et al., 2019). En este contexto, se evaluó la asociación de cacahuate (*A. hypogaea* L.) como cultivo primario y maíz occidental (*Z. mays* L.) como cultivo secundario en el suroeste de Guanajuato, México, con el objetivo de determinar si esta asociación es más rentable que el monocultivo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIAL VEGETAL

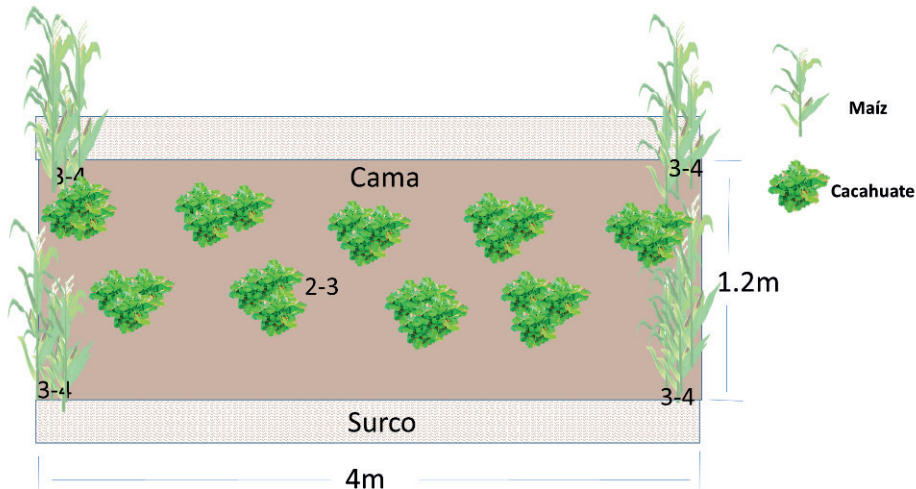
La semilla de cacahuate fue de la variedad Virginia, de ciclo intermedio, con un periodo de cosecha de 110-160 días, de porte rastroso.

Al maíz occidental considerado maíz de ocho, es un maíz local el cual año con año los agricultores colectan las semillas cada ciclo de producción, este maíz es de ciclo corto que va de los 90-120 días para la formación de elote, y es demandado por el color colorado de sus granos utilizado para platillos regionales.

2.2 UBICACIÓN

El experimento se estableció en las coordenadas 20.66806°N-101.37233°W, en las parcelas de prácticas de la carrera de agricultura sustentable y protegida, de la universidad tecnológica del suroeste de Guanajuato México. Fue establecido bajo un arreglo topológico y nuevo modelo de producción representado en la figura 1, a una siembra simultánea el 6/04/2022. Con una densidad de plantación total de 150,590 plantas ha⁻¹. El cacahuate representa 95.85% de la distribución en tresbolillo, sembrado en camas de 1.2m y el maíz a una distancia de 4m tres semillas *golpe. Bajo en una superficie de 600 m².

Figura 1. Diagrama de la AC de maíz y cacahuete con la consideración de espacio y número de plantas.



2.3 VARIABLES DE RESPUESTA

Calculo de biomasa fresca: se pesó en campo luego de la eliminación de la raíz de las plantas, dado que es la materia fresca que es destinada a la alimentación de los rumiantes en la localidad. Utilizando una Báscula de plataforma plegable Truper BAS-200PLA.

Calculo de la materia seca: luego de la toma del peso fresco se destinó a secado en campo en un invernadero con temperaturas promedio de 30 °C durante 15-20 días, hasta que el peso no vario. Y el porcentaje de la materia seca se determinó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Materia Seca} = (\text{Peso de la muestra seca} / \text{Peso de la muestra fresca}) \times 100$$

Rendimiento de vaina: se cosecho un metro lineal de entre los maíces y a la mitad del sistema donde no estaba el maíz.

Numero de elotes: se cuantifico la cantidad de elotes óptimos entre (20 - 30 cm) de largos, con llegando de granos completos.

3 RESULTADOS

Con el objetivo de evaluar el efecto del sistema de asociación de cultivos (AC) cacahuete-maíz en comparación con el monocultivo de cacahuete, se compararon las medias de variables clave como materia fresca, materia seca, peso de vaina y rendimiento de elotes. La Tabla 1 muestra los resultados de esta comparación.

Tabla 1. Promedios de las variables medidas en los sistemas de AC cacahuete variedad Virginia – maíz occidental vs. cacahuete.

Tratamiento	Materia fresca	Peso seco	Peso de vaina	Elotes cosechado
Asociación cacahuete maíz occidental	4840.89 ^a	1219.99 ^a	1050.44 ^b	1.77
Monocultivo de cacahuete	2811.00 ^b	906.83 ^a	1488.88 ^a	0
DMS (0.05)	416.46	319.05	121.54	Na
CV (%)	28.79	32.37	20.22	46.88

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes. Na: no aplica. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. Las unidades de los promedios están representadas en gramos.

Los resultados revelan que el sistema AC produjo significativamente más materia fresca (4840.89 g) en comparación con el monocultivo (2811.00 g). Este incremento del 41.93% en materia seca (1219.99 g vs. 906.83 g) en la AC confirma que la asociación de cultivos puede aumentar la producción de biomasa. Estos hallazgos respaldan lo afirmado por Ahlawat et al. (2005), quienes reportaron incrementos de hasta el 55% en el rendimiento de cultivos en AC. Asimismo, se alinean con Bracken (2019), quien destacó el aumento en masa seca cosechada en policultivos de monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Sin embargo, se observó una reducción significativa del 29.44% en el peso de vaina en el sistema AC (1050.44 g) en comparación con el monocultivo (1488.88 g). Esto sugiere que, en sistemas competitivos, el rendimiento del cultivo intermedio (maíz) puede afectar el rendimiento del cultivo principal (cacahuete), como lo mencionan Zhang et al. (2019). La competencia por recursos puede penalizar el rendimiento de los cultivos asociados, haciendo que el monocultivo sea más rentable en ciertos casos. No obstante, es importante considerar que las asociaciones de cultivos pueden aumentar la producción en otros aspectos, como lo señala Ghanbari et al. (2010).

La presencia de elotes cosechados (1.77) en el sistema AC demuestra un beneficio adicional de esta asociación. La densidad de plantas en la AC se ajustó para asegurar un rendimiento adecuado de ambos cultivos, como lo sugiere Pierre et al. (2022). Esta estrategia proporciona un 'seguro' para los agricultores, garantizando la cosecha de al menos un cultivo en caso de fallas. El coeficiente de variación (CV) relativamente alto para el rendimiento de elotes (46.88%) indica variabilidad en este parámetro, lo cual podría explorarse en estudios futuros.

4 CONCLUSIÓN

El sistema AC cacahuete-maíz occidental incrementó la producción de materia fresca y seca, pero redujo el rendimiento de vaina en comparación con el monocultivo. La elección entre ambos sistemas dependerá de los objetivos del agricultor y las condiciones específicas del entorno. La AC ofrece beneficios como la producción de maíz y un 'seguro' contra fallas en un solo cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahlawat, I. P. S., Gangaiah, B., & Singh, O. (2005). Production potential of chickpea (*Cicer arietinum*)-based intercropping systems under irrigated conditions. *Indian Journal of Agronomy*, 50(1), 27–30.
- Alberio, C., Izquierdo, N. G., & Aguirrezábal, L. A. N. (2015). Sunflower Crop Physiology and Agronomy. *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*, 53–91. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50009-X>
- Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., ... Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 911–935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Bracken, M. E. S. (2019a). Monocultures Versus Polycultures. In *Encyclopedia of Ecology: Volume 1-4, Second Edition* (2nd ed., Vol. 3). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11169-8>
- Bracken, M. E. S. (2019b). Monocultures Versus Polycultures. *Encyclopedia of Ecology: Volume 1-4, Second Edition*, 3, 483–486. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11169-8>
- Brindavathy, R. B., & Hussainy, S. (2020). Production potential of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under intercropping system—A review. *Crop Research*, 55(1&2). <https://doi.org/10.31830/2454-1761.2020.010>
- Bybee-Finley, K. A., & Ryan, M. R. (2018). Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. *Agriculture (Switzerland)*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/agriculture8060080>
- Chai, Q., Qin, A., Gan, Y., & Yu, A. (2014). Higher yield and lower carbon emission by intercropping maize with rape, pea, and wheat in arid irrigation areas. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 535–543. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0161-x>
- De, U. K., & Chattopadhyay, M. (2010). Crop diversification by poor peasants and role of infrastructure: Evidence from West Bengal. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 2(10), 340–350. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/JDAE>
- Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Siahars, B. A., & Ramroudi, M. (2010). Effect of maize (*Zea mays* L.) - Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in arid environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1), 102–108.
- Ghosh, P. K., Bandyopadhyay, K. K., Wanjari, R. H., Manna, M. C., Misra, A. K., Mohanty, M., & Rao, A. S. (2007). Legume effect for enhancing productivity and nutrient use-efficiency in major cropping systems - An Indian perspective: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 30(1), 59–86. https://doi.org/10.1300/J064v30n01_07

Gou, Z., Yin, W., Asibi, A. E., Fan, Z., Chai, Q., & Cao, W. (2022). Improving the sustainability of cropping systems via diversified planting in arid irrigation areas. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00823-2>

Jaramillo, S., & Salazar, H. M. (2021). Cultivos intercalados: una alternativa para aumentar los ingresos y la sostenibilidad de cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé*, 534(December 2021), 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0534>

Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>

Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A., & Yiakoulaki, M. D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99(2–3), 106–113. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2006.03.008>

López, P., Elena, A., Bustamante, M., Vargas, V., Darío, L., Torres, C., ... Bustamante, E. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biomass Accumulation and Distribution in Associated maíz con frijol voluble (Mx Fv) es un arreglo productivo características morfológicas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 66(1), 6865–6880.

Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H., ... Sairam, M. (2021, February 1). Intercropping – A low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy*, Vol. 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>

Mupangwa, W., Nyagumbo, I., Liben, F., Chipindu, L., Craufurd, P., & Mkuhlani, S. (2021). Maize yields from rotation and intercropping systems with different legumes under conservation agriculture in contrasting agro-ecologies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 306, 107170. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2020.107170>

Pierre, J. F., Latournerie-Moreno, L., Garruña, R., Jacobsen, K. L., Laboski, C. A. M., Us-Santamaría, R., & Ruiz-Sánchez, E. (2022). Effect of Maize–Legume Intercropping on Maize Physio-Agronomic Parameters and Beneficial Insect Abundance. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912385>

Reddy, M. S., Floyd, C. N., Willey, R. W., Pearl, G., & Intercropping, M. (1976). *Groundnut in Intercropping Systems with Cereals*. 133–143.

Sanderson, M. A., Brink, G., Stout, R., & Ruth, L. (2013). Grass-legume proportions in forage seed mixtures and effects on herbage yield and weed abundance. *Agronomy Journal*, 105(5), 1289–1297. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0131>

Sanou, J., Bationo, B. A., Barry, S., Nabie, L. D., Bayala, J., & Zougmore, R. (2016). Combining soil fertilization, cropping systems and improved varieties to minimize climate risks on farming productivity in northern region of Burkina faso. *Agriculture and Food Security*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40066-016-0067-3>

Sinare, B., Miningou, A., Nebié, B., Eleblu, J., Kwadwo, O., Traoré, A., ... Desmae, H. (2021). Participatory analysis of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cropping system and production constraints in Burkina Faso. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00429-6>

Tamayo Ortiz, C. V., & Alegre Orihuela, J. C. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1), e3287. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287>

Turrent-Fernández, A., & Cortés-Flores, y J. I. (2005). Ciencia y Tecnología en la agricultura mexicana : Science and Technology in Mexican Agriculture : I. Food Production and Sustainability. *Terra*.

Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., ... Chen, G. (2017). Reducing carbon emissions and enhancing crop productivity through strip intercropping with improved agricultural practices in an arid area. *Journal of Cleaner Production*, 166, 197–208. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.211>

Zhang, C., Dong, Y., Tang, L., Zheng, Y., Makowski, D., Yu, Y., ... van der Werf, W. (2019). Intercropping cereals with faba bean reduces plant disease incidence regardless of fertilizer input; a meta-analysis. *European Journal of Plant Pathology*, 154(4), 931–942. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01711-4>

CAPÍTULO 4

PRODUCCION DE BIOMASA EN MAIZ CON RIEGO POR GOTEO

Data de submissão: 25/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

Guillermo Jesuita Pérez Marroquín

Colegio de Postgraduados (Colpos)
México

<https://orcid.org/0000-0001-9566-5432>

Raul Berdeja Arbeu

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0001-5753-241X>

Isidro López Sánchez

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0003-3639-290X>

Ramiro Escobar Hernández

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0002-2950-6908>

Fabian Enriquez Garcia

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0001-9849-9636>

Marcos Perez Sato

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0001-5649-014X>

Eutiquio Soni Guillermo

Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, México

<https://orcid.org/0000-0001-9409-7883>

RESUMEN: La importancia del agua en la producción de alimentos obliga a utilizarla con mayor eficiencia, debido a que ésta forma parte crucial para el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico. Los productos agrícolas y pecuarios están hechos en su mayor parte de agua, por lo tanto, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés en las plantas. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar la dinámica de crecimiento de maíz sometido a siete niveles de humedad, seleccionando dos plantas al azar de cada tratamiento para determinar área foliar, altura de planta, biomasa acumulada y materia seca, donde se concluye que no existe diferencia significativa entre los siete diferentes niveles de humedad del suelo con la producción de biomasa en los muestreos de tres fases del cultivo; en las etapas de

formación de espiga, fase lechoso masoso y fase $\frac{3}{4}$ línea de leche en las variables evaluados del cultivo de maíz Ocelote.

PALABRAS CLAVE: Zea mays. Biomasa. Niveles de humedad.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la agricultura es responsable del 70 % de las extracciones de agua dulce y de más del 90 % de su uso consultivo (FAO, 2013) además en su pronóstico para el 2050, menciona que el consumo de alimento aumentará en todas las regiones del mundo por lo que será necesario incrementar los alimentos para satisfacer la demanda de alimentos a la sociedad. Por su parte el INTA (2008), menciona que la productividad se debe aumentar en base a área, esto derivado de la disponibilidad de agua y tierra. Por ello, la importancia del agua en la producción de alimentos obliga a utilizarla con mayor eficiencia (Salgado, 2011).

Uno de los cultivos más importantes y que más superficie ocupa en México es el maíz, ya que representa la base de la alimentación y la producción agrícola (Inzunza et al., 2006). Según datos del SIAP (2015), la producción de maíz fue de 1.009 millones de toneladas, donde los países más productores son: Estados Unidos, Brasil, y la Unión Europea. En México el maíz alcanza una superficie sembrada de 33%, con cercas de 7.5 millones de hectáreas, de las cuales un 76 % es bajo riego (FND, 2014). En Zacatecas el agua de riego y de temporal son utilizados en 194.989 hectáreas de cultivo (SIAP, 2016). El 14 % de la superficie se siembra bajo sistema de riego de los cuales uno de los principales cultivos es el maíz teniendo una superficie de 28,375 has que se maneja bajo este sistema (SIAP, 2016).

La problemática del mundo actual es la escasez de alimento y la falta de agua para su producción. En las zonas áridas y semiáridas de México, se tiene un problema grave por la disminución del recurso hídrico, por ello se realizó esta investigación con la finalidad de generar información del comportamiento del maíz “ocelote” con diferentes niveles de humedad y como afectan las condiciones climáticas en las etapas de desarrollo del cultivo.

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en Calera de V. R. Zacatecas en terrenos del Campo Experimental de Zacatecas (CEZAC INIFAP), ubicado en las coordenadas geográficas 22° 54' latitud Norte, y 102° 39' longitud Oeste a una altitud

media de 2,197 msnm. La temperatura media en los meses de julio-octubre 12.32 y una precipitación promedio de 4.3 mm (Medina y Ruiz 2004).

El material biológico utilizado fue un híbrido de maíz “Ocelote” sembrada a una distancia de 3-4 cm entre planta y entre surcos de 0.76 cm, sembrado en seco en 02/06/16, usando una sembradora de precisión y densidad de siembra de 86, 000 plantas por ha. Se optó por una dosis de fertilización de (NPK) con 280-100-800 (Urea, NKS y MAP solubles) fraccionada en 5 aplicaciones durante el ciclo.

2.2 TRATAMIENTOS

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar. De acuerdo con este diseño de tratamientos la combinación resultante a ensayar en el campo fueron siete diferentes niveles de abatimiento de la humedad aprovechable, el primer factor fue la cantidad de lámina de riego aplicada en etapa emergencia a inicio de floración. Los niveles de humedad del estudio fueron: 100, 75, 50, 12.5 % de la humedad aprovechable del suelo (HAC). El riego de los tratamientos fue aplicado cuando consumió el nivel de la humedad aprovechable del suelo de 0-30 cm. Para determinación del abatimiento de la humedad del suelo para cada tratamiento, se utilizó el método gravimétrico usando barrenas tipo california y vehimeyer en cada tratamiento y esto fue durante todo el desarrollo vegetativo del maíz.

Los tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria en el campo, con base en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. A cada parcela o unidad experimental se le asignó una superficie de 60.80 m² (7.6 m de ancho por 8.0 m de largo).

Los tratamientos fueron siete niveles de humedad distribuido en todo el ciclo del cultivo del maíz. La Humedad aprovechable obtenida a partir de curvas de humedad (método de olla y membrana de presión). En las etapas fenológicas. Para determinar el momento adecuado del riego por tratamiento se realizó un balance hídrico climático (Servín, 2015), y se tomó en cuenta la humedad del suelo cada 15-20 días con el método gravimétrico en los primeros 60 cm de suelo, se utilizó una barrena tipo Vehimeyer para ajustar el balance hídrico climático.

Con esta información se obtuvo la lámina de riego y momento de aplicación. El agua se aplicó con riego por goteo y el volumen de agua aplicada para cada tratamiento se determinó con un medidor de flujo. La unidad experimental fue de 10 surcos a doble hilera de 0.76 m de ancho por 8.0 m de largo. La parcela útil fueron los dos surcos centrales con 2.5 m de largo; para cada muestreo.

2.3 APLICACIÓN DEL RIEGO

La aplicación de riego fue con una bomba marca (Foras) de 2 hp y en la línea de conducción lay flat de 4", para la conducción del tanque de almacenamiento a la parcela, se utilizó lay flat de 2" conectadas a cintilla calibre 6000.

2.4 VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

Los datos climáticos como temperatura, humedad, precipitación, evaporación y radiación se obtuvieron de una estación meteorológica (marca Davis Vantage Vue) y con ello se realizó el balance hídrico (Servín, 2015) para obtener laminas a aplicar para cada tratamiento.

2.5 VARIABLES MEDIDAS

La cosecha de las plantas se realizó manualmente en los estados fenológicos Espiga, Lechoso Masoso, lechoso 3/4 de línea de leche. Previo a eso se realizaron 2 muestreos a los 25 DDS y 45 DDS de dos plantas al azar de cada tratamiento para determinar Área foliar, altura de planta y biomasa acumulada.

Para los dos primeros muestreos en cada parcela se contó el número de plantas existentes en un metro lineal del surco y se estimó la producción de biomasa verde, posteriormente, se separaron componentes aéreos.

2.6 ALTURA DE PLANTA (AP)

La altura de la plantas se midió con un estadal, durante los cinco muestreos realizados (30 DDS, y 47 DDS) contemplando del suelo a la parte superior de la espiga y de la misma manera se consideraron dos plantas para cada muestreo.

2.7 NÚMERO DE PLANTAS

Con un flexómetro se midieron 5 m con un tubo de PVC para facilitar el funcionamiento y tomando los ambos surcos centrales de las parcelas y se contó el número de plantas dentro de la superficie a muestrear y se contabilizó el número de plantas en los 5 m lineales.

2.8 BIOMASA KG HA-1(PVM)

De ambos surcos muestreados se pesó el total de las plantas con una báscula marca Torrey de capacidad de 100 kg y se seleccionaron dos plantas representativas, separados por órganos.

Se separó los órganos aéreos (Figura 9), (hoja), (tallo), (bráctea), (elote), se pesó cada órgano por separado con ayuda de una báscula Torrey de capacidad de 5 kg, se contó el número de elote por planta, etiquetamos con número de parcela, tratamiento y número de bloque para posteriormente la eliminación del contenido de agua.

2.9 ÁREA FOLIAR EN CM² (AF)

Las hojas se colocaron en un soporte plano (Figura 10 A y B) con acrílico para aplanar completamente las hojas y se tomó una imagen digital con una cámara web Logitech® de 15 mg y se procesó para obtener el área foliar, posteriormente se llevaron a una estufa a 70 °C hasta llegar a peso constante, con estos datos se determinó el porcentaje de materia seca, el rendimiento de materia seca por hectárea, producción de biomasa verde y se calculó el porcentaje de hoja, tallo y elote.

2.10 BIOMASA SECA EN KG HA⁻¹ (MS)

Se cortó la parte aérea de las plantas y se introdujeron en bolsa de papel, previamente etiquetadas por tratamiento, se colocaron en una estufa de secado marca mapco modelo 360 (Figura 11), a una temperatura de 75 °C durante 48 horas, transcurrido el tiempo de secado se pesaron en una balanza marca Torrey con capacidad de 5 kg.

2.11 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA DE CADA MUESTREO (DDS)

Se realizaron cinco muestreos, mismo que se efectuaron en diferentes fechas, para un total de 137 días.

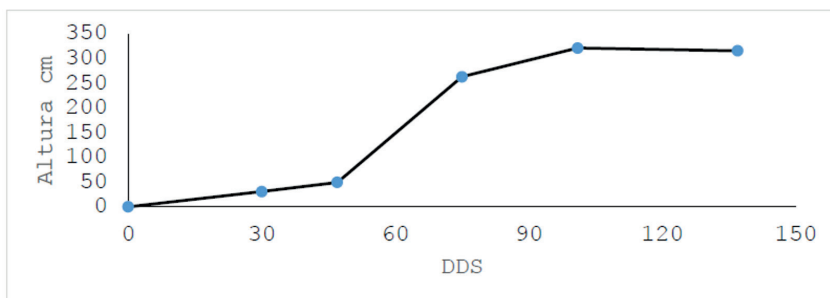
2.12 VOLUMEN DE AGUA CONSUMIDO POR LA PLANTA (VA)

Se contabilizó la cantidad de agua aplicada en cada riego, con ayuda de un medidor de flujo (Figura 12) y se anotó los gastos Q_1 =inicial y Q_2 =final.

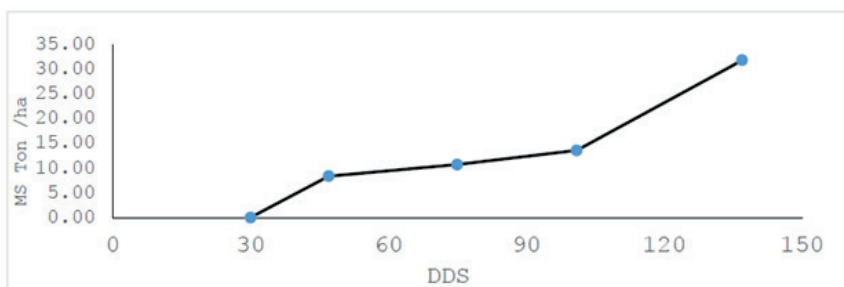
Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS y consistieron en análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias por tukey.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las siguientes Figuras se muestra el crecimiento y el rendimiento del cultivo en diferentes muestreos.

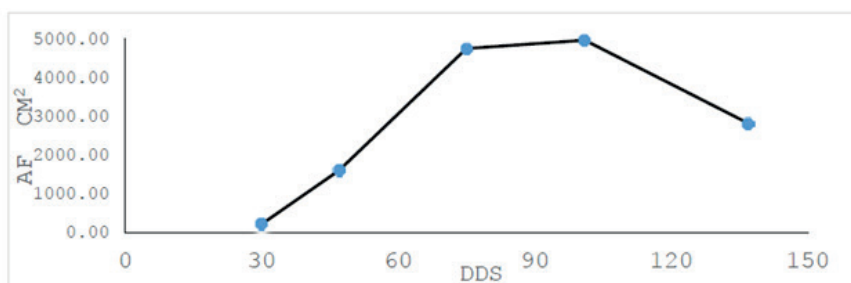


Altura de la planta en cm, DDS: días después de siembra.



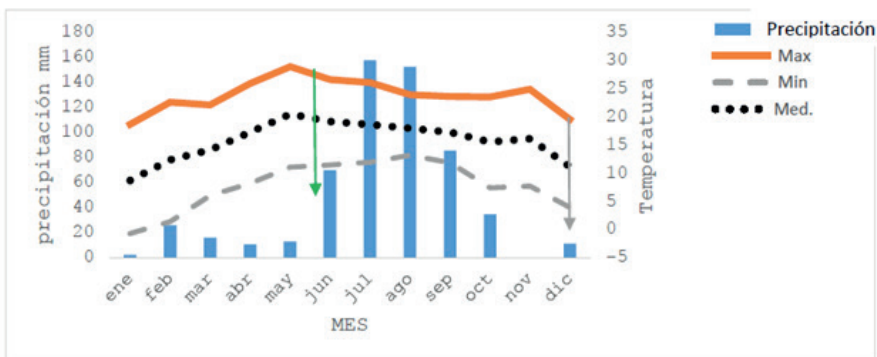
Materia seca en Toneladas/Hectárea.

En la figura se observa un mayor desarrollo de la planta después de los 60 DDS, lo cual se mantiene a partir de los 90 DDS a una altura de 300cm. La Figura 14 se observa mayor más alto en materia seca a partir de los 130 DDS con 30 toneladas / hectárea, mientras tanto de los 30 a 90 DDS es inferior a 5 toneladas/hectárea Como los datos reportado por Amador y Boshini (2000), encontrando un descenso en la acumulación de materia seca a partir de los 90 DDS, por lo tanto un disminución de materia seca.



Área foliar cm², Días Después de siembra.

Durante el ciclo del cultivo como se muestra en la figura 15 se tiene mayor índice de área foliar a partir de los 80 a 100 DDS.



Precipitação média durante el ciclo del cultivo (junio-octubre), en el año 2016.

Observa la fecha de siembra del maíz (flecha verde) y la última fecha de muestreo en $\frac{3}{4}$ línea de leche (flecha color gris).

Uno de los principales factores que afectó en el desarrollo del cultivo fue la precipitación ocurrida en el periodo de crecimiento y temperatura durante el ciclo del cultivo.

Producción de biomasa en la planta de maíz en fase de formación de espiga durante el ciclo cultivo.

ALT.= altura de la planta en cm, PVM= peso verde de la muestra kg, AF= área folia cm²

IAF= índice de área foliar cm², PVP= peso de verde de la planta kg, W= peso seco de la planta.

TRATAMIENTO	ALT	PVM	AF	IAF	PVP	W
1	263a	25.10a	9.15a	0.78a	1.85 ^a	288.50a
2	279a	26.50a	10.73a	0.92a	2.21ab	321.50a
3	260.75a	28.17a	8.51a	0.73a	1.92ab	317.25a
4	258.25a	27.47a	8.90a	0.76a	1.82ab	290.50a
5	257.7a	24.80a	8.23a	0.71a	1.81ab	291.25a
6	262.7a	24.05a	8.63a	0.74a	1.54b	274.50a
7	252.7a	23.40a	9.30a	0.80a	1.57b	301.25a
8	271.7a	26.57a	7.46a	0.64a	1.82ab	295.00a
CV	4.68376	4.68	4.68376	4.68376	4.68376	4.68
DMS	45.21	6.50	4.706	0.4054	0.5181	85.36

Letras diferentes indica diferencia significativa para LSD (P<0.05). DMS=diferencia mínima significativa CV= coeficiente de variación.

Como se puede observar en la tabla 5. El híbrido ocelote no presenta diferencias entre los componentes de la biomasa ni en materia seca. Con esto coincide con el resultado obtenido por (Amador y Boshini,2000), después de los 90 DDS existe un descenso en la acumulación de materia seca.

Producción de biomasa de las planta de maíz en fase lechoso- masoso durante el ciclo cultivo.

TRATAMIENTO	ALT	PVM	AF	IAF	PVP	w
1	329.67a	37.40a	10.62a	0.91a	2.58^a	443.67a
2	322.33a	39.13a	10.54a	0.90a	2.79^a	488.00a
3	335.67a	35.53a	10.37a	0.89a	3.11 ^a	475.33a
4	325.33a	36.40a	9.91a	0.85a	2.51 ^a	445.00a
5	308.00a	35.90a	9.72a	0.83a	2.78a	384.00a
6	318.67a	37.33a	9.76a	0.84a	2.63a	464.33a
7	306.67a	34.10a	10.59a	0.91a	2.60a	485.67a
8	337.67a	37.46a	9.21a	0.79a	2.78a	453.67a
CV	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89
DMS	41.58	9.23	2.3	0.2	1.04	137.17

Letras diferentes indica diferencia significativa para LSD (P<0.05). DMS=diferencia mínima significativa CV= coeficiente de variación.

Como se muestra en la tabla 6. La producción de biomasa no hubo diferencias significativas entre los diferentes niveles de humedad. Lo contrario de maíz criollo en rendimiento de forraje verde de la investigación realizada por (Elizondo, 2017).

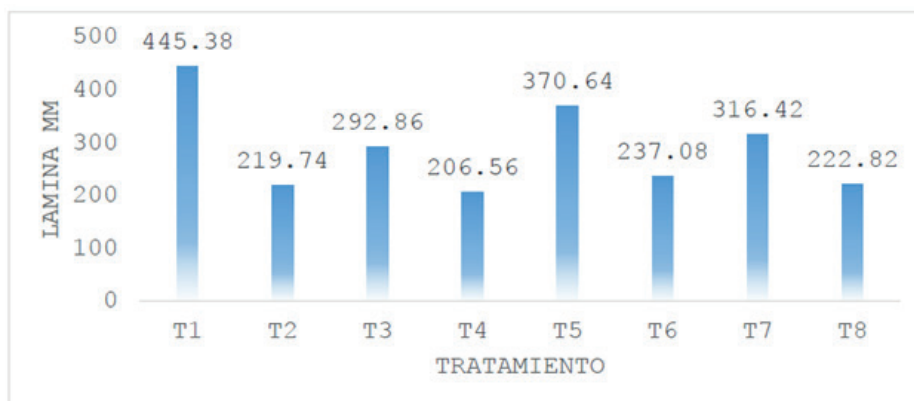
Tabla 8. Producción de biomasa en las plantas de maíz en la fase $\frac{3}{4}$ línea de leche.

TRATAMIENTO	ALT	PVM	AF	IAF	PVP	W
1	323.75a	36.67a	5.78a	0.49a	1.42a	745.50a
2	328.00a	33.12a	5.50a	0.47a	1.52a	751.25a
3	333.25a	30.17a	4.25a	0.36a	1.45a	789.00a
4	298.25a	30.95a	4.77a	0.40a	1.56a	817.50a
5	322.00a	29.92a	7.03a	0.60a	1.34a	740.75a
6	297.25a	29.92a	3.77a	0.32a	1.19a	756.75a
7	323.00a	32.02a	5.95a	0.51a	1.80a	803.25a
8	301.25a	31.67a	4.95a	0.42a	1.47a	798.50a
CV	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
DMS	40.94	7.69	4.02	0.34	1.05	137.33

Letras diferentes indica diferencia significativa para LSD ($P < 0.05$). **DMS**=diferencia mínima significativa **CV**= coeficiente de variación.

Entre los variables evaluados se aprecia en la tabla 7 la producción de biomasa que estadísticamente no presentó diferencias significativas. Lo contrario de Arnoldo et al. (2016) mostro diferencias significativas en sus fases finales de crecimiento en el cultivo de maíz.

Figura 17. Primera fecha de evaluación, lechoso-masoso.



Laminas aplicada en el experimento

4 CONCLUSION

Considerando los objetivos del presente trabajo y la hipótesis, se concluye: Que no existe diferencia significativa entre los siete diferentes niveles de humedad del suelo con la producción de biomasa en las tres fases del cultivo; en las etapas de formación de espiga, fase lechoso masoso y fase $\frac{3}{4}$ línea de leche en las variables evaluados del cultivo de maíz Ocelote.

LITERATURA CONSULTADA

AGROPECUARIA, I. N. D. I. Y. T. E. T. (2008). Manual de recomendaciones del cultivo de maíz- San José.

Arnoldo, R.-T. J., Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Huerta, A. J., Trejo-López, C., & Briones-Encinia, F. (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical.

Arnoldo et al. 2016. Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz.

ASCENCIO, J. C. (1970). Análisis de crecimiento y eficiencia del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var Turrialba-4) cultivada en soluciones nutritivas.

- Bacallao, M. F., & Fundora, L. B. (2014). Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.).
- Benacchio, S. S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. De Inv.
- Bonilla, N. M. (2009). Manual de recomendaciones técnicas, cultivo del maíz (*Zea mays*) san José, costa rica.
- Bolaños, E. J., & O., G. (1992). Fenología del maíz. P. 251-261.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical.
- Carrillo, T. C. (2000). Origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica.
- Chaires, J. J. C., Hernández, G. N., Salgado, A. A., Contreras, R. F., Villalobos, S. O., & Medina, H. A. S. (2013). Efecto del agua aplicada en el rendimiento, calidad nutricional y eficiencia del uso del agua en maíz forrajero. AGROFAZ, 13(3).
- Claassen, M.M. y R.H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. Agron. J. 62: 652-655.
- DAVID. B. MONDEÑEDO, J. R., (2008). Manual para educación agropecuaria. TRILLAS. MEXICO.
- Edmundo, A. M. (2013). Riego por goteo. 251-261.
- ELIZONDO, J.; BOSCHINI, C. 2001. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido1.
- Fernández, (2010) M. M. S. GARCIA, G. G. L., (2010) Sistema de riego localizado.
- Financiera nacional de desarrollo agropecuario, r., forestal y pecuario. (2014). Panorama del maíz.
- Flores, L., Medida, E., Osorio, J., & López, P. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias Terra Latinoamericana, p.342-353.
- Fuentes, J. L. Y., (2008). Instalación de riego por goteo, Madrid.
- García, V. J. B., Reyna, V. d. P. Á., Herrera, S. A. R., Díaz, F. J., Rangel, P. P., Ogaz, A., & González, H. Z. (2014). Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzimas. Revista Iberoamericana de Ciencias.
- Garay, J. A., & Colazo, J. C. (2015). Cultivo de maíz en San Luis Potosí.
- Gonzales, U. A. (2009). Maíz y su Conservación. México. Trillas.
- Hernández. S. G. CASA, A. E. F. M., O. W. GALVIS, J.A.V., (1995). Análisis y estimación de parámetros e índice de crecimiento del árbol de maraco (*Theobroma bicolor* H.B.K) a primera floración.
- Hunt, R. (1982). Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, Ltd. London. 248 p.
- Hunt, R. (1978). Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.

Instituto de la Potasa y el Fosfato. (1997). Manual Internacional de la Fertilidad del Suelo. INPOFOS, Quito, Ecuador.

Inzunza, M. I. A., Villa, M. C., Catalán-Valencia, E. A., & Mendoza, M. S. F. (2006). Modelo para estimar el rendimiento de maíz en función de la humedad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 24(2), 179-185.

Inzunza-Ibarra, M. A., Catalán-Valencia, E. A., Sánchez-Cohen, I., Villa-Castorena, M., & Román-López, A. (2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos periodos de crecimiento. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 335-344.

Klinge H, R Herrera. (1983). Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in Southern Venezuela: The tall Amazon Caatinga Forest. *Vegetatio* 53: 65-64.

CAPÍTULO 5

VARIACIONES ESPACIALES EN LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. EN EL ESTADO DE JALISCO

Data de submissão: 03/03/2025

Data de aceite: 14/03/2025

José German Flores-Garnica

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-8295-1744>

Gabriela Ramírez-Ojeda

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0001-9679-6514>

RESUMEN: *Pinus oocarpa* es una especie de alto valor, tanto por sus servicios ambientales, como económicos, por lo que, para su manejo, es necesario conocer, lo más preciso posible, su distribución. Esto puede lograrse desde dos perspectivas: 1) distribución actual; y 2) distribución potencial (óptima). En ambos casos, se puede inferir la distribución de esta especie a través de procesos de modelación, que permiten analizar los patrones espaciales de su presencia. Bajo este contexto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la distribución de *P. oocarpa* en el estado de Jalisco, México, bajo dos metodologías: 1) Actual, estimada con la densidad Kernel de

sitios de presencia; y 2) Potencial, basada en el algoritmo de máxima entropía (Maxent) Como resultado, Maxent mostro una distribución mas restringida, debidooa que solo se consideraron zonas óptimas para *P. oocarpa*, mientras que la densidad Kernel mostro areas más amplias. Finalmente se ubicaron áreas coincidentes de ambas perspectivas (actual/potencial), las cuales representan el 18.5% de la superficie del estado de Jalisco. Esta información podrá usarse para apoyar la definición de estrategia tanto de restablecimiento como de fomento de *P. oocarpa*.

PALABRAS CLAVE: Densidad Kernel. Máxima entropía. Restauración. Fomento.

SPATIAL VARIATIONS IN THE CURRENT AND POTENTIAL DISTRIBUTION OF *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. IN THE STATE OF JALISCO

ABSTRACT: *Pinus oocarpa* is a species of high value, both for its ecological and economic services, and for its management it is necessary to know its distribution as precisely as possible. This can be done from two perspectives: 1) the actual distribution and 2) the potential (optimal) distribution. In both cases, the distribution of this species can be inferred through modeling processes that allow the spatial patterns of its presence to be analyzed. In this context, the objective of the present work was to determine the distribution of *P. oocarpa* in the state of Jalisco, Mexico, using two methodologies: 1) actual, estimated

with the kernel density of presence sites; and 2) potential, based on the maximum entropy algorithm (Maxent). As a result, Maxent showed a more restricted distribution, considering only optimal areas for *P. oocarpa*, while Kernel Density showed wider areas. Finally, coincident areas of both perspectives (actual/potential) were located, representing 18.5% of the surface of the state of Jalisco. This information can be used to support the definition of strategies for the recovery and promotion of *P. oocarpa*.

KEYWORDS: Kernel density. Maximum entropy. Recovery. Promotion.

1 INTRODUCCIÓN

El género *Pinus* tiene una alta importancia (ecológica, económica y social), ya que sus especies son el componente predominante de varios ecosistemas boscosos, donde se tienen diversos beneficios, como por ejemplo (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005): a) procesos ecosistémicos; b) derivación de servicios ambientales; y c) alto valor económico debido a los productos y subproductos que se pueden obtener de estas especies. Específicamente, en México el *Pinus oocarpa* tiene una importancia relevante, ya que es la especie productora primaria de resina (Perry, 1991), tiene un alto potencial maderable (construcción, muebles, ebanistería, artesanías), combustible y pulpa para papel (Niembro, 1986). Asimismo, es utilizado en plantaciones puras, cortinas rompevientos, control de erosión y recuperación de suelos (INAB, 2017). Debido a esto, ha sido importante conocer su distribución, con base a lo cual se puede dimensionar su potencial productivo. Para esto, se han realizado estudios para determinar la distribución de las especies de pino, así como sus características productivas (Granados-Victorino *et al.*, 2015; Flores-Garnica y Reyes-Cárdenas, 2019; Flores-Rodríguez *et al.*, 2022). Respecto a *P. oocarpa*, se tienen varios estudios (Farjon *et al.*, 1997; Perry, 1991; FAO, 1973; Mirov, 1955), con base a los cuales se ha identificado que el área de distribución natural de *P. oocarpa* en México se localiza desde la frontera con Guatemala (al sur), hasta Sonora (al norte), siguiendo, principalmente, la parte occidental del país. Como apoyo a esto, se han realizado estudios dendrocronológicos que han ayudado a especificar patrones de adaptación y variabilidad de *P. oocarpa* (Villanueva-Díaz *et al.*, 2018; López-Hernández *et al.*, 2018). Sin embargo, aún es necesario contar con mayor precisión geográfica, que permita determinar con exactitud la distribución de esta especie (Aceves-Rangel *et al.*, 2018). Más aún, la determinación de la distribución de *P. oocarpa*, o de cualquier otra especie, se debe ver desde dos perspectivas: 1) distribución actual; y 2) distribución potencial (óptima). En ambos casos, se puede inferir la distribución de esta especie a través de procesos de modelación, que permiten analizar los patrones espaciales de su presencia (Mateo *et al.*, 2011). Esta información permitirá apoyar estrategias tanto de protección, o restauración, como de aprovechamiento comercial. Bajo este contexto, los objetivos del

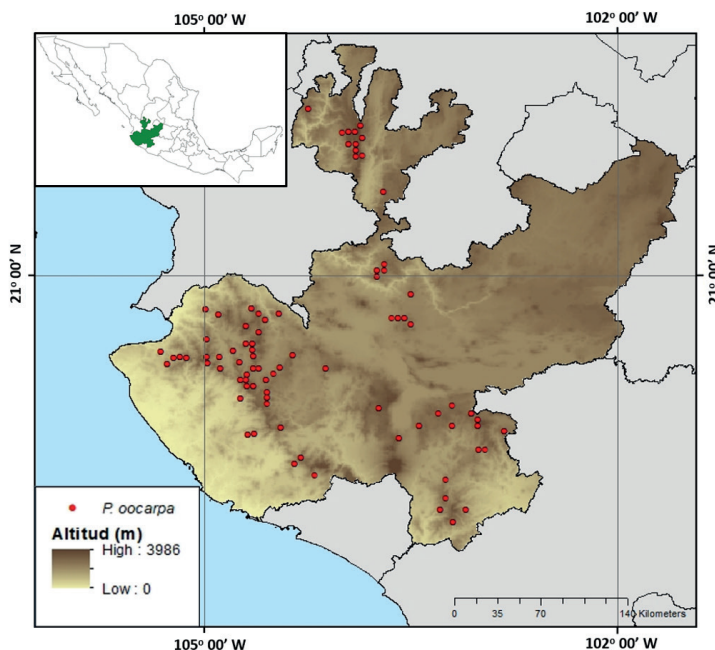
presente trabajo fueron determinar: 1) su distribución actual; 2) su distribución potencial de *P. oocarpa*; y 3) ubicar zonas de coincidencia. El trabajo se desarrolló con información de sitios donde se conoce la presencia de *P. oocarpa* en el estado de Jalisco, México.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en el estado de Jalisco, localizado en la región occidente de México (Figura 1).

Figura 1. Distribución sitios donde se tiene de *P. oocarpa* en el estado de Jalisco, México (CONAFOR, 2011).



2.2 DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Densidad Kernel. Para definir la distribución actual de *P. oocarpa* se consideró la densidad espacial que definen los sitios donde se conoce su presencia, lo cual se modeló a través de la estimación de densidad de Kernel (Fuenzalida *et al.*, 2013). Esta técnica es una estadística no paramétrica y se basa en diversas funciones: cuadráticas (Silverman, 1986), uniformes, normal, triangular, y función de Epanechnikov, por mencionar algunas (Turlach, 1999), en donde se considera que los sitios cercanos tienen mayor influencia en la determinación de la densidad, y los puntos lejanos presentan una ponderación menor (Flores-Garnica y Reyes-Cárdenas, 2019). De esta forma, se calcula la densidad de los

sitios, referidos como puntos geográficos georreferenciados asociados a la distribución de *P. oocarpa*. Este método asume que la existencia de una especie se puede representar como una serie de eventos georreferenciados, que ocurren de manera diferenciada a lo largo de una zona específica, determinando variaciones en la densidad (Salvati y Ferrara, 2015; Flores-Garnica y Reyes-Cárdenas, 2019). La expresión utilizada para calcular dicho estimador es la siguiente (Amatulli *et al.*, 2007):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{x-x_i}{h} \right\}$$

donde: $f(x)$ = Densidad estimada en un punto dado; n = Número de puntos de observación; h = Ancho de banda; K = Módulo central (kernel o núcleo); x = Vector de coordenadas que representa la ubicación donde se estima la función; y = Vector de coordenadas que representa cada punto de observación; d =Número de dimensiones en el espacio. En cuanto al valor máximo del parámetro ancho de banda, se utilizó una distancia de 9,051 m, “regla de oro” de acuerdo a Silverman (1986).

2.3 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

El modelo de distribución potencial se realizó con el algoritmo Maxent V. 3.4.4 (Phillips y Dudik, 2008; Fourcade *et al.*, 2014), basado en el principio de máxima entropía. Dicho modelo realiza predicciones de la distribución de las especies basándose en puntos donde se ha verificado su presencia y cuya georreferenciación permite establecer restricciones para las variables ambientales.

Registros de presencia. Para determinar la distribución de *P. oocarpa*, se utilizan datos de su hábitat, lo que en términos de modelaje se define como verdaderos positivos (presencia) y verdaderos negativos (ausencia) (Fielding & Bell, 1997). En el caso del proceso de Maxent, este se basa únicamente en los registros de presencia de la especie de interés. De acuerdo con esto, se utilizaron 84 puntos de registro de la presencia de *P. oocarpa*, los cuales se obtuvieron de los registros correspondientes al Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR, 2011).

Variables ambientales. Para definir el modelo de distribución de *P. oocarpa* se emplearon las siguientes variables ambientales, procedentes de Worldclim versión 2.1, con resolución espacial de 1 km² (Fick y Hijmans, 2017): Temperatura media anual (BIO1); Rango diurno medio (BIO2); Isotermalidad (BIO3); Estacionalidad de la temperatura (BIO4); Temperatura máxima del mes más cálido; Temperatura mínima del mes más frío (BIO6); Rango anual de temperatura (BIO7); Temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8); Temperatura media del trimestre más seco (BIO9); Temperatura media

del trimestre más cálido (BIO10); Temperatura media del trimestre más frío (BIO11); Precipitación Anual (BIO12); Precipitación del mes más lluvioso (BIO13); Precipitación del mes más seco (BIO14); Estacionalidad de la Precipitación (Coeficiente de Variación) (BIO15); Precipitación del trimestre más lluvioso (BIO16); Precipitación del Trimestre Más Seco (BIO17); Precipitación del trimestre más cálido (BIO18); Precipitación del trimestre más frío (BIO19); Altitud (ELEV); Evapotranspiración anual (ETP) (Trabuco y Zomer, 2010). La función de estas variables fue determinar restricciones para la distribución de esta especie, con base en lo cual se eligió la distribución de mayor entropía (Hernández-Herrera *et al.*, 2019). La ponderación de cada variable se determinó con base en su importancia relativa, la cual se define con los criterios de porcentaje de contribución (PC) e importancia de permutación (IP), que son evaluados por Maxent (Elith *et al.*, 2011). Posteriormente, se prueban diferentes combinaciones de variables seleccionadas, hasta tener la combinación que resulte en la máxima entropía, con base en la cual se generó el mapa de probabilidad de ocurrencia de *P. oocarpa*.

Modelaje de la distribución. La estimación de la distribución de *P. oocarpa* se determinó con base en las áreas identificadas que cumplan con las restricciones ambientales dadas por los puntos de presencia (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014). Lo cual se hizo a través del algoritmo Maxent, ya que ha demostrado eficiencia en el manejo de interacciones complejas entre variables predictoras y variables respuesta (Sánchez-González *et al.*, 2018). El modelo utiliza la siguiente ecuación:

$$P(x) = \frac{\exp(C1 * F1(x) + C2 * F2(x) + C3 * F3(x) \dots)}{Z}$$

donde: P(x)= Probabilidad de ocurrencia; C1, C2... Cn= constantes; F1, F2... Fn= variables climáticas; y Z= constante que asegura que la suma de todos los valores de P para todas las celdas sea igual a 1. La mitad (aleatoria) de los sitios de presencia de *P. oocarpa* fueron usados como “datos de entrenamiento”, para llevar a cabo la ejecución del modelo, mientras que la otra mitad se usaron como “datos para validación”, con la finalidad de probar el ajuste y significancia estadística del modelo (Hanley y McNeil, 1982). El modelo final se presentó como un modelo ensamble de 10 réplicas por validación cruzada (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2022), resultando en un mapa binomial (presencia ausencia). Este mapa se genera al elegir el valor umbral de aptitud ambiental que garantiza la menor tasa de omisión, a un máximo valor logístico (Sánchez-González *et al.*, 2018), lo que permite evaluar la capacidad predictiva del modelo generado (Orozco-Gutiérrez *et al.*, 2023). Para lograr esto, se analizó el error de omisión de los datos de prueba, contra el error de

omisión de los datos de entrenamiento, donde el área predicha puede variar en relación a la elección de un umbral acumulativo. De esta forma, se consideró el error de comisión como un falso positivo (predicción sobreestimada, mientras que la omisión se tomó como un falso negativo (subpredicción) (Kigen *et al.*, 2013; Orozco-Gutiérrez *et al.*, 2023).

Selección de modelo. Finalmente, el desempeño del modelo se evaluó con el estadístico AUC (Area Under the Curve) (Hanley y McNeil, 1982), asimismo, se consideró la importancia de la permutación para definir las variables más significativas para modelar la distribución de *P. oocarpa*, determinando en qué grado contribuye cada variable al modelo (Phillips *et al.*, 2006).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Como se observa en la Figura 2a, la distribución de *P. oocarpa* cubre una gran área del estado de Jalisco, destacando las zonas altas del occidente, donde se tiene la mayor densidad de sitios con esta especie. También se observa la presencia de *P. oocarpa* en la región centro sur y norte del estado, mientras que en la región noreste no hay presencia de esta especie. Esto último se explica debido a que la región NE está dedicada principalmente a actividades agropecuarias. En un contexto más general, la distribución natural de *P. oocarpa* en Jalisco corresponde solamente a la provincia fisiográfica de la Zona Mexicana de Transición. Esta provincia se define como una zona híbrida entre la parte Neártica y Neotropical, la cual es considerada como una región de gran importancia biogeográfica y biológica, debido a la amplia heterogeneidad de especies, clima y condiciones ambientales (Miguez-Gutiérrez *et al.*, 2013).

3.2 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Respecto a la distribución potencial, resultante del algoritmo de máxima entropía (Figura 2b), puede observarse que Maxent resultó en una distribución relativamente similar a la obtenida a través de la densidad Kernel. Sin embargo, la distribución potencial es más reducida, debido, principalmente, a que se consideran zonas con potencial óptimo. Esto implica que la distribución identificada con el método de densidad Kernel, es más amplia aunque solamente se limita a ubicación de los sitios con presencia de la especie.

3.3 ZONAS DE COINCIDENCIA

En la implementación de estrategias de manejo de *P. oocarpa*, es importante restringir el área de trabajo considerando tanto que se tiene constancia de la presencia esta

especie, como que se tienen condiciones óptimas para su desarrollo. Esto se identifico al sobreponer los resultados de ambas perspectivas (distribución actual y potencial), lo cual resulto en la ubicación de regiones coincidentes (Figura 3). Proporcionalmente esta integración implico en un coincidencia de ambas perspcetivas en un 18.5% de la superficie del estado de Jalisco, mientras que las áreas que representaron una sola perspectiva fue del 27.8%. El resto (53.5%) correspondio a la superficie del estado sin distribución (actual y/o poyebncial) de *P. oocarpa*.

Figura 2. a) Distribución y densidad de la distribución de *P. oocarpa* en Jalisco con la función de Kernel; b) Distribución potencial de *P. oocarpa* en Jalisco con Maxent.

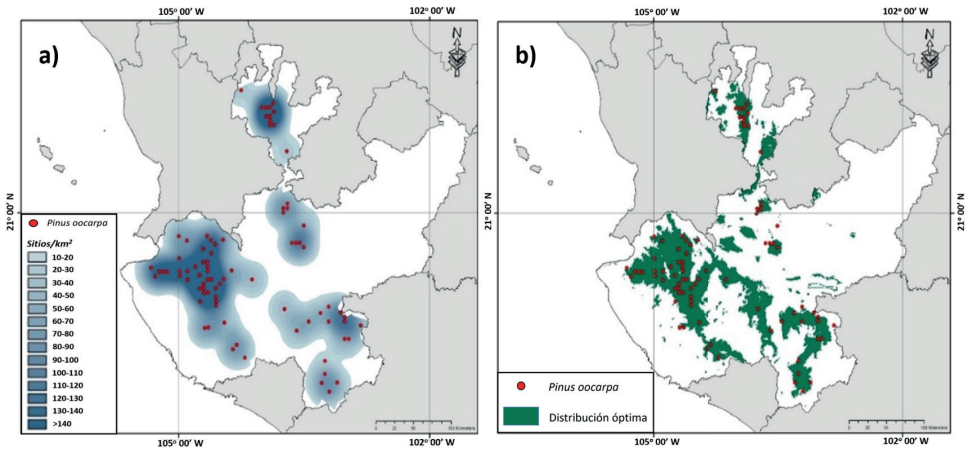
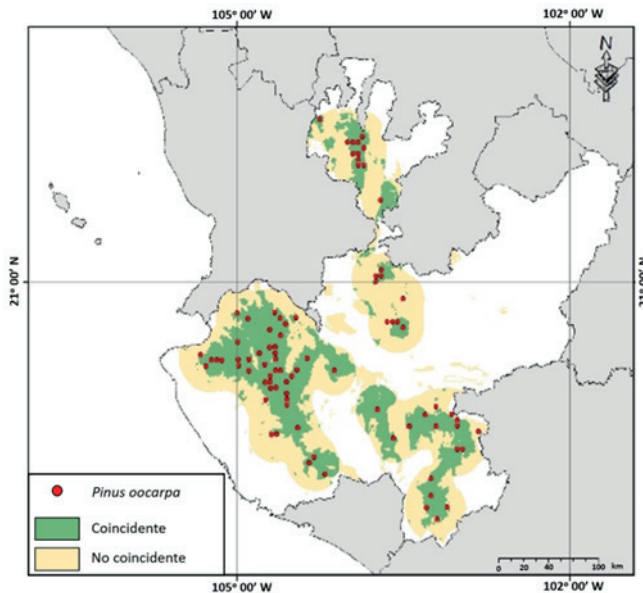


Figura 3. Zonas de distribución coincidente respecto a distribución potencial con Maxent y abundancia con el método de Kernel.



4 CONCLUSIÓN

Los modelos comparados ayudan a predecir la distribución geográfica de *P. oocarpa*, más aún, su uso integrado puede ayudar a definir la distribución de esta especie en zonas de mayor prioridad. En general, la información generada podrá usarse para orientar estrategias de restauración y/o fomento de la especie, de tal forma que se incrementa su posibilidad de éxito. No obstante, los resultados estarán supeditados a la cantidad y la calidad georreferenciada con la que se realicen los procesos ejecutados en este trabajo. Finalmente, es necesario llevar a cabo trabajo de validación en campo, para verificar los resultados y hacer las calibraciones necesarias.

REFERENCIAS

Aceves-Rangel, L.D., Méndez-González, J., García-Aranda, M.A. & Nájera-Luna, J.A. (2018). Distribución potencial de 20 especies de pinos en México. *Agrociencia*, 52:1043-1057.

Amatulli, G., Pérez-Cabello, F. & de la Riva, J. (2007). Mapping lightning/human caused wildfires occurrence under ignition point location uncertainty. *Ecological Modelling*, 200(3-4): 321-333. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2006.08.001

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2011). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Re-muestreo 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Zapopán, Jal., México. 140 p.

Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J.L., López-Mata, L., Martínez-Meyer, E. & Ortiz, E. (2014). Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(2), 187-201. <https://doi.org/10.5154/rchscfa.2013.09.034>

Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J. A. (2011). statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17, 43–57.

FAO (1973). Información sobre recursos genéticos forestales No.2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <https://www.fao.org/3/e4209s/E4209S00.htm#TOC>

Farjon, A., J.A. Pérez de la Rosa y B.T. Styles. (1997). Guía de campo de los Pinos de México y América central. Royal Botanic Garden y Universidad de Oxford. Richmond, Londres, Inglaterra. 151 p.

Fourcade, Y., Engler, J.O., Rödder, D. & Secondi, J. (2014). Mapping species distributions with MaxEnt using a geographically biased sample of presence data: A performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PLoS ONE*, 9, e97122.

Flores-Garnica, J.G. & Reyes-Cárdenas, O. (2019). Distribución espacial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. mediante la estimación de la densidad Kernel. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 20. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.406>

Flores-Rodríguez, A.G., Flores-Garnica, J.G., González-Eguiarte, D.R., Gallegos-Rodríguez, A., Zarazúa-Villaseñor, P., Mena-Mungía S. (2022). Variables ambientales que determinan la regeneración natural de pinos en ecosistemas alterados por incendios. *Ecología Aplicada*, 21(1), 25-33.

- Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. *Int. J. Climatol*, 37(12)4302-4315.
- Fielding A. & Bell J. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*. 1997;24(1):38-49. doi:10.1017/S0376892997000088
- Fuenzalida D., M., Cobs M., V. & Guerrero E., R. (2013). El territorio como unidad de análisis en estudios sobre las determinantes sociales de la salud. *Argos* 30(59): 87-106.
- Granados-Victorino, R.L., Granados-Sánchez, D. & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y bosques*, 21(2), 23-42. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.212443>
- Hanley, J.A. & McNeil, B.J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*,143, 29–36.
- Hernández-Herrera, J.A., Moreno-Reséndez, A., Valenzuela-Núñez, L.M., Martínez-Salvador, M. (2019). Modelación de la presencia de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc mediante propiedades físicas y químicas del suelo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18):499-511.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2017). Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala. INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. 2017. Pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl); paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB 40 p.
- Kigen, G.K., Ronoh, H.K., Kipkore, W.K. & Rotich, J.K. (2013). Current trends of traditional herbal medicine practice in Kenya: A review. *African Journal of Pharmacology and Therapeutics*, 2(1): 32-37.
- López-Hernández, M.I., Cerano-Paredes, J., Valencia-Manzo, S., Cornejo-Oviedo, E.H., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R. & Esquivel-Arriaga, G. (2018). Respuesta del crecimiento de *Pinus oocarpa* a variables climáticas en Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1580-1596. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32663>
- Mateo, R.G., Felicísimo, A.M. & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84:217-240.
- Míguez-Gutiérrez, A., Castillo, J., Márquez, J., Goyenechea, I. (2013). Biogeografía de la Zona de Transición Mexicana con base en un análisis de árboles reconciliados. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84: 215-224, 2013 <https://doi.org/10.7550/rmb.32119>
- Mirov, N.T. (1955). Composición de las trementinas de los pinos mexicanos. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/x5373s/x5373s06.htm> (4 de abril de 2018).
- Niembro Rocas, A. (1986) Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México D.F.
- Orozco-Gutiérrez, G., Flores-Garnica, J.G. & Ramírez-Ojeda, G. (2023). Determinación de la distribución potencial de bambú *Guadua inermis* en México. e-CUCBA. 19(10). <https://doi.org/10.32870/ecucba.v19.269>
- Perry, Jr. J.P. (1991). The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Inc., Portland, OR USA. 231 p.
- Phillips, S. & Dudik, M. (2008). Modeling of species distribution with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31:161-175.

- Phillips, S., Anderson, R. & Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259.
- Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J.J. & López-Upton J. (2005). Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana* 72: 1-16.
- Ramírez-Ojeda, G., Rodríguez-Pérez, J. E., Rodríguez-Guzmán, E. Sahagún-Castellanos, J. Luis Chávez-Servia, J., Peralta, I. E. & Barrera-Guzmán, L.Á. (2022). Distribution and Climatic Adaptation of Wild Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Populations in Mexico. *Plants*, 11(15), 2007; <https://doi.org/10.3390/plants11152007>
- Salvati, L. & Ferrara, A. (2015). Profiling agro-forest landscape types at the wildland–urban interface: an exploratory analysis. *Agroforestry Systems* 89(2): 291–303.
- Sánchez-González, J., Ruiz-Corral, J.A., García-Medina, G., Ramírez-Ojeda, G., Larios, L.D.L.C. & Holland, J.B. (2018). Ecogeography of teosinte. *PLoS ONE*, 13, e0192676.
- Silverman, B.W. (1986.) Density estimation for statistics and data analysis. Chapman and Hall. London, England. 175 p.
- Trabuco, A. & Zomer, R.J. (2010). Global high-resolution soil-water balance | CGIAR-CSI [Map]. Retrieved from <http://www.cgiar-csi.org/data/global-high-resolution-soil-water-balance>
- Turlach, B.A. (1999). Bandwidth selection in kernel density estimation: A review. Institut de Statistique Université Catholique de Louvain. Belgium. 33 p.
- Villanueva-Díaz, J., Rubio-Camacho, E.A., Chávez-Durán, A.A., Zavala-Aguirre, J.L., Cerano-Paredes, J. & Martínez-Sifuentes, A.R. (2018). Respuesta climática de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schetol en el Bosque La Primavera, Jalisco. *Madera y Bosques*, 24, e2411464. <http://doi:10.21829/myb.2018.2411464>

CAPÍTULO 6

LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Pinus oocarpa*: UN RECURSO CLAVE PARA SU MEJORAMIENTO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE RESINA

Data de submissão: 01/03/2025

Data de aceite: 21/03/2025

Miguel Ángel Vallejo Reyna

Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de los Ecosistemas
Forestales (Cenid Comef)
Coyoacán, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-2853-5504>

Mario Valerio Velasco García

Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de los Ecosistemas
Forestales (Cenid Comef)
Coyoacán, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0001-8347-0523>

Viridiana Aguilera Martínez

Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM)
Facultad de Ciencias
Coyoacán, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0009-0002-4841-7027>

Hilda Méndez Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de los Ecosistemas
Forestales (Cenid Comef)
Coyoacán, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0009-0001-2547-0063>

Liliana Muñoz Gutiérrez

Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de los Ecosistemas
Forestales (Cenid Comef)
Coyoacán, Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0001-5207-7665>

Martín Gómez Cárdenas

Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro de Investigación Regional del
Pacífico Central (CIRPAC)
Uruapan, Michoacán, México
<https://orcid.org/0000-0003-2765-957X>

Adán Hernández Hernández

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Centro de Investigación Regional del
Pacífico Sur (CIRPAS)
Villa de Etla, Oaxaca, México
<https://orcid.org/0000-0001-5292-0237>

RESUMEN: La diversidad genética es un factor clave para la conservación y mejoramiento de *Pinus oocarpa* Schiede, una de las especies más importantes para la producción de resina en México y Centroamérica. En este estudio, se analizaron árboles seleccionados por su alta producción de resina para determinar si la selección ha afectado su variabilidad genética. Los resultados muestran que la diversidad genética sigue siendo alta y que la mayor parte de esta variabilidad se encuentra dentro de cada población, lo que indica que los árboles seleccionados aún conservan una amplia capacidad de adaptación. Además, se identificaron dos grandes grupos genéticos asociados a su distribución geográfica, lo que sugiere que los programas de mejoramiento deberían considerar estas diferencias para garantizar que los árboles mejorados mantengan sus características adaptativas. La selección de árboles más productivos no ha reducido la diversidad genética, lo que abre la posibilidad de incrementar la producción de resina sin comprometer la sostenibilidad de la especie. Estos hallazgos refuerzan la importancia de diseñar estrategias de mejoramiento que equilibren la productividad con la conservación de la variabilidad genética, asegurando que *P. oocarpa* continúe siendo una especie resiliente y económicamente viable en el largo plazo.

PALABRAS CLAVE: Diversidad genética. Mejoramiento genético forestal. Producción de resina. *Pinus oocarpa*.

THE GENETIC DIVERSITY OF *Pinus oocarpa*: A KEY RESOURCE FOR ITS IMPROVEMENT AND SUSTAINABLE RESIN PRODUCTION

ABSTRACT: Genetic diversity is a key factor in the conservation and improvement of *Pinus oocarpa* Schiede, one of the most important species for resin production in Mexico and Central America. In this study, trees selected for their high resin yield were analyzed to determine whether selection has affected their genetic variability. The results show that genetic diversity remains high and that most of this variability is found within each population, indicating that the selected trees still retain a broad adaptive capacity. Additionally, two major genetic groups were identified, associated with their geographic distribution. This suggests that breeding programs should consider these differences to ensure that improved trees maintain their adaptive traits. The selection of high-yielding trees has not reduced genetic diversity, opening the possibility of increasing resin production without compromising the species' sustainability. These findings highlight the importance of designing breeding strategies that balance productivity with the conservation of genetic variability, ensuring that *P. oocarpa* remains a resilient and economically viable species in the long term.

KEYWORDS: Genetic diversity. Forest genetic improvement. Resin production. *Pinus oocarpa*.

1 INTRODUCCIÓN

La diversidad genética es clave para la supervivencia y adaptación de los árboles forestales, ya que les permite resistir cambios en el ambiente y mantenerse saludables a lo largo del tiempo (Chung et al., 2020). Cuando una población de árboles es genéticamente diversa, sus individuos tienen diferentes capacidades para tolerar variaciones en el clima,

resistir enfermedades y adaptarse a nuevas condiciones ambientales (Kahilainen et al., 2014). Además, esta diversidad influye en la regeneración de los bosques, la productividad de los ecosistemas y la resistencia a plagas, asegurando su estabilidad y sostenibilidad (Wehenkel et al., 2017).

Sin embargo, la actividad humana ha impactado esta diversidad en muchos bosques. La deforestación, la fragmentación del hábitat, la explotación comercial de especies y la introducción de especies foráneas han cambiado la composición genética de muchas poblaciones de árboles (Ledig, 1992). Además, las prácticas de manejo forestal pueden reducir la variabilidad genética si no se implementan con estrategias de conservación adecuadas. Por ejemplo, seleccionar repetidamente árboles con ciertas características deseadas puede llevar a la disminución de la diversidad genética y afectar la capacidad de las poblaciones para adaptarse a cambios futuros (Finkeldey & Ziehe, 2004).

Para evitar estos efectos negativos, el mejoramiento genético forestal busca equilibrar la selección de árboles con características comerciales valiosas sin comprometer la diversidad genética (Hubert & Lee, 2005). A través de programas de selección, se identifican y propagan individuos con atributos deseables, como mayor producción de resina o mejor calidad de madera (White et al., 2007). Sin embargo, si este proceso no se gestiona correctamente, con el tiempo puede reducir la variabilidad genética, limitando la capacidad de adaptación de la especie (Kang et al., 2001).

En este contexto, los huertos semilleros juegan un papel crucial. Estos espacios se destinan a la producción de semillas mejoradas para la reforestación y el establecimiento de nuevas plantaciones comerciales (Zobel & Talbert, 1988). Sin embargo, en ocasiones estos huertos solo contienen una parte de la diversidad genética de la especie, lo que puede generar árboles con características repetitivas y menor capacidad de adaptación (Wehenkel et al., 2017). En México, estudios sobre *Pinus patula* han demostrado que los huertos semilleros asexuales tienden a tener menor diversidad genética en comparación con los huertos sexuales, donde se mantiene una mayor variabilidad (Méndez-Neri et al., 2020).

Entre las especies de pinos más importantes de México y Centroamérica se encuentra *Pinus oocarpa* Schiede, ampliamente utilizado para la producción de resina (Dvorak et al., 2009). Esta especie destaca por su alto rendimiento en la producción resinera, lo que ha impulsado su aprovechamiento y comercialización (Quiroz & Magaña, 2015). En México, los esfuerzos para mejorar genéticamente *P. oocarpa* iniciaron en 2010, con el propósito de incrementar la producción de madera y resina a través de la selección de árboles de alto rendimiento (Reyes-Ramos et al., 2019). En 2019, estos

programas se expandieron para incluir la selección de árboles con mayor producción de resina y el establecimiento de huertos semilleros en distintas regiones del país (Romero-Sanchez et al., 2022).

Para que estos programas sean sostenibles, es fundamental evaluar la diversidad genética de los árboles seleccionados. Una selección mal gestionada puede generar árboles con menor capacidad de adaptación y reducir la variabilidad genética disponible en la población (Rajora et al., 2000). En otros estudios con coníferas se ha observado que la selección intensiva puede ocasionar una pérdida de diversidad genética, afectando la resistencia a enfermedades y el rendimiento de las plantaciones (Kang et al., 2001). Sin embargo, algunos trabajos han demostrado que si la selección se realiza correctamente, se pueden mantener niveles adecuados de variabilidad genética sin afectar la productividad de los árboles (El-Kassaby & Ritland, 1996).

El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad genética de árboles de *P. oocarpa* seleccionados en bosques naturales por su alta producción de resina. Se buscó determinar si la selección de los árboles más productivos ha reducido la variabilidad genética en comparación con las poblaciones naturales. Los resultados permitirán diseñar estrategias para mejorar la productividad de la especie sin comprometer su capacidad de adaptación y su diversidad genética a largo plazo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, fue necesario seleccionar árboles de *Pinus oocarpa* con alta producción de resina en diferentes regiones de México. En 2019, se identificaron tres poblaciones naturales ubicadas en San José de Cañas, Michoacán; San Gabriel Cuentla, Estado de México; y Santo Domingo Coatlán, Oaxaca. La selección de los árboles se realizó de manera diferente según las condiciones de cada zona. En Michoacán y el Estado de México, se trabajó en conjunto con recolectores de resina, quienes, basándose en su experiencia, señalaron los árboles con mayor producción (Vallejo-Reyna et al., 2024). En Oaxaca, donde no se practicaba la recolección de resina en ese momento, se aplicó un método basado en características visuales y mediciones previas para identificar ejemplares con alto potencial productivo (Vallejo-Reyna et al., 2024).

Una vez seleccionados los árboles, se recolectaron muestras de sus hojas, conocidas como acículas, durante la temporada de crecimiento activo (Vallejo-Reyna et al., 2024). Esto garantizó que las muestras estuvieran en óptimas condiciones para su análisis. Para evitar su deterioro, las acículas fueron almacenadas en frío y transportadas al laboratorio, donde se conservaron a temperaturas muy bajas hasta su procesamiento.

En el laboratorio, las muestras fueron trituradas para extraer el ADN de los árboles y se aplicaron técnicas especializadas para purificarlo y asegurarse de que estuviera libre de contaminantes (Vallejo-Reyna et al., 2024).

Con el ADN obtenido, se realizaron pruebas de laboratorio para analizar la información genética de los árboles. Se amplificaron fragmentos específicos del ADN utilizando una técnica llamada PCR, que permite obtener muchas copias de ciertas regiones del material genético (Vallejo-Reyna et al., 2024). Estas regiones fueron seleccionadas porque contienen variaciones que permiten estudiar la diversidad genética entre los árboles analizados. Posteriormente, los fragmentos amplificados fueron procesados mediante un equipo de alta precisión que permite comparar el ADN de diferentes individuos y detectar similitudes y diferencias entre ellos (Vallejo-Reyna et al., 2024).

Para interpretar los resultados, se utilizó un conjunto de herramientas informáticas que permiten analizar la diversidad genética dentro y entre las poblaciones estudiadas. Se calcularon diversos parámetros que ayudan a entender cuánta variabilidad genética existe en cada población y si hay diferencias significativas entre ellas (Vallejo-Reyna et al., 2024). Además, se realizaron análisis estadísticos que permitieron identificar patrones de agrupamiento entre los árboles, determinando si existen similitudes genéticas entre individuos de una misma región o si algunas poblaciones presentan características genéticas únicas (Vallejo-Reyna et al., 2024).

En conjunto, estas técnicas permitieron evaluar la diversidad genética de los árboles seleccionados y su relación con la producción de resina, proporcionando información valiosa para diseñar estrategias de mejoramiento genético que permitan aumentar la productividad sin comprometer la variabilidad genética de la especie.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de la diversidad genética en los árboles seleccionados de *Pinus oocarpa* reveló que estos conservan una amplia variedad de características genéticas. Esta diversidad es clave para garantizar que la especie pueda seguir adaptándose a distintos cambios en el ambiente, como variaciones en el clima o la presencia de nuevas enfermedades (Dvorak et al., 2009). La selección de los árboles con mayor producción de resina no parece haber reducido significativamente su diversidad genética, lo cual es una buena señal para el mejoramiento forestal, pues significa que es posible aumentar la producción sin comprometer la capacidad de adaptación de la especie.

Se encontró que algunas regiones mostraban una mayor diversidad genética que otras. Por ejemplo, los árboles del Estado de México presentaron una mayor variedad

genética, mientras que en Oaxaca y Michoacán esta diversidad fue ligeramente menor. Esto puede estar relacionado con el manejo que han recibido los bosques en cada zona. En lugares donde los árboles han crecido con menos intervención humana y han podido intercambiar material genético de forma natural, la diversidad tiende a ser más alta. Esto refuerza la importancia de conservar áreas forestales saludables para evitar que las poblaciones pierdan su capacidad de adaptación (Delgado Valerio et al., 2018).

Desde la perspectiva del mejoramiento forestal, es fundamental que la selección de árboles con características deseables no reduzca la diversidad genética. En este estudio, la variabilidad observada indica que la selección de árboles no ha afectado negativamente la genética de la población, al menos en esta primera etapa. Sin embargo, es importante seguir monitoreando estos cambios en futuras generaciones para evitar que, con el tiempo, los árboles seleccionados sean demasiado similares entre sí, lo que podría hacerlos más vulnerables a enfermedades o cambios ambientales (El-Kassaby & Ritland, 1996).

Otro hallazgo importante fue que la mayor parte de la diversidad genética de la especie se encuentra dentro de cada población, más que entre las regiones estudiadas. Es decir, aunque existen algunas diferencias entre los árboles de Michoacán, Estado de México y Oaxaca, dentro de cada región hay una gran variabilidad genética. Esto significa que los programas de mejoramiento pueden enfocarse en conservar y aprovechar la diversidad dentro de cada zona sin necesidad de recurrir a material genético de otras regiones (Dvorak et al., 2009).

El análisis de relaciones genéticas mostró que los árboles de Oaxaca forman un grupo distinto al de los árboles de Michoacán y Estado de México. Esto sugiere que han existido barreras naturales que han limitado el intercambio de material genético entre estas poblaciones. Una posible explicación es que la Depresión del Río Balsas ha actuado como una barrera geográfica que ha impedido la mezcla de poblaciones, permitiendo que los árboles de Oaxaca evolucionen de manera diferente a los de las otras regiones (Anguiano-Constante et al., 2021). Para los programas de mejoramiento, esto implica que sería recomendable desarrollar estrategias específicas para cada una de estas regiones en lugar de tratarlas como una sola unidad.

Un aspecto clave para la producción de resina es que los árboles seleccionados no solo mantienen una alta diversidad genética, sino que también han mostrado buenos niveles de productividad. Esto es importante porque indica que es posible mejorar la producción sin comprometer la variabilidad genética de la especie. En otros estudios se ha observado que cuando la selección es muy intensa, puede reducir la diversidad

y aumentar la presencia de características desfavorables, como menor resistencia a enfermedades o menor tolerancia a condiciones ambientales adversas (El-Kassaby & Ritland, 1996; Kang et al., 2001). En este caso, los resultados sugieren que la selección ha sido equilibrada, permitiendo obtener árboles más productivos sin perder su capacidad de adaptación.

En términos de la relación entre los árboles seleccionados y sus poblaciones originales, no se encontraron grandes diferencias en la composición genética. Esto significa que los árboles con mayor producción de resina no forman un grupo aislado dentro de la población, sino que siguen representando bien la diversidad de la especie (Dvorak et al., 2009). Este es un hallazgo positivo, ya que en otros programas de mejoramiento genético se ha observado que la selección recurrente puede reducir la diversidad genética con el tiempo, haciendo que las nuevas generaciones de árboles sean más homogéneas y, por lo tanto, menos adaptables a cambios ambientales (White et al., 2007).

Para garantizar que la diversidad genética se conserve en futuras generaciones, es importante establecer estrategias adecuadas en los programas de mejoramiento. Una alternativa es combinar diferentes tipos de huertos semilleros: los huertos semilleros asexuales permiten obtener árboles mejorados en menor tiempo, mientras que los huertos semilleros sexuales pueden mantener una mayor diversidad genética a largo plazo (Zobel & Talbert, 1988). Además, es recomendable seleccionar árboles de diferentes ambientes y condiciones climáticas para asegurar que la variabilidad genética siga siendo alta y que los árboles puedan adaptarse mejor a diferentes condiciones de crecimiento (Rajčević et al., 2019).

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de considerar la diversidad genética como un factor clave en el mejoramiento de *P. oocarpa* para la producción de resina. La variabilidad genética observada en los árboles seleccionados es una ventaja para los programas de mejoramiento, ya que permite continuar con estrategias de mejora sin comprometer la adaptabilidad de la especie. A medida que avance el programa, será fundamental seguir monitoreando la diversidad genética para asegurar que los beneficios obtenidos en términos de productividad no impliquen una pérdida de capacidad de adaptación (Li et al., 2019).

4 CONCLUSIONES

Los árboles de *Pinus oocarpa* seleccionados por su alta producción de resina mantienen una diversidad genética significativa, lo que permite continuar con programas de mejoramiento sin comprometer su capacidad de adaptación. La mayor parte de esta

diversidad se encuentra dentro de cada población, lo que resalta la importancia de conservar y manejar adecuadamente los bosques donde crecen estos árboles.

El hecho de que la selección de árboles con mayor producción de resina no haya reducido la diversidad genética indica que es posible mejorar la productividad sin afectar negativamente la variabilidad de la especie. Esto es clave para garantizar que las nuevas generaciones de árboles sean resistentes a enfermedades y cambios ambientales.

Los resultados también muestran que las poblaciones estudiadas se agrupan en dos grandes grupos genéticos según su ubicación geográfica. Esto sugiere que los programas de mejoramiento deberían diseñarse considerando estas diferencias, asegurando que los árboles seleccionados conserven sus características adaptativas propias de cada región.

Conocer la diversidad genética de los árboles seleccionados es fundamental para tomar decisiones informadas en el proceso de mejoramiento. Con esta información, se pueden diseñar estrategias que permitan mantener una alta variabilidad genética mientras se incrementa la producción de resina, asegurando la sostenibilidad de los bosques y los beneficios económicos a largo plazo.

REFERENCIAS

Anguiano-Constante, M. A., Zamora-Tavares, P., Ruiz-Sanchez, E., Dean, E., Rodríguez, A., & Munguía-Lino, G. (2021). Population differentiation and phylogeography in *Lycianthes moziniana* (Solanaceae: Capsiceae), a perennial herb endemic to the Mexican Transition Zone. *Biological Journal of the Linnean Society*, 132(2). <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa198>

Chung, M. Y., Son, S., Herrando-Moraira, S., Tang, C. Q., Maki, M., Kim, Y. D., López-Pujol, J., Hamrick, J. L., & Chung, M. G. (2020). Incorporating differences between genetic diversity of trees and herbaceous plants in conservation strategies. *Conservation Biology*, 34(5). <https://doi.org/10.1111/cobi.13467>

Delgado Valerio, P., Núñez Medrano, J., Rocha Granados, Ma. C., & Muñoz Flores, H. J. (2018). VARIACIÓN GENÉTICA DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE PINO ESTABLECIDAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(18). <https://doi.org/10.29298/rmcfv4i18.393>

Dvorak, W. S., Potter, K. M., Hipkins, V. D., & Hodge, G. R. (2009). Genetic Diversity and Gene Exchange in *Pinus oocarpa*, a Mesoamerican Pine with Resistance to the Pitch Canker Fungus (*Fusarium circinatum*). <https://doi.org/10.1086/597780>, 170(5), 609–626. <https://doi.org/10.1086/597780>

El-Kassaby, Y. A., & Ritland, K. (1996). Impact of selection and breeding on the genetic diversity in Douglas-fir. *Biodiversity and Conservation*, 5(6), 795–813. <https://doi.org/10.1007/BF00051787>/ METRICS

Finkeldey, R., & Ziehe, M. (2004). Genetic implications of silvicultural regimes. *Forest Ecology and Management*, 197(1–3), 231–244. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2004.05.036>

Hubert, J., & Lee, S. (2005). A review of the relative roles of silviculture and tree breeding in tree improvement: The example of Sitka spruce in Britain and possible lessons for hardwood breeding. In *Forestry* (Vol. 78, Issue 2). <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi011>

- Kahilainen, A., Puurtinen, M., & Kotiaho, J. S. (2014). Conservation implications of species-genetic diversity correlations. In *Global Ecology and Conservation* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.10.013>
- Kang, K. S., Lindgren, D., & Mullin, T. J. (2001). Prediction of genetic gain and gene diversity in seed orchard crops under alternative management strategies. *Theoretical and Applied Genetics*, 103(6–7), 1099–1107. <https://doi.org/10.1007/S001220100700/METRICS>
- Ledig, F. T. (1992). Human Impacts on Genetic Diversity in Forest Ecosystems. *Oikos*, 63(1). <https://doi.org/10.2307/3545518>
- Li, Y., Klápště, J., Telfer, E., Wilcox, P., Graham, N., MacDonald, L., & Dungey, H. S. (2019). Genomic selection for non-key traits in radiata pine when the documented pedigree is corrected using DNA marker information. *BMC Genomics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6420-8>
- Méndez-Neri, M., Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J. J., Martínez-Trinidad, T., López-Upton, J., & López, P. A. (2020). DIVERSIDAD GENÉTICA EN DOS HUERTOS SEMILLEROS DE *Pinus patula* SCHIEDE ex SCHLTDL. et CHAM. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1). <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.113>
- Quiroz, J., & Magaña, M. (2015). Natural resins of Mexican plant species: current and potential end-uses. *Madera y Bosques*, 21(3).
- Rajčević, N., Nikolić, B., & Marin, P. D. (2019). Different responses to environmental factors in terpene composition of *pinus heldreichii* and *P. peuce*: Ecological and chemotaxonomic considerations. *Archives of Biological Sciences*, 71(4). <https://doi.org/10.2298/ABS190705045R>
- Rajora, O. P., Rahman, M. H., Buchert, G. P., & Dancik, B. P. (2000). Microsatellite DNA analysis of genetic effects of harvesting in old-growth eastern white pine (*Pinus strobus*) in Ontario, Canada. *Molecular Ecology*, 9(3). <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2000.00886.x>
- Reyes-Ramos, A., León, J. C. de, Martínez-Palacios, A., Lobit, P. C. M., Ambríz-Parra, J. E., & Sánchez-Vargas, N. M. (2019). Ecological and dendrometric characters in which influence resin production of *pinus oocarpa* of michoacán, mexico. *Madera y Bosques*, 25(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511414>
- Romero-Sanchez, M. E., Velasco-Garcia, M. V., Perez-Miranda, R., Velasco-Bautista, E., & Gonzalez-Hernandez, A. (2022). Different Modelling Approaches to Determine Suitable Areas for Conserving Egg-Cone Pine (*Pinus oocarpa* Schiede) Plus Trees in the Central Part of Mexico. *Forests*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/f13122112>
- Vallejo-Reyna, M. Á., Velasco-García, M. V., Aguilera-Martínez, V., Méndez-Sánchez, H., Muñoz-Gutiérrez, L., Gómez-Cárdenas, M., & Hernández-Hernández, A. (2024). Genetic Diversity and Structure of Higher-Resin Trees of *Pinus oocarpa* Schiede in Mexico: Implications for Genetic Improvement. *Forests*, 15(12), 2250. <https://doi.org/10.3390/F15122250/S1>
- Wehenkel, C., Mariscal-Lucero, S. del R., Jaramillo-Correa, J. P., López-Sánchez, C. A., Vargas-Hernández, J. J., & Sáenz-Romero, C. (2017). *Genetic Diversity and Conservation of Mexican Forest Trees* (pp. 37–67). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66426-2_2
- White, T. L., Adams, W. T., & Neale, D. B. (2007). Forest genetics. In *Forest genetics*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845932855.0000>
- Zobel, B., & Talbert, J. (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de arboles forestales*. Limusa.

CAPÍTULO 7

STUDY OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF FIVE TROPICAL WOOD SPECIES

Data de submissão: 07/03/2025

Data de aceite: 14/03/2025

Guadalupe Olvera-Licona

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental San Martinito
Tlahuapan, Puebla, México
<http://orcid.org/0000-0003-3411-2644>

José Amador Honorato-Salazar

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental San Martinito
Tlahuapan, Puebla, México
<https://orcid.org/0000-0001-9436-5438>

Flora Apolinar-Hidalgo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental San Martinito
Tlahuapan, Puebla, México
<https://orcid.org/0000-0002-6916-7592>

ABSTRACT: Several factors, including density and moisture content, influence wood shrinkage. In general, higher density is associated with more significant shrinkage. In addition to being a physical characteristic of economic and ecological interest, density

determines the value and utility of wood. It is highly correlated with mechanical strength, stiffness, thermal conductivity and specific heat properties. This study determined basic density, anisotropy ratio, and linear and volumetric shrinkage in wood from five tropical species. The average basic density values obtained were: *Dendropanax arboreus* (0.50 g/cm³), *Lonchocarpus castilloi* (0.68 g/cm³), *Manilkara zapota* (0.84 g/cm³), *Swartzia cubensis* (0.72 g/cm³) and *Swietenia macrophylla* (0.50 g/cm³). Regarding the total volumetric shrinkage, *S. macrophylla* presented the lowest value (12.46 %), while *S. cubensis* showed the highest shrinkage (16.74 %). In general, the values obtained for the physical properties of the wood were consistent with those reported in the literature.

KEYWORDS: Anisotropy ratio. Density. Shrinkage.

1 INTRODUCTION

Wood is a hygroscopic material that absorbs and releases moisture depending on environmental conditions. The moisture exchange between wood and air depends on relative humidity, temperature, and water content in the wood, which significantly influences its physical properties and performance. Many of the challenges in its use as an engineering material stem from

changes in its moisture content or excessive water accumulation in its structure (Glass and Zelinka, 2021).

The dimensional movement of wood varies in each of its principal axes. With a change in moisture content, the variation in the radial direction is approximately 10 times greater than in the longitudinal direction, and in the tangential direction, up to 20 times greater (Suchsland, 2004). The shrinkage of wood is influenced by various factors, such as density, moisture content, and the size and shape of the piece. In general, the higher the density, the greater the shrinkage.

Density is a key trait of wood, as it determines its value and utility and is highly correlated with properties such as mechanical strength, stiffness, thermal conductivity and specific heat (Gutiérrez *et al.*, 2010; Ordóñez-Díaz *et al.*, 2015; Pompa-García *et al.*, 2021). Its study is essential due to its variability and dependence on multiple factors. In addition, it is an indicator of carbon storage in forest ecosystems and a relevant parameter in both economic and ecological terms, as it influences the strength, durability and aesthetics of the manufactured products (Aryal *et al.*, 2022; Pompa-García and Venegas-González, 2016).

Knowledge of wood density is essential for efficient use in forest production and management (Silva *et al.*, 2010; Goche *et al.*, 2011). In this context, the present study aimed to determine the basic density, anisotropy ratio and linear and volumetric shrinkage of the wood of *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. et. Planch., *Lonchocarpus castilloi* Standl., *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Swartzia cubensis* (Britton & Wilson) Standl. and *Swietenia macrophylla* King.

2 MATERIALS AND METHODS

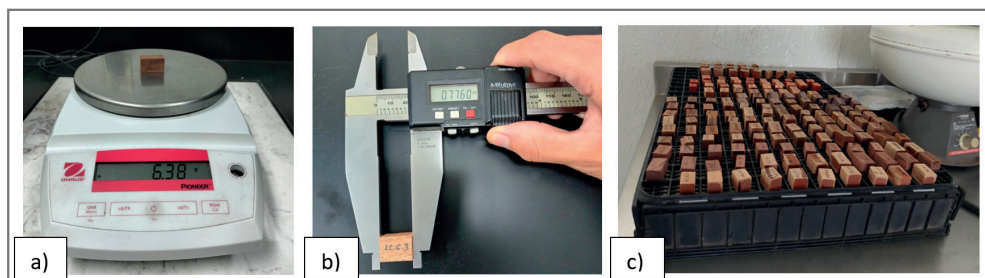
Wood samples of *Dendropanax arboreus* were collected in Las Margaritas, municipality of Hueytamalco, Puebla, and samples of *Lonchocarpus castilloi*, *Manilkara zapota*, *Swietenia macrophylla* and *Swartzia cubensis* came from the ejidos Tres Garantías and Caoba, in Othón P. Blanco, Quintana Roo, as well as from the ejido Nuevo Becal, in Calakmul, Campeche (Figure 1).

Figure 1. Location of the sites of origin of the samples.



Test samples of approximately $2 \times 2 \times 2$ cm were prepared for each species and origin. These were placed in a desiccator with distilled water and subjected to a vacuum until saturation. The saturated volume of each cube was determined by water displacement on an analytical balance (ASTM, 2015), while its dimensions were measured in the longitudinal, tangential and radial directions with a digital vernier calliper with a precision of ± 0.01 mm. The specimens were then left to dry at room temperature in the laboratory. They were repeatedly weighed until a constant weight was reached, thus allowing the evaluation of the equilibrium moisture content (Figure 2).

Figure 2. a) Determination of the weight of the test pieces on an analytical balance, b) Measurement of dimensions with a digital vernier, c) Conditioning of the test pieces in the laboratory at room temperature.



Finally, the test pieces were dried in an oven at 103 ± 2 °C for 48 hours and then placed in a desiccator with silica gel for 15 minutes. The weight and dimensions in an

anhydrous state were recorded to calculate the moisture content in a saturated and equilibrium state using the following equation:

$$MC(\%) = \frac{W_i - W_o}{W_o} \times 100$$

Where:

MC = Moisture content (%)

W_i = Initial weight of the sample (g)

W_o = Weight in the anhydrous state of the test piece (g)

The wood's basic density (B_d) was calculated as the ratio between the anhydrous weight and the saturated volume of each cube.

$$B_d = \frac{W_o}{V_v}$$

Where:

B_d = Basic density (g/cm³)

W_o = Anhydrous weight (g)

S_v = Saturated volume (cm³)

Total shrinkage and anisotropy ratio were determined with the following expressions according to Suchsland (2004):

$$TLs(\%) = \frac{\text{Dimension change } (T, R, L)}{\text{Initial dimension}} \times 100$$

$$Vs(\%) = 100[1 - (1 - 0.01 Ts)(1 - 0.01 Rs)(1 - 0.01 Ls)]$$

$$ANR = \frac{Ts}{Rs}$$

Where:

TLs = Total linear shrinkage (%)

Vs = Total volumetric shrinkage (%)

ANR = Anisotropy ratio

T, R, L = Tangential, radial and longitudinal direction

Ts, Rs, Ls = Total tangential, radial and longitudinal shrinkage

The data obtained were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and a Tukey test for comparing means with a significance level of $\alpha = 0.05$, using the SAS statistical program (SAS, 2000).

3 RESULTS AND DISCUSSION

The average initial moisture content for the five species studied ranged from a minimum of 55.7% in *Manilkara zapota* to a maximum of 127.9% in *Dendropanax arboreus*, while the average equilibrium moisture content varied from 7.0% in *D. arboreus* to 8.1% in *M. zapota*.

The ANOVA results showed significant differences between species ($p < 0.05$) in all the physical properties analysed: basic density, linear and volumetric shrinkage, and the anisotropy ratio.

Basic density is a key property in economically interesting wood species, since it influences their dimensional stability, which is directly related to shrinkage. The wood with the highest density was *M. zapota* (0.84) and the lowest density was *D. arboreus* (0.50) and *Swietenia macrophylla* (0.50). Intermediate density values were obtained in *Swartzia cubensis* (0.72) and *Lonchocarpus castilloi* (0.68). Figure 3 shows the variation in basic densities obtained for each species, and the average values are summarised in Table 1.

Figure 3. Basic density of the wood of the species studied.

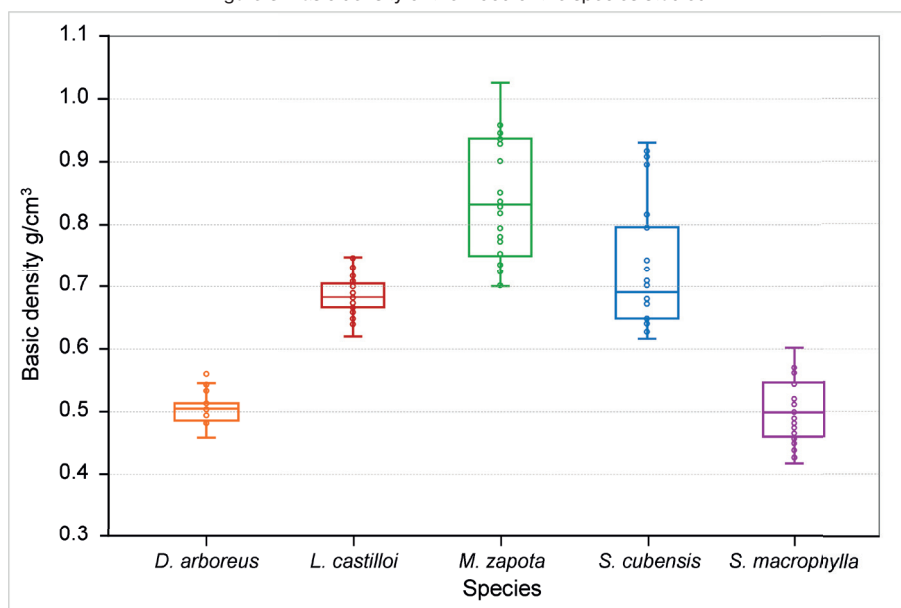


Table 1. Average values of basic density, linear, radial, tangential and longitudinal shrinkage.

Species	Basic density (g/cm ³)	Linear shrinkage (%)		
		Radial	Tangential	Longitudinal
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.50±0.023 ^{cf}	7.43±2.959 ^d	9.18±4.978 ^{cd}	0.79±0.879 ^d
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	0.68±0.038 ^b	4.70±1.597 ^b	7.43±2.763 ^b	0.86±0.504 ^c
<i>Manilkara zapota</i>	0.84±0.097 ^{ae}	6.47±2.974 ^{ad}	9.12±2.894 ^{cd}	0.66±0.524 ^{ac}
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.50±0.049 ^c	4.86±1.812 ^b	7.05±0.949 ^{ae}	1.30±0.811 ^{ef}
<i>Swartzia cubensis</i>	0.72±0.098 ^b	8.22±1.652 ^{ab}	10.15±2.408 ^{bc}	0.80±0.487 ^{ac}

^sStandard deviation. Values with the same letter are not significantly different (p < 0.05).

Table 2. Average values of total volumetric shrinkage and anisotropy ratio.

Species	Volumetric shrinkage (%)	Anisotropy ratio
<i>Dendropanax arboreus</i>	15.19±1.287 ^b	1.89±0.281 ^a
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	13.98±1.805 ^{ac}	1.58±0.776 ^c
<i>Manilkara zapota</i>	16.08±2.251 ^{bd}	1.40±0.746 ^{dc}
<i>Swietenia macrophylla</i>	12.44±1.693 ^{ac}	1.45±0.338 ^{dc}
<i>Swartzia cubensis</i>	16.65±1.739 ^b	1.23±0.328 ^c

^sStandard deviation. Values with the same letter are not significantly different (p < 0.05).

The average basic density values obtained for *Dendropanax arboreus* were higher than those reported by Torelli and Gorišek (1995), and by Martínez *et al.* (2001), who found a respective average basic density of 0.42 and 0.44 g/cm³. Regarding the contractions, the average values reported by these authors are lower than those of this study, both in radial contraction (4.74%, 4.14%) and volumetric contraction (13.47%, 11.17%). In tangential contraction, the values obtained by Torelli and Gorišek (1995) were higher (9.16%), while Martínez *et al.* (2001) found lower contractions (7.0%). The anisotropy ratio was lower than that indicated by Torelli and Gorišek (1995) (1.93), but higher than the value determined by Martínez *et al.* (2001). The current study's higher density and volumetric shrinkage suggest that wood is more prone to dimensional changes, which may influence its industrial use.

For *Lonchocarpus castilloi*, the average basic density obtained (0.68 g/cm³) is similar to that determined by Bárcenas (1995) (0.69 g/cm³) but lower than the values of Torelli and Gorišek (1995) (0.822 g/cm³) and Huerta & Becerra (1982) (0.72 g/cm³). Regarding the radial shrinkage, the average value obtained is closer to that of Torelli and Gorišek (1995) (4.97%) but is higher than the values determined by Huerta & Becerra (1982) (3.22%) and Bárcenas (1995) (3.62%). The tangential shrinkage is in an intermediate range, lower than that reported by Bárcenas (1995) (7.89%) and Torelli and Gorišek (1995)

(7.63%), but higher than that found by Huerta & Becerra (1982) (6.00%). The volumetric shrinkage obtained was higher compared to the values determined by Huerta & Becerra (1982) (10.66%), Bárcenas (1995) (12.73%) and Torelli and Gorišek (1995) (12.22%). The RAN in this study is similar to that determined by Torelli and Gorišek (1995) (1.53), but lower than those of Bárcenas (1995) (2.18) and Huerta & Becerra (1982) (1.86). The wood of this species has a moderate density with relatively high shrinkage, which must be considered in its drying and processing to avoid deformations and dimensional defects.

The basic density of *Manilkara zapota* determined is similar to that reported by Huerta & Becerra (1982) (0.86 g/cm³), Bárcenas (1995) (0.86 g/cm³) and Chan-Coba et al. (2022) (0.83 g/cm³), but lower than that indicated by Torelli and Gorišek (1995) (0.98 g/cm³). The radial shrinkage of this study is intermediate between the value of Huerta & Becerra (1982) (6.98%) and Torelli and Gorišek (1995) (5.80%) but higher than that of Bárcenas (1995) (4.65%). The determined tangential shrinkage is lower than that obtained by Huerta & Becerra (1982) (9.87%) and Torelli and Gorišek (1995) (9.17%) but higher than that of Bárcenas (1995) (5.46%). The volumetric shrinkage is similar to that indicated by Bárcenas (1995) (15.40%) and higher than that found by Huerta & Becerra (1982) (12.19%) and Torelli and Gorišek (1995) (14.43%). The RAN obtained is higher than that reported by Bárcenas (1995) (1.17) but lower than the values of Huerta & Becerra (1982) (1.41) and Torelli and Gorišek (1995) (1.58). This high density of the wood species and high volumetric shrinkage mean it is more susceptible to dimensional changes. It also suggests that controlled drying strategies should be applied to minimise wood deformations and improve its stability in industrial applications.

In the study, the average basic density determined for *Swartzia cubensis* was lower than that obtained by Huerta & Becerra (1982) (0.77 g/cm³) and by Torelli and Gorišek (1995) (0.99 g/cm³). The radial shrinkage was higher than that reported by Huerta & Becerra (1982) (5.68%) and by Torelli and Gorišek (1995) (7.60%). In the tangential shrinkage, Torelli and Gorišek (1995) determined a higher value (10.45 %) than that obtained in this study, which is lower than that found by Huerta & Becerra (1982) (8.49%). Volumetric shrinkage was higher than the value of Huerta & Becerra (1982) (15.28%), but lower than that of Torelli and Gorišek (1995) (17.25%). The RAN value is lower than the values presented by Huerta & Becerra (1982) (1.49) and by Torelli and Gorišek (1995) (1.38). The low RAN value of this species indicates that the wood has a lower risk of deformations during drying.

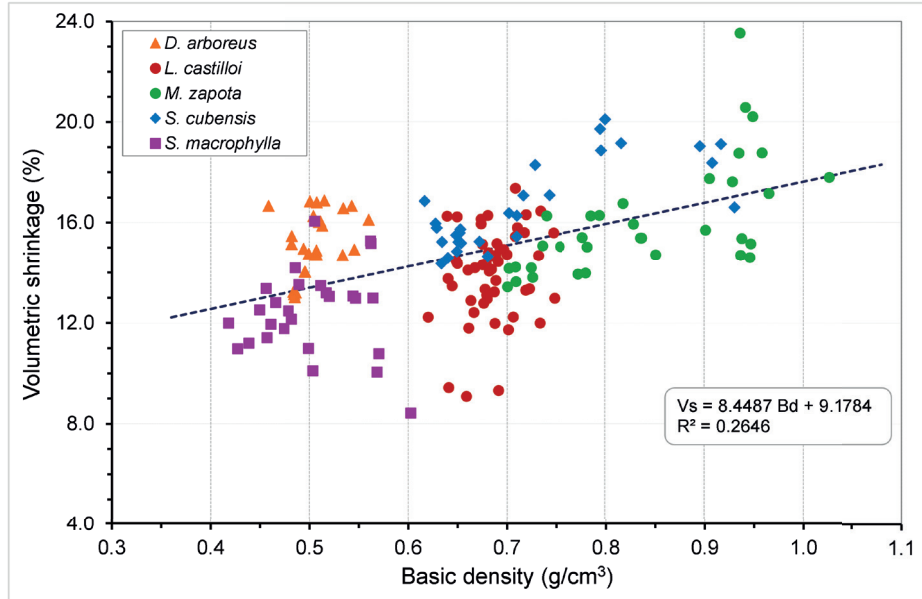
The average basic density of *Swietenia macrophylla* is higher compared to the values reported by Bárcenas (1995) (0.42 g/cm³) and Torelli and Gorišek (1995) (0.43

g/cm³). The radial and volumetric shrinkage values are higher than those obtained by Bárcenas (1995) (4.27%, 9.10%) and Torelli and Gorišek (1995) (4.08%, 11.535); while in the tangential shrinkage and the RAN, the values obtained are lower than those found by Torelli and Gorišek (1995) (7.77%, 1.90) but higher than those of Bárcenas (1995) (6.11%, 1.43). High volumetric shrinkage suggests controlled wood drying to minimise deformations and improve industrial applications' performance.

The anisotropy ratio indicates the risk of distortions and warping in wood. The higher the anisotropy ratio, the more likely a piece will warp due to humidity changes during drying or in service. For the species analysed, tangential shrinkage was approximately 1.5 times radial shrinkage.

Glass and Zelinka (2021) mention that wood shrinkage depends on multiple factors, although in general terms, volumetric shrinkage is associated with high-density values. This study identified a linear relationship between basic density and total volumetric shrinkage, with a coefficient of determination $R^2 = 0.27$ (Figure 4).

Figure 4. The linear relationship between total volumetric shrinkage and basic density of the species studied.



4 CONCLUSIONS

The physical properties of the wood of the species studied were similar to those reported in the literature. *Swartzia cubensis* showed the highest volumetric shrinkage, although not the highest density. *Dendropanax arboreus*, on the other hand, showed the

highest anisotropy ratio, indicating a greater susceptibility to deformations during drying or in service due to changes in humidity.

REFERENCES

Aryal, D. R., De Jong, B. H., Gaona, S. O., Vega, J. M., Olguín, L. E., & Cruz, S. L. (2022). Fine wood decomposition rates decline with the age of tropical successional forests in southern Mexico: Implications to ecosystem carbon storage. *Ecosystems*, 1-17.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2015. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-Based Materials. ASTM 2395, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 4.10 Wood, pp 357-363.

Bárceñas, P. G.M. (1995). Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. *Madera y Bosques*, 1(1), 9-38.

Chan-Coba, G., Jong, B. H. J. D., González-Valdivia, N. A., López-Hernández, J. C., Morales-Ruiz, D. E., Venegas-Venegas, J. A., & Aryal, D. R. (2022). Densidad de madera de especies arbóreas dominantes de la selva tropical subperennifolia de Calakmul, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(3): e3386. DOI: 10.19136/era.a9n3.3386.

Glass, S., & Zelinka, S. (2021). Moisture relations and physical properties of wood. Chapter 4 in General Technical Report FPL-GTR-282. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

Goche-Télles, J. R., Velázquez-Martínez, A., Borja-de la Rosa, A., Capulín-Grande, J., & Palacios-Mendoza, C. (2011). Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schlttdl. et Cham. de tres localidades en Hidalgo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(7), 71-78.

Gutiérrez, V. B.N.; Gómez, C.M.; Valencia, M.S.; Cornejo, O. E.; Prieto, R. J.; Gutiérrez V. M. (2010). Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede Ex Schlttdl. del estado de Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4):75-78.

Huerta, C. J. y J. Becerra M. (1982). Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales mexicanas. 2ª Ed. Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For. No. 46. México, D. F. 61 p.

Martínez, T.T.; Borja de la Rosa, A.; Ávalos, R. M. A. (2001). Características tecnológicas de la madera de Sac-Chacah de Campeche en diferentes zonas del árbol. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7(1): 91-97.

Ordóñez-Díaz, J. A. B., Galicia-Naranjo, A., Venegas-Mancera, N. J., Hernández-Tejeda, T., Ordóñez-Díaz, M. D. J., & Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosques*, 21, 77-216.

Pompa-García, M., Hevia, A., Camarero, J.J. (2021). Minimum and maximum wood density as proxies of water availability in two Mexican pine species coexisting in a seasonally dry area. *Trees*, 35, 597-607.

Pompa-García, M., Venegas-Gonzalez, A. (2016). Temporal variation of wood density and carbon in two elevational sites of *Pinus cooperi* in relation to climate response in northern Mexico. *PLoS One* 11: e0156782. DOI: 10.1371/journal.pone.0156782.

Silva G., J., F. Fuentes T., R. Rodríguez A., P. A. Torres A., M. G. Lomelí R., J. Ramos Q., C. Waitkus y H.G. Richter. (2010). Fichas de Propiedades tecnológicas y usos de maderas nativas de México e importadas. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, 207 p.

SAS Institute Inc. (SAS). 2000. SAS for windows (Version 9.2 for Windows). Cary, NC. USA.

Suchsland, O. (2004). The swelling and shrinking of wood. A practical technology primer. Forest Products Society. Madison, WI, USA.189 p.

Torelli, N., Gorišek, Ž. (1995). Mexican tropical hardwoods: Stepwise shrinkage and transverse shrinkage anisotropy. Holz als Roh-und Werkstoff 53: 155–157. DOI: 10.1007/BF02716416.

CAPÍTULO 8

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO RABANETE SOB QUANTIDADES DE MATA-PASTO (*Senna uniflora* L.) EM BASE VERDE INCORPORADO AO SOLO

Data de submissão: 20/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

Paulo César Ferreira Linhares

Doutor em Fitotecnia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1311270866082988>

Lunara de Sousa Alves

Doutora em Agronomia
Universidade Federal da Paraíba (UFP)
Catolé do Rocha- Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9342098885435389>

Wyara Ferreira Melo

Doutora em Engenharia de Processos
Universidade Federal de
Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8885615330187933>

Janilson Pinheiro de Assis

Doutor em Fitotecnia
Departamento de Ciências
Agronômicas e Florestais da
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido (DCAF -UFERSA)
Campus Mossoró
Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6489257938942420>

Aline Carla de Medeiros

Doutora em Engenharia de Processos
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6587099361548333>

Patrício Borges Maracajá

Doutor em Engenharia Agronômica
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5767308356895558>

Joaquim Odilon Pereira

Doutor em Agronomia
Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4509885782390778>

Walter Martins Rodrigues

Doutor em Matemática
Universidade de São Paulo (USP)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9658022121769752>

Karen Geovana da Silva Carlos

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9043613394529842>

Geovanna Alicia Dantas Gomes

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5871281241148064>

Maria Amanda Laurentino Freires

Mestre em Gestão e Sistemas Agroindustriais
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7682128720739004>

RESUMO: O mata-pasto (*Senna uniflora* L.) é uma espécie espontânea bastante presente em áreas cultivadas na região de Mossoró, RN, por agricultores que labutam na produção orgânica de hortaliças, com grande potencial para ser utilizada como adubo verde, tendo em vista a disponibilidade de fitomassa e da concentração de nitrogênio, que no estágio fenológico de 60 dias após a emergência apresenta concentração de 20 g kg⁻¹. O experimento foi desenvolvido na fazenda experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido-UFERSA, com o objetivo de avaliar as características agrônomicas do rabanete sob quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) em base verde incorporado ao solo ao solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram da avaliação do efeito residual da combinação de quatro quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) (0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e 25,0 t ha⁻¹ em base verde). O plantio do rabanete foi cultivado após a retirada da cultura da alface. A cultivar de rabanete plantado foi a Crimson Gigante. As características avaliadas foram: altura de planta, número de folhas, diâmetro de raízes, raiz mais parte área e número de molhos de rabanete. A quantidade de 25,0 t ha⁻¹ de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) foi o que promoveu o maior incremento na cultura do rabanete, com valores de 1.222,17 g m⁻², equivalente a 24,44 unidades m⁻². A utilização de espécie espontânea no semiárido como adubo verde contribuiu de sobremaneira na produção do rabanete.

PALAVRA-CHAVE: Planta espontânea. Agricultura orgânica. Hortaliça de raiz.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF RADISH UNDER AMOUNTS OF PASTURE KILLER (*Senna uniflora* L.) ON A GREEN BASIS INCORPORATED INTO THE SOIL

ABSTRACT: The pasture killer (*Senna uniflora* L.) is a spontaneous species quite present in cultivated areas in the region of Mossoró, RN, by farmers who work in the organic production of vegetables, with great potential to be used as green manure, given the availability of phytomass and the concentration of nitrogen, which in the phenological stage 60 days after emergence presents a concentration of 20 g kg⁻¹. The experiment was developed at the Rafael Fernandes experimental farm, belonging to the Federal Rural University of Semiárido-UFERSA, with the objective of evaluating the agronomic characteristics of radish under quantities of pasture killer (*Senna uniflora* L.) on a green

basis incorporated into the soil. The experimental design used was a randomized complete block design with six treatments and four replicates. The treatments consisted of evaluating the residual effect of the combination of four amounts of pasture killer (*Senna uniflora* L.) (0; 5.0; 10.0; 15.0; 20.0 and 25.0 t ha⁻¹ on a green basis). The radish planting was cultivated after the lettuce crop was removed. The radish cultivar planted was Crimson Giant. The characteristics evaluated were: plant height, number of leaves, root diameter, root plus area and number of radish bunches. The amount of 25.0 t ha⁻¹ of pasture killer (*Senna uniflora* L.) was what promoted the greatest increase in the radish crop, with values of 1,222.17 g m⁻², equivalent to 24.44 units m⁻². The use of spontaneous species in the semi-arid region as green manure contributed greatly to radish production. **KEYWORDS:** Spontaneous plant. Organic farming. Root vegetable.

1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma Brassicaceae de porte reduzido e que, nas cultivares de maior aceitação, produz raízes globulares, de coloração escarlate-brilhante e polpa branca. Adapta-se melhor ao cultivo no outono – inverno, tolerando bem ao frio e geadas leves, sendo originário do mediterrâneo, com porte pequeno e de raízes globulares, com coloração avermelhada (Pohlmann, 2019).

Segundo Berilli et al. (2020) a produção do rabanete apresenta grande relevância entre os produtores por possuir ciclo curto, onde se divide nas fases vegetativas e produtivas. Na região de Mossoró, RN, essa hortícola tem ciclo de 25 a 30 dias do plantio a colheita. Essa olerícola é produzida por agricultores familiares utilizando como fonte de adubo, esterco (bovino, caprino e ovino), sendo de grande relevância para os que labutam nessa atividade.

Vale salientar, que essas fontes de adubo, gera custos para os agricultores em função de que nem sempre há a disponibilidade em suas propriedades, necessitando a compra em outros locais. Segundo Finatto et al. (2013) o esterco bovino tornou-se o adubo orgânico mais utilizado devido ao fornecimento de potássio e fósforo. No entanto, outras fontes de adubos, com disponibilidade de elementos químicos, como nitrogênio e potássio, como o mata-pasto (*Senna uniflora* L.), surge de forma espontânea no período chuvoso na região semiárida, no nordeste do Brasil, com disponibilidade de fitomassa acima de 30 t ha⁻¹, com concentração de nitrogênio de 20 g kg⁻¹ aos 60 dias após a emergência.

As plantas olerícolas são plenamente adaptadas ao sistema de adubação orgânica, trazendo resultados satisfatórios em termos de produtividade, além, da qualidade dos produtos obtidos. Nesse contexto, a utilização de espécies vegetais existentes dentro das áreas de produção dos agricultores familiares, constitui em alternativa viável para os agricultores que labutam na produção de hortaliças e que buscam utilizar os recursos vegetais disponíveis na propriedade. No entanto, os

mesmos devem estar atentos ao tempo de incorporação dos resíduos em relação ao ciclo da cultura, tendo em vista que, se não houver uma sincronia entre a disponibilidade de nutrientes e o momento de maior exigência da cultura, a prática torna-se inviável (LINHARES, 2013).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com espécies espontâneas do semiárido com a finalidade de fertilizar o solo para a produção de olerícolas: rúcula (Santos et al., 2023; Linhares et al., 2024); coentro (Linhares et al., 2023; Neta et al., 2023).

Dado a importância do cultivo de olerícolas na região semiárida por agricultores que cultivam no sistema familiar de produção utilizando fontes orgânicas de adubos, objetivou-se avaliar as características agrônômicas do rabanete sob quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) em base verde incorporado ao solo ao solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, zona rural de Mossoró-RN, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Argissólico franco arenoso (Embrapa, 2018). O distrito de Lagoinha está situado nas seguintes coordenadas: latitude 5°03'37"S e longitude de 37°23'50"W Gr, com altitude de aproximada de 72 m, distando 20 km da cidade de Mossoró-RN. Antes da instalação do experimento foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, as quais foram secas ao ar e peneirada em malha de 2 mm, em seguida foram analisadas no Laboratório de Química e Fertilidade de Solos da UFERSA, cujos resultados foram os seguintes: pH (água 1:2,5) = 6,0; Ca = 2,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,5 cmol_c dm⁻³; K = 0,18 cmol_c dm⁻³; Na = 0,16 cmol_c dm⁻³; P = 32,7 mg dm⁻³ e M.O. = 0,20%.

2.2 ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram da avaliação do efeito residual da combinação de quatro quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) (0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e 25,0 t ha⁻¹ em base verde). O plantio do rabanete foi cultivado após a retirada da cultura da alfaca.

Cada parcela constou de seis fileiras de plantas espaçadas de 0,2 m x 0,1 m com doze plantas por fileiras, sendo as fileiras laterais consideradas bordaduras. A área total das parcelas foi de 1,44 m² e a área útil de 0,80 m², contendo 40 plantas. A cultivar de

rabanete plantado foi a Crimson Gigante. Realizaram-se tratos culturais, como controle de plantas daninhas, além do revolvimento solo para o melhor desenvolvimento da cultura. Durante a condução do experimento fizeram-se irrigações com a finalidade de manter a umidade do solo em condições ideais para o desenvolvimento do rabanete.

O corte do mata-pasto (*Senna uniflora* L.) foi realizado no período chuvoso, aos 70 dias após a emergência, coincidindo com o período de floração, sendo ceifado em máquina forrageira em partículas de 2,0 a 3,0 cm, seco ao sol e armazenado para ser utilizado como adubo orgânico, com composição química de 535 g kg⁻¹ de carbono; 20,0 g kg⁻¹ de nitrogênio; 11,5 g kg⁻¹ de fósforo; 16,3 g kg⁻¹ de potássio; 10,2 g kg⁻¹ de cálcio e 14,3 g kg⁻¹ de magnésio e relação carbono nitrogênio de 27/1.

2.3 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO RABANETE

A colheita do rabanete foi realizada aos 30 dias após a semeadura. Foram realizadas as seguintes características: altura de planta (para essa característica, as avaliações foram realizadas em campo, sendo medidas 10 plantas da área útil, da base até a inflexão, sendo expresso em cm); número de folhas (foram contadas as folhas de 10 plantas da área útil, sendo expresso em unidades planta⁻¹); diâmetro de raízes (utilizando 10 plantas da área útil, sendo medido através de um paquímetro digital, sendo expresso em mm); Produtividade de rabanete (foram coletadas todas as plantas da área útil, sendo pesado juntamente com as raízes, que consiste na forma como é comercializado, sendo os dados expressos em kg m⁻²) e massa da matéria seca de raízes (para tanto, as raízes foram lavadas em água corrente, para retirada de solo, cortadas em eixo transversal e longitudinal, sendo pesadas em balança de precisão de 0,01 g, seguida de secagem em estufa de aquecimento com ar forçado a 65 °C, até massa constante).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

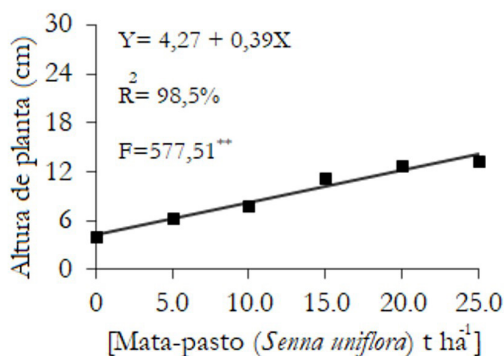
A análise estatística foi realizada de acordo com os métodos convencionais de análise de variância (Banzatto; Kronka, 2006), utilizando o software estatístico ESTAT (Barbosa, Malheiros e Banzatto 1992). O procedimento de ajuste da curva de resposta foi realizado com o software ESTAT (Barbosa, Malheiros e Banzatto, 1992), aplicando análise de regressão e condução de teste de hipótese que auxilia o pesquisador aceitar ou rejeitar uma hipótese estatística baseado nos resultados experimentais (Assis, Sousa e Linhares, 2020; Assis, 2013).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ao nível de $p < 0,01$ de probabilidade para as características altura de planta, diâmetro de raiz, número de folhas, raiz mais parte área e número de molhos de rabanete em função das diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) adicionado ao solo (Figura 1 a 4). A utilização do mata-pasto (*Senna uniflora* L.) como adubo orgânico é de sobremaneira importante, tendo em vista ser o material rico em nitrogênio, com concentração de $20,0 \text{ g kg}^{-1}$ na matéria seca.

Em relação a altura de planta, houve acréscimo em função das diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.), com valor máximo de $14,18 \text{ cm planta}^{-1}$ (Figura 1), na quantidade de $25,0 \text{ t ha}^{-1}$. Fernandes (2022) estudando a produção do rabanete adubado com esterco bovino, biofertilizante e adubação mineral, encontrou altura de planta de $13,71 \text{ cm}$, com adubação mineral, sendo inferior ao presente trabalho. Oliveira et al. (2023), estudando a avaliação da produtividade do rabanete fertilizado com uma mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) e de jitrana (*Merremia aegyptia* L.), com a altura de planta de $14,05 \text{ cm planta}^{-1}$, superior a referida pesquisa.

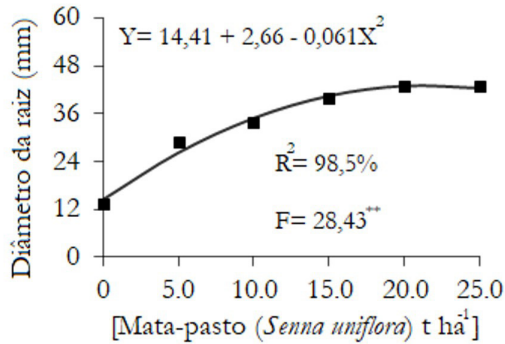
Figura 1. Altura de planta de rabanete em função de diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) incorporado ao solo.



Na característica diâmetro de raiz, houve acréscimo em função das quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) incorporados a solo, com valor máximo de $42,96 \text{ mm}$ na quantidade de $20,0 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 2). Fernandes (2022) estudando a produção do rabanete adubado com esterco bovino, biofertilizante e adubação mineral, encontrou diâmetro de $57,17 \text{ mm}$, com adubação 15% de biofertilizante na concentração de 150 mL L^{-1} , sendo superior ao presente trabalho. Oliveira et al. (2023), estudando a avaliação da produtividade do rabanete fertilizado com uma mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) e de jitrana (*Merremia aegyptia* L.), encontraram diâmetro de raiz de $35,51 \text{ mm}$, inferior a referida pesquisa. Assim como, Cecconello e Centeno (2016), estudando a avaliação de diferentes dosagens de vermicomposto produzido a partir de frutas e

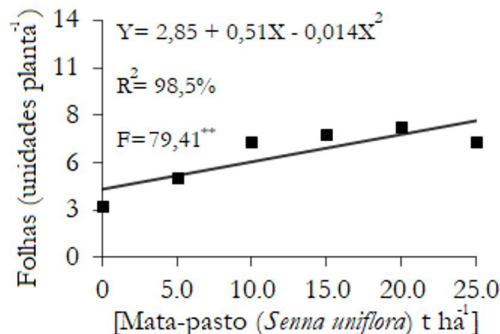
hortaliças na produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.), encontraram diâmetro de raiz de 28,4 mm, sendo inferior.

Figura 2. Diâmetro de rabanete em função de diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) incorporado ao solo.



Houve um aumento no número de folhas em função das quantidades de mata-pasto incorporado ao solo, com valor máximo de 8,08 unidades planta⁻¹, na quantidade de 25,0 t ha⁻¹ (Figura 3). O número de folhas é importante em termos fisiológico, pois constitui o órgão da planta onde é realizada a fotossíntese. Linhares et al. (2010) estudando a produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção encontraram 7,3 folhas planta⁻¹, sendo superior ao presente trabalho. Linhares et al. (2023) avaliando o cultivo orgânico de rabanete fertilizado com jiterana (*Merremia aegyptia* L.) na presença e ausência de esterco bovino, encontraram 9,4 unidades de folhas planta⁻¹ na quantidade de 1,5 kg m⁻², valor este aquém da referida pesquisa. Já, Linhares et al. (2013) observaram um número máximo de folhas de rabanete na quantidade de 14,0 t ha⁻¹, com valor máximo de 7,1 folhas planta⁻¹ 20 dias antes do plantio da tuberosa, em cultivo de verão, valor inferior a referida pesquisa.

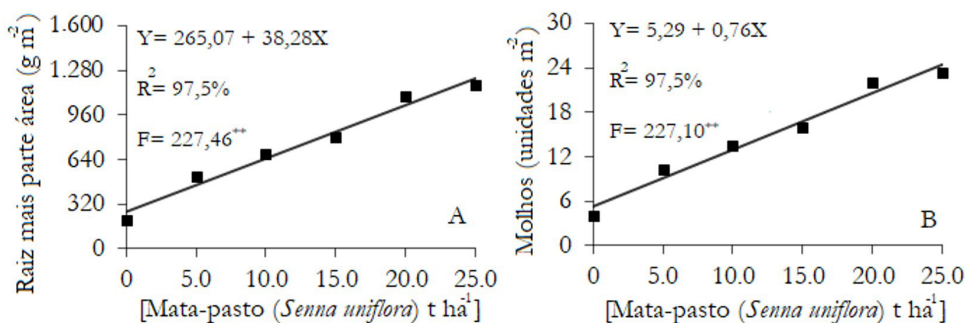
Figura 3. Número de folhas de rabanete em função de diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) incorporado ao solo.



Nas características raiz mais parte área e número de molhos, houve comportamento semelhante, sendo a quantidade de 25,0 t ha⁻¹ a que promoveu o maior incremento, com valor máximo de 1.222,17 g m⁻², equivalente a 24,44 unidades m⁻² (Figura 4A e 4B). Oliveira et al. (2023), estudando a avaliação da produtividade do rabanete fertilizado com uma mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) e de jitirana (*Merremia aegyptia* L.), encontraram raiz mais parte área de 1.626,66 g m⁻² na quantidade de 4,5 kg m⁻², superior a referida pesquisa. Essa superioridade se deve provavelmente a quantidade utilizada, o que contribuiu de sobremaneira para uma produção superior. No entanto, Sanó et al. (2023), estudando a resposta do rabanete vermelho “SAXA”- 220” em função de diferentes proporções de esterco bovino em diferentes ambientes de cultivo, com produtividade de 5,9 t ha⁻¹, equivalente a 590g m⁻², valor inferior ao do presente estudo.

Linhares et al. (2023) avaliando o cultivo orgânico de rabanete fertilizado com jitirana (*Merremia aegyptia* L.) na presença e ausência de esterco bovino, encontraram produtividade de raiz mais parte área de 1.319,5 g m⁻², equivalente a 26,4 unidades de molhos m⁻² na quantidade de 2,0 kg m⁻² de área, sendo superior a referida pesquisa. Provavelmente o valor nutricional da jitirana (*Merremia aegyptia* L.), espécie vegetal adicionado ao solo, contribuiu para uma produtividade superior.

Figura 4. Raiz mais parte área (A), molhos (B) de rabanete em função de diferentes quantidades de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) incorporado ao solo.



4 CONCLUSÃO

A quantidade de 25,0 t ha⁻¹ de mata-pasto (*Senna uniflora* L.) foi o que promoveu o maior incremento na cultura do rabanete, com valores de 1.222,17 g m⁻², equivalente a 24,44 unidades m⁻².

A utilização de espécie espontânea no semiárido como adubo verde contribuiu de sobremaneira na produção do rabanete.

5 AGRADECIMENTO

Ao Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ, que desde 2005, desenvolve pesquisas com espécies espontâneas do semiárido [jitirana (*Merremia aegyptia* L.), flor-de-seda (*Calotropis procera*), mata-pasto (*Senna uniflora* e *Senna obtusifolia* L.) e palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) na produção orgânica de hortaliças e à UFERSA, pela estrutura física, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, para a realização dos trabalhos científicos.

REFERÊNCIAS

ASSIS, J. P., SOUSA, R. P., & LINHARES, P. C. F. **Testes de hipóteses estatísticas**. EdUFERSA. 2020. <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2020/08/testes-de-hipoteses-estatisticas-edufersa.pdf>

ASSIS, J. P. **Regressão linear simples, correlação linear simples, regressão linear múltipla e correlação linear múltipla**. EdUFERSA, 310p. 2013. <https://livraria.ufersa.edu.br/regressao-e-correlacao-linear-simples-e-multipla/>

BARBOSA, J. C.; MALHEIROS, E. B.; BANZATTO, D. A. **ESTAT: Um sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Unesp, Versão 2.0. 1992.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

CECCONELLO, S. T.; & CENTENO, L. N. **Avaliação de diferentes dosagens de vermicomposto produzido a partir de frutas, legumes e verduras na produção de rabanete (*Raphanus Sativus* L.)**. Revista Thema, v. 13, n. 1, p. 93-102, 2016. DOI: 10.15536/thema.13.2016.93-102.315.

SILVA, B. S.; FIGUEIRA, C. E.; MAGALHÃES, G. M. R.; AMARO, S. R.; & CÂNDIDO, G. B. A. P. **Lodo de curtume como adubo alternativo na produção de rabanete**. Energia na Agricultura, v.35, n.2, p. 214-224, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FERNANDES, Arthur Vinicius Felinto. **Produção do rabanete adubado com esterco bovino, biofertilizante e adubação mineral**. 2022. 36f. Bacharel em Agronomia-Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências E Tecnologia Agroalimentar, Pombal-PB.

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; & HOEHNE, L. **A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura**. Revista destaques acadêmicos, v.5, n.4, p.85-93, 2013.

LINHARES, P. C. F.; SOUSA, R. P.; ASSIS, J. P.; MEDEIROS, A. C.; AMÂNCIO, A. V. A. F.; RODRIGUES, W. M.; SANTOS, M. E. P.; CARLOS, K. G. S.; DANTAS, T. L. A.; CARDOSO, E. A. **Organic cultivation of radish fertilized with scarlet starglory (*Merremia aegyptia* L.) in the absence and presence of bovine manure**. In: Pesquisas agrárias e ambientais: Volume XV / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, p. 49-58, 2023.

LINHARES, P. C. F.; SOUSA J. da. S.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, A. C.; ALVES, L. de. S.; SILVA, U. L.; CARLOS, K. G. da. S.; & SOUZA JÚNIOR, D. S. **Coriander yield as a function of green manure**

incorporation of hairy woodrose (*Merremia aegyptia* L.), rooster tree (*Calotropis procera*) and kills pasture (*Senna uniflora* L.) in a semiarid region of Brazil. DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE, v.16, n.46, p.2370–2385. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-024>.

LINHARES, P. C. F. L.; PEREIRA, M. F. S.; OLIVEIRA, B. S.; HENRIQUES, G. P. S. A.; MARACAJÁ, P. B. **Produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, n.5, p. 94-101, 2010.

NETA, I. F. G.; LINHARES, P. C. F.; ALVES, N. F. O.; SOUSA, R. P.; SILVA, M. K. S.; DANTAS, T. L. A.; SANTOS, M. E. P.; ASSIS, J. P.; ALVES, L. S.; GOMES, A. D.; CARDOSO, E. A.; & ALVES, A. M. S. **“The Use of Scarlet Starglory (*Merremia aegyptia* L.) Mixed With Poultry Manure in the Agronomic Viability of Coriander in the Semiarid Region”.** Journal of Experimental Agriculture International, v.45, n.7, p.72-81, 2023. <https://doi.org/10.9734/jeai/2023/v45i72135>.

OLIVEIRA, L. K. G.; LINHARES, P. C. F.; SOUZA JÚNIOR, D. S.; SOUZA, M. E. C.; MESQUITA, A. A. S.; SALVINO, B. S.; ROSÁRIO, P. C. M.; SOUSA, R. P.; ALVES, L. S.; AMÂNCIO, J. F.; & RODRIGUES, W. M. **Evaluating the Productivity of Radish Fertilized With a Mixture of Hairy Woodrose (*Merremia aegyptia* L.) and Carnauba Straw (*Copernicia prunifera*).** Asian Journal of Research in Crop Science, v.8, n.4, p.513-21, 2023. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2023/v8i4232>.

PAIVA, A. C. C.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; PEREIRA, M. F. S.; ALVES, R. F.; SILVA, E. B. R. **Rabanete (*Raphanus sativus* L.) em sucessão aos cultivos de cenoura e coentro em sistema orgânico de produção.** Agropecuária Científica no Semiárido, v.9, n.1, p. 88-93, 2013.

POHLMANN, V.; KNIES, A. E.; LUDWIG, F. **Adubação foliar silicatada na cultura do rabanete.** Revista Cultivando o Saber, v. 12, n. 2, p. 108-117, 2019.

SANTOS, M. DE. F. A.; LINHARES, P. C. F.; ALVES, L. DE. S.; CARLOS, K. G. DA. S.; SILVA, U. L.; CARDOSO, E. DE. A.; SOUSA, R. P.; & ASSIS, J. P. **Produtividade do consórcio de rúcula com coentro fertilizado com a mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) mais esterco bovino.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v.6, n.2, p.1727-1743, 2023.

SANÓ, L.; JOAQUIM JÚNIOR, C. Z.; BARBOSA, I. J.; MANGO, B. D.; N´BALI, N. N.; KÓR, D. G.; FERNANDES, M. D.; EMBANÁ, M. D.; & DA COSTA, N. **Resposta de rabanete vermelho “SAXA-220” em função de diferentes proporções de esterco bovino sob diferentes ambientes de cultivo.** CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, v.16, n.10, p.18757-18772. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.10-003>

CAPÍTULO 9

BIOECOLOGY AND INTEGRATED MANAGEMENT OF ALIEN INVASIVE PEACH FRUIT *FLY BACTROCERA ZONATA* SAUNDERS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) IN SUDAN

Data de submissão: 31/01/2025

Data de aceite: 18/02/2025

Mohammed E. E. Mahmoud

Agricultural Research Corporation
Wad Mesani, Sudan

<https://orcid.org/0000-0002-0914-1235>

Samira A. Mohamed

International Center of Insect
Physiology and Ecology
Nairobi, Kenya

Mohamedazim I. B. Abuagla

Agricultural Research Corporation
Wad Medani, Sudan

Fathya M. Khamis

International Center of Insect
Physiology and Ecology
Nairobi, Kenya

Sunday Ekese

International Center of Insect
Physiology and Ecology
Nairobi, Kenya

<https://orcid.org/0000-0001-9787-1360>

ABSTRACT: Study of Bioecology and Integrated Management of Alien Invasive Peach Fruit Fly *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera:

Tephritidae) was conducted in Sudan during the period (2016-2018). The findings determined its spatiotemporal distribution, biology, host range, parasitoids, food attractants for mass trapping. In the study, the potency of *B. zonata* to compete and displace *B. dorsalis* in guava ecosystem was confirmed and the phenomenon of hybridization between the two species was demonstrated for the first time.

KEYWORDS: Bioecology of *Bactrocera zonata*. Invasive species management. Peach fruit fly. Spatiotemporal distribution. Hybridization of *Bactrocera* species.

1 INTRODUCTION

Sudan is the third largest country in Africa with an area of almost 1.88 million km² with diverse ecosystem, which avail production of several agricultural products all the year around. Sudan has a diversified large area; 40 per cent of the total area consists of pasture and forests (Stads and ElSiddig 2010), more than 50% of the remained area is cultivable land situated between the Blue Nile and the White Nile, and in the region between the Blue Nile and the Atbara River but only 25% of this area is cultivated (Mahgoub 2014). The agricultural sector contributes positively to Sudanese economy by 45% to national

GDP. Cotton, groundnuts (peanuts), sugarcane, sesame, vegetables and fruits as well as animal feed like alfalfa are the main cultivated cash crops under irrigation in Sudan while sorghum, millet, wheat, corn, barley and pulses like cowpeas and beans are cultivated as food crops. In addition to the subsistence crops, horticultural crops such as mango, citrus, banana and cucurbits represent the main exported commodities provide 12% of the national agricultural income (Idris 2006 and Mahgoub 2014).

Many obstacles hindering horticultural production in Sudan included fragmentation of lands, lack of financing, low-yield varieties, absence of quality control measures, high cost of transportation, and the incidence of pests and diseases (Elyas, 2008). Among pests and diseases, fruit flies are the main menace, causing severe losses to fruit production, which exceed 80% of guava and 30–50% of mango as reported from 2005 to 2008 (PPD 2008; Gesmallah et al. 2014).

Fruit flies belonging to the family Tephritidae are the most serious insect pests that attack horticultural products causing severe damage leading to considerable quantitatively and qualitatively economic losses. The family Tephritidae consisted of 5 genera but the genus *Bactrocera* is the largest of these approximately it contains 500 described species and most of them (40%) attacking fruits and vegetables and others attack stems and leaves. Among the genus *Bactrocera*, the peach fruit fly *Bactrocera zonata* Saunders which was added to the European Plant Protection Organization (EPPO) A1 quarantine pests list in 2002 and was transferred to the A2 List in 2015. *B. zonata* originates in South and South-East Asia and has spread to other parts of the world in the Near East including Egypt, Southern Iran, Israel in Rafah, south of Gaza strip, Oman, Saudi Arabia, Palestine and in 2012 it was reported in Sudan (Salah et al., 2012). The pest was known to attack more than 50 plant species including fruits, vegetables and wild plants. According to invasions to new territories, the host range of the pest is expanded. (Quilici et al. 2008).

2 FAUNA OF FRUIT FLY IN SUDAN

More than 39 fruit flies belonging to the family Tephritidae have been reported with their host plants at the Insect Taxonomy Unit of the Agricultural Research Corporation, Wad Medani, Sudan.

Since 1960th, different studies were conducted for many indigenous species of fruit flies reported in Sudan attacking various horticultural crops. The fauna of fruit fly includes the Mediterranean fruit fly or medfly (*Ceratitidis capitata* (Weidmann)), Mango fruit fly or Marula fruit fly (*C. cosyra* (Walker)), Rhodesian fruit fly (*C. quinaria* (Bezzi)), Cucurbit

fruit flies, *Dacus vertebratus* (Bezzi) and *D. ciliatus* Loew, apple of Sodom fly, *D. longistylus* (Wiedemann) and Jujube or Chinese date fruit fly, *Carpomya incompleta* (Schmutterer, 1969); Mahmoud et al. 2012; Beije et al. 1989 ; Venkatarman and El Khidir (1965); Abdellah and Mohammed 2010 and Mahmoud et al. 2020).

3 INVASION OF SUDAN BY ALIEN INVASIVE SPECIES OF FRUIT FLIES

In the last two decades, horticultural sector of Sudan was affected hardly by invasive species of fruit flies such as the Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel), formerly known as *B. invadens* Drew Tsuruta and White, in 2005 then melon fly *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) and *Dacus punctatifrons* Karsch, (1887) (Gesmalla and Abdellah, 2011) and recently the peach fruit fly, *B. zonata* Saunders in 2012 (Salah et al. 2012).

After the invasion of the country by *B. dorsalis* in 2005 and *B. zonata* in 2012, the losses of fruits due to their attack was very severe affected income of small farmers and reflected directly on the economics of the country and returns of foreign currency.

Due to their seriousness, they caused (80%) economic losses to the produce. Plant Protection Directorate in Sudan upgrading *B. dorsalis* and *B. zonata* to the list of Sudan's national pests which controlled by the government. The government of Sudan controlled the both fruit fly species by distributing locally made traps equipped with wigs of cotton immersed in methyl eugenol; the male attractant, with malathion as killer. The traps were distributed free of charge. The invasion of *B. zonata* to Sudan, threatened other African neighboring countries include South Sudan, Kenya, Tchad, Eriteria, Ethiopia and Republic of Central Africa. To offer information on the new invader fruit flies to the continent, International Center of Insect Physiology and Ecology initiated a scientific project to collect basement data on bio-ecology and prospects of integrated management of alien invasive peach fruit fly *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera: Tephritidae) in Sudan. The project was collaborative research conducted by the Agricultural Research Corporation during the period 2014-2018. The objectives of the research were to determine, biology, temporal and spatial distribution, define host range and host preference, cataloging natural enemies and assessing their role in natural control, testing luring performance of some ready-made and locally-made attractants as well as to study the effect of spot application of Mazoferam and combined with spinosad in reduction of infestation levels of Peach Fruit Fly. Also the study included the study of the possibilities of competitive displacement between fruit fly species and the hybridization.

4 BIOLOGY OF *B. ZONATA*

Laboratory study was conducted at 25 °C temperature and 60% relative humidity to determine the developmental period and survival percentage of each stage of *B. zonata* on guava fruits. The whole period of the developmental stages of *B. zonata* was 18.8 days divided to 2.8 ± 0.2 days for egg, 6.9 ± 0.3 days for larva and 9.1 ± 1.1 days for pupa with survival percentages ca 82.9 ± 12.8 , 90.2 ± 3.26 and $85.5 \pm 14.4\%$ for each stage respectively (Mahmoud et al., 2024).

5 SPATIAL DISTRIBUTION, RELATIVE ABUNDANCE AND LEVEL OF INFESTATION OF *B. ZONATA*

Surveys to determine the distribution, relative abundance and level of infestation of *B. zonata* was conducted including fruit production areas distributed in 18 states with several localities within the states. Lynfiled traps equipped with cotton wigs soaked in methyl eugenol with malathion (4:1) was used to determine the presence of the pest. Also rearing flies from the infested fruits was used to confirm the trapping results as well as to determine levels of infestation.

The results revealed wide spread of the peach fruit fly across the country with relative abundance fluctuated between 0.2–100% in different locations and the highest infestation level reached 648.7 flies/kg of fruits. The occurrence of the pest in all the country significantly threatens neighboring countries and elsewhere if eradication programs aren't applied.

6 TEMPORAL DISTRIBUTION OF *B. ZONATA*

Torula yeast baited in Mcaphil traps was used in two guava orchards to determine temporal distribution of *B. zonata* and the compiled data of trapping coincided with rearing flies from guava fruits from the same orchards to assess the infestation levels of guava fruits. The result revealed abundance of *B. zonata* all around the year. The abundance of *B. zonata* attributed to the availability of the host. The population of *B. zonata* started in the 1st of November 2015 with 8.7 FTD and it was fluctuated in numbers less than 10 FTD during the period from 9th of November 2015 to 24th of October 2016. then the population of *B. zonata* increased rapidly from 9th of November 2016 with (35.5) FTD and crested with (39.6 and 40.9) FTD during the end of November and first week of December of 2016 respectively then it decreased to 18.5 FTD at the end of the study in 28th of December (Fig.1).

The infestation level of guava fruits by *B. zonata* started with (150 FF/Kg) of fruits for the period from 12th October to 12th of December 2015 and then altered from (200 FF/Kg) during the second third of December 2015 to (400 FF/kg) at the end of January 2016. During the period from February to April 2016, infestation level of guava by *B. zonata* decreased drastically to its lowest levels (2 and 38FF/kg) and started to increase gradually for the period from 18th May 2016 to 12th of June 2016 (86.3 to 428.6 FF/Kg) after that it was decreased to 125 FF/kg between 18th May 2016 and 12th of June 2016 then increased gradually to (335 FF/kg) for the period from 3rd of August 2016 up to the end of the study in 19th of December 2016 (Fig.2). In other study population of *B. zonata* peaked twice in Gezira states during 2014 and 2015 due to the fruiting season of mango trees, which bear fruits two times a year in Sudan (Mahmoud et al. 2016).

7 HOST PLANTS AND HOST PREFERENCE

Susceptibility of different fruits to *B. zonata* was determined through sampling from orchards from 18 states including fruits of some wild plants. Fruits of Guava, *Psidium guajava*; Mango, *Mangifera indica*; grape fruit, *Citrus × paradise*; cucumber, *Cucumis sativus*; date palm, *Phoenix dactylifera*; banana, *Musa sp.*; orange, *Citrus × sinensis* and lemon, *Citrus × limon*, to *B. zonata* were assessed in choice test. In addition to those fruits used in the choice test, Papaya, *Carica papaya*; sweet pepper, *Capsicum annum*; hot pepper, *Capsicum annum*; tomato, *Solanum lycopersicum*; eggplant, *Solanum melongena*; Sweet lemon *Citrus × limon*, were evaluated in no-choice test. Also, differential bioassay of susceptibility for cultivars of mango and cultivars of date palm to *B. zonata* was conducted in choice tests against *B. zonata*.

The results revealed that, mango, guava, grapefruit, oranges and papaya are the most susceptible host fruits to *B. zonata* in the field. Also it was reared from the wild host ivy fruit (*Coccina grandis*) and the Indian jujube (*Ziziphus mauritiana*). In the laboratory host preference choice test, *B. zonata* preferred guava, mango, banana, date palm and cucumber (Fig.3). In Non-choice test, guava was found to be the most susceptible host followed by cucumber, banana, sweet pepper, mango, sweet lemon, eggplant, papaya, tomato, date palm, orange and grape fruit. Elfons; mango cultivar, was found to be the most preferred cultivar to *B. zonata* followed by Genobia, Bezria, Temour, Abusamakah, Gabalia, Agoura, Sukariaas and Zibda. Four cultivars of date palm fruits namely, Barhey, Gargoura, Gundaila and Barakawi were found to be susceptible to *B. zonata* infestation while Meshrique and Wad Lagi were proved not to be susceptible to *B. zonata*.

8 PARASITOIDS ASSOCIATED WITH *B. ZONATA*

Study to determine natural enemies associated with *B. zonata* was carried out in an area completely dominated by the pest for one year around depending on rearing of flies from guava infested fruits. The results revealed three parasitoids associated with *B. zonata* viz., *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Eulophidae), *Aganaspis* sp. (Figitidae: Eucoilinae) and *Psytalia* sp. (Braconidae Opiinae) (Fig. 4). *Tetrastichus giffardianus* was the most numerous parasitoid with 13.5% mean parasitism percentages and average of 3.2 parasitoids/puparia of *B. zonata* (Mahmoud et al., 2019).

9 MANAGEMENT OF *B. ZONATA* USING READY-MADE AND LOCALLY-DEVELOPED FOOD ATTRACTANTS

Performance of ready-made and locally attractants to lure *B. zonata* were evaluated in separate experiments using Mcaphil traps. All test attractants lured both sexes of *B. zonata* responded in high numbers to Mazoferm, Torula yeast and GF-120 as ready-made food attractants and were reacted positively to water extract of grinded maize, sorghum, millet and to diluted tomato catchup. For all tested materials the percentage of attracted females represented 70% of the total caught flies

Spray of Mazoferm (food attractant) combined with Spinosad significantly reduced population of *B. zonata* (FTD) population and suppressed infestation level of guava fruits (fruit flies/Kg of fruits). (Mahmoud et al., 2024).

10 DRAWBACKS OF APPLICATION OF METHYL EUGENOL WITH MALATHION TO CONTROL *B. ZONATA*

Plant Protection Directorate applied control campaigns all around the country since the declaration of *Bactrocera* sp as national pests in Sudan in 2008 after the country invaded by *B. dorsalis*. The campaigns depend mainly on using locally made traps equipped with Methyl Eugenol (male attractant) and Malathion (killer) in a proportion of 4:1 respectively. The technique participated positively in trapping huge number of males of *B. zonata* and *B. dorsalis* leading to decrease of infestation levels of fruits and increased the quantity of the exported products. After 10 years and according to the continuous use of Malathion as killer in the combination of lure and kill system, it was observed that *B. zonata* males were attracted to the Methyl eugenol but were not killed. A trial was conducted using other pesticides as killers in addition to the Malathion in the trapping system confirmed that, *B. zonata* resisted the killing action of Malathion.

11 COMPETITIVE DISPLACEMENT OF *B. ZONATA* TO *B. DORSALIS*

Previous studies mentioned that *B. dorsalis* was the dominant fruit fly that displaced *C. capitata*, *C. cosyra* (Mahmoud et al., 2012). In 2012 after the report of *B. zonata* as new fruit fly in Sudan, study to determine competitive displacement between the new invader and the dominant fruit fly *B. dorsalis* was conducted for more than one year in guava fruits in Gezira state, Sudan. Only *B. zonata* (99.6%) and *B. dorsalis* (0.4%) were reared out from guava fruits during the study period from November 2015 to December 2016. The mean of infestation level of *B. zonata* (204 FF/Kg) for the whole study period is higher than that caused by *B. dorsalis* (0.8 FF/Kg of fruits). The supremacy of *B. zonata* is credited to the high reproductively of the species, short life cycle compared to *B. dorsalis* ability to infest high numbers of plant species, and ability to develop resistance to several insecticides (Mahmoud et al., 2024).

12 HYBRIDIZATION BETWEEN *B. ZONATA* AND *B. DORSALIS*

As a phenomenon, cross mating between *B. zonata* and *B. dorsalis* was observed occurred naturally. Trials were conducted in laboratory to confirm the phenomenon using naïve adult flies from both sexes. The results approved phenomenon and determined the possibility of reproduction of several generations out of this relationship (Fig. 5) Unpublished data 2021.

13 TRAINING AND CAPACITY BUILDING

Training of trainers was conducted in 4 states of Sudan for stakeholders including pioneer farmers, extension officers, Plant Protection Directorate staff and postgraduate students.

Peer research papers were published in a recognized journals and knowledge was disseminated through mass media, Arabic books and brochures.

14 CONCLUSION

B. zonata is a serious insect pest invaded Sudan last decade, the pest within very short time dispersed in the country with abundance all around the year in the fruit orchard which threatened the neighboring countries and African Continent. The possibility of *B. zonata* to attack several fruit species including wild hosts coinciding with short developmental time increase its ability to displace other fruit flies especially the oriental fruit fly *B. dorsalis* which was used to be the most dominant fruit fly in Sudan.

The control campaigns depending on male attractant and one specific insecticide which conducted by Plant Protection Directorate complicated the situation by creating resistance of *B. zonata* to Malathion and give chance to the resurgence of displaced or/ and neglected fruit flies and promoted them to the class of primary pests. For that other control options are highly required. Part of solution of the resistance problem is come from the study which revealed the association of indigenous parasitoids with *B. zonata* with parasitism percentage ca 13% in addition to the luring efficiency of some locally-improved attractants. Incorporation of different control techniques including utilizing of identified parasitoids in this study, using food attractants, field sanitation and use of bio-rational insecticides such as *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Bacillus thurengensis*. To fulfill the study, future study should include assessment of competitive displacement phenomenon between *B. zonata* and *B. dorsalis*. On other hand detailed behavioral study for the aggressiveness of flies produced from the cross-mating between *B. zonata* and *B. dorsalis* should be conducted as well as determination of the genetic makeup of the progenies.

Fig 1. Mean No of *B. zonata* / Trap/Day at Fadasi site using Torula yeast Food bait attractant 9th Nov 2015 to 17th July 2017.

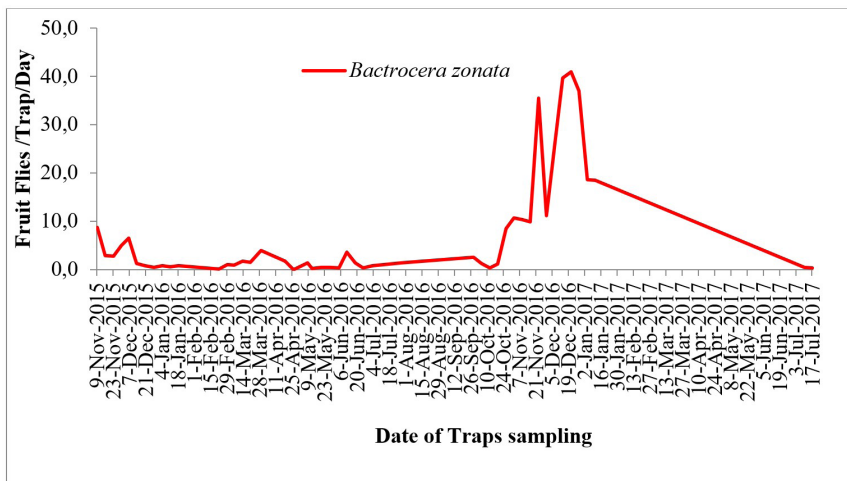


Fig 2. Infestation Levels of guava fruits (Fruit fly/Kg of fruits) by *B. zonata* and *B. dorsalis* at Fadasi site (1st Nov 2015 to 25th Dec 2017).

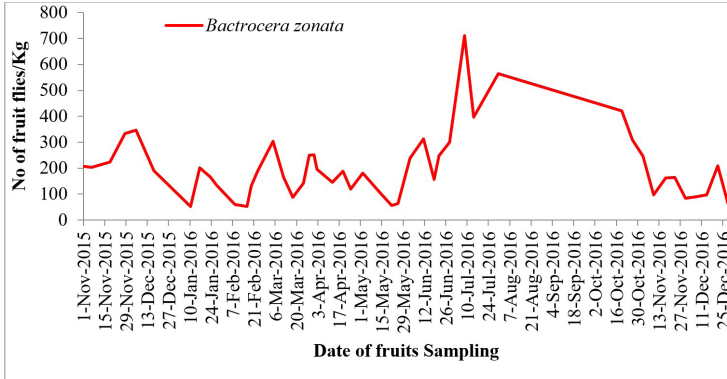


Fig 3. Attack of *B. zonata* to grapefruit, tomato, cucumber, pepper eggplant and Gentleman's toes (*Coccinia grandis*).



Table 1. Choice test to indicate susceptibility of some cultivars of date palm to infestation by *B. zonata*.

Date palm cultivar	Mean of emerge pupae± Std error
Gargoura	4.3±0.9
Meshrique	0
Wad lagai	0
Barhey	15.6±2.7
Gundaila	3.3±1.8
Barakawi	0.3±0.3
Total	3.9±1.4
F	19.7
Sig	0.001

Table 2. Evaluation of infestation of cultivar of mango by *B. zonata*.

Mango cultivar	Mean ± Std. Error of emerged pupae
Mistika	14.7±3.3
Mabrouka	66.0±12.3
Tomi atkins	0
Baladia	0
Total	20.2±8.6
F	24.068
Sig.	0.001

Fig 4. Parasitoids of *B. zonata*.



Tetrastichus giffardianus
(Hymenoptera: Eulophidae)



Aganaspis sp.
(Figitidae: Eucoilinae)



Psytallia sp.
(Braconidae: Opiinae)

Fig 5. Hybridization between *B. zonata* and *B. dorsalis*.



LITERATURE CITED

Bashir, M A.I, Abdalla, A. Mohamed. Abdelmagid, F M and Mahmoud, M E. E, (2022). Prospects of Using Aqueous Extracts of Maize, Sorghum and Millet to Lure Alien Invasive Tephritid Fruit Flies in Sudan. *Journal of Agriculture and Research* ISSN: 2455-7668.

Beije, C. M., Bakheit, S. B., Ehassan, A., & Mohamed, H. O. (1996). *Preliminary observations on fruit fly in the Gash delta and Gezira in integrated pest management in vegetables, wheat and cotton in the Sudan - A participatory approach*. FAO IPM Project GCP/SUD/025/NET, ARC, Wad Medani, Sudan: ICIPE, Science Press.

Elyas, A. (2008). *The problem of exported crops in Sudan*. General Department of Standards Metrology, Sudanese standards and Metrology Organization, Ministry of Ministries.

EPPO (2005). *Bactrocera zonata*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2005.00848.x>

Fadlemlula, A., Ali, A., & Breima, E. (2014). Geographical distribution, host range and seasonal abundance of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) in the Blue Nile state, Sudan. In *3rd conference on Pests Management in Sudan*, 3–4 February 2014. ARC, Sudan.

Gesmallah, A. E., & Abdallah, A. M. (2011). Species complex of fruit flies at Abu Naama area and identification of *Dacus punctafrons*. *Gezira Journal of Agricultural Science*, 9.

Idris, B. (2006). Horticultural export, technical report. Faculty of Agriculture: University of Khartoum.

Mahmoud, M.E.E., Mohamed, S.A., Abuagla, M.I.B. et al. (2024). Possibilities of competitive displacement of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) by *Bactrocera zonata* (Saunders) (Tephritidae: Diptera) in guava *Psidium guajava* ecosystem in Sudan. *Discov Anim* 1, 31 <https://doi.org/10.1007/s44338-024-00033-y>

Mahmoud, M. E. E., Kambal, M. A. O., & Abukashwa, S. M. A. (2012a). Prospects of using protein hydrolases for trapping and monitoring major fruit flies (Tephritidae: Diptera) in Sudan. *Persian Gulf Crop Protection Journal*, 1, 6–14.

Mahmoud, M.E.E., Mohamed, S.A., Abuagla, M.I.B. et al. Possibilities of competitive displacement of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) by *Bactrocera zonata* (Saunders) (Tephritidae: Diptera) in guava *Psidium guajava* ecosystem in Sudan. *Discov Anim* 1, 31 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44338-024-00033-y>

Mahmoud, M. E. E., Mohamed, S. A., Khamis, F. M., & Ekesi, S. (2016). Spatial and temporal distribution, relative abundance and host range of *Bactrocera zonata* in Sudan. In *3rd International Symposium of TEAM (Tephritid Workers of Europe, Africa and the Middle East) in Stellenbosch (South Africa)*.

Mahmoud, M. E. E. (2011). Population dynamics, mass trapping and molecular characterization of major fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Khartoum, Kassala and South Kordofan States (Sudan). Ph.D. Thesis, University of Khartoum, Sudan.

Mahmoud, M. E. E. (2017). Tephritid fruit flies in Sudan: Species composition, distribution, abundance, host plants and prospects of management. In *Book of abstract of 22nd meeting and conference of the African Association of Insect Scientists*, 23 – 26 October 2017. Wad Medani: ARC.

Mahmoud, M. E. E., Kambal, M. A. O., & Abukashawa, S. M. A. (2012). Potential use of human urines attractant to Tephritid fruit flies in Sudan. *Persian Gulf Crops Protection Journal*, 1, 1–6.

Mahmoud, M. E. E., Mohamed, S. A., Ndlela, S., Azrag, A. G. A., Khamis, F. M., Bashir, M. A. I. and Ekesi, S. (2020). Distribution, relative abundance, and level of infestation of the invasive peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) and its associated natural enemies in Sudan. *Phytoparasitica*, 48, 589–605. <http://doi.org/10.1007/s12600-020-00829-0>

Mahmoud, M. E. E., Mohamed, S. A., Khamis, F. M., Basher, M. A. I. and Ekesi, S. (2019). The role of *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Eulophidae: Hymenoptera) in natural control of *Bactrocera zonata* (Saunders) (Tephritidae: Diptera) and its temporal abundance in Sudan. *Eppo pulletin* <https://doi.org/10.1111/epp.12581>.

Mahgoub, F. (2014). Current status of agriculture and future challenge in Sudan. *Current African Issues*, 57. ISSN 0280-2171. ISBN 978-91-7106-748-7

Plant Protection Directorate (PPD). (2008). *Ministry of Agriculture, Sudan. Annual Report*.

Salah, F. E. E., Abdelgader, H., & De Villiers, M. (2012). The occurrence of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) (Tephritidae) in Sudan. In *TEAM 2nd international meeting: Biological invasions of tephritidae tvephritidae: Ecological and economic impacts* (pp. 3–6). Greece: Kolybari, Crete.

Schmutterer, H. (1969) Pests of crops in Northeast and Central Africa with particular reference to the Sudan. Gustav. Fischer Verlag, Stuttgart, Portland.

Stads, G. and K. ElSiddig (2010). *Recent Developments in Agricultural Research. Rome, FAO*.

Venkatraman, T. V., & El Khidir, E. I. (1965). *Outbreak and new records (Sudan). FAO Plant Protection Bulletin*, p. 22. World Bank. (2018). <https://data.worldbank.org/country/sudan>

Zingore KM, Sithole G, Abdel-Rahman EM, Mohamed SA, Ekesi S, Tanga CM, Mahmoud, M. E. E. (2020) Global risk of invasion by *Bactrocera zonata*: Implications on horticultural crop production under changing climatic conditions. *PLoS ONE* 15(12): e0243047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243047>

CAPÍTULO 10

PRODUTIVIDADE DE MILHO (*Zea mays*), VARIEDADE CRIOULO, NA REGIÃO SEMIÁRIDA EM FUNÇÃO DE DENSIDADES DE PLANTIO

Data de submissão: 20/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

Maria Elisa da Costa Souza

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)

Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/6625809959215702>

Paulo César Ferreira Linhares

Doutor em Fitotecnia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)

Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/1311270866082988>

Luciane Karine Guedes de Oliveira

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)

Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/3340908261527884>

Domingos Severino de Souza Junior

Graduado em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)

Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/3660785844251111>

Lunara de Sousa Alves

Doutora em Agronomia
Universidade Federal da Paraíba (UFP)
Catolé do Rocha- Paraíba, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/9342098885435389>

Wyara Ferreira Melo

Doutora em Engenharia de Processos
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/8885615330187933>

Aline Carla de Medeiros

Doutor em Engenharia de Processos
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/6587099361548333>

Patrício Borges Maracajá

Doutor em Engenharia Agrônômica
Universidade Federal de Campina Grande
Sousa, Paraíba, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/5767308356895558>

Joaquim Odilon Pereira

Doutor em Agronomia
Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4509885782390778>

Walter Martins Rodrigues

Doutor em Matemática
Universidade de São Paulo (USP)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9658022121769752>

Karen Geovana da Silva Carlos

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/9043613394529842>

Geovanna Alicia Dantas Gomes

Graduada em Agronomia
Universidade Federal Rural do
Semi-árido (UFERSA)
Mossoró- Rio Grande do Norte, Brasil
Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ
<http://lattes.cnpq.br/5871281241148064>

RESUMO: A densidade de plantio na cultura do milho (*Zea mays* L.) é de grande importância para os agricultores que labutam nessa atividade, pois contribui para o aumento na produção. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido com o objetivo de avaliar a influência da densidade de plantio na produtividade de milho, variedade crioula. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco densidades de plantio (87.500; 175.00; 262.500; 350.000 e 437.500 plantas ha⁻¹). A variedade crioula de milho foi obtida de um produtor rural na cidade de Rafael Godeiro-RN, com coordenadas geográficas (Latitude: 6° 4' 38" Sul e Longitude: 37° 42' 58" , com altitude de 188 m). As características avaliadas foram: altura de planta (cm), altura da inserção da espiga (cm), diâmetro do colmo (mm), diâmetro da espiga (mm), produção total de espiga na palha (kg ha⁻¹), percentual comercial de milho com palha (%) e peso médio da espiga (g). Os dados foram submetidos aos métodos convencionais de análise de variância utilizando o software estatístico ESTAT. A melhor densidade de plantio para a produção de milho com palha, foi de 304.318 plantas ha⁻¹ com valor máximo de 36.389 kg ha⁻¹. Nas demais características (altura de planta, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, percentual comercial de milho com palha e peso médio da espiga) com desempenho agrônômico na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVES: Agricultura agroecológica. *Zea mays*. Agricultura familiar.

PRODUCTIVITY OF CORN (*Zea mays*), CREOLE VARIETY, IN THE SEMIARID REGION ACCORDING TO PLANTING DENSITIES

ABSTRACT: Planting density in corn (*Zea mays* L.) is of great importance for farmers who work in this activity, as it contributes to increased production. The work was developed at the Rafael Fernandes Experimental Farm, belonging to the Federal Rural University of Semi-Árido with the objective of evaluating the influence of planting density on corn productivity, a landrace variety. The statistical design used was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments consisted of five planting densities (87,500; 175,00; 262,500; 350,000 and 437,500 plants ha⁻¹). The landrace corn variety was obtained from a rural producer in the city of Rafael Godeiro-RN, with geographic coordinates (Latitude: 6° 4' 38" South and Longitude: 37° 42' 58" , with an altitude of 188 m). The characteristics evaluated were: plant height (cm), ear insertion height (cm), stem diameter (mm), ear diameter (mm), total ear production in straw (t ha⁻¹), commercial percentage of corn with straw (%) and average ear weight (g). The data were subjected to conventional methods of analysis of variance using the ESTAT statistical software. The best planting density for the production of corn with straw was 304,318 plants ha⁻¹ with a maximum value of 36,389 kg ha⁻¹. In other characteristics (plant height, stalk diameter, ear diameter, commercial percentage of corn with straw and average ear weight) with agronomic performance at a density of 87,500 plants ha⁻¹.

KEYWORDS: Agroecological agriculture. *Zea mays*. Family farming.

1 INTRODUÇÃO

O potencial produtivo na cultura do milho (*Zea mays* L.) pode ser explorado pela implementação criteriosa de aspectos técnicos, como a escolha da cultivar que melhor se adapta às condições de cultivo, com a utilização de espaçamento e o manejo adequado (Porto et al., 2011).

O pacote tecnológico para a produção da cultura do milho tem ligação direta com os elevados custos de produção e condução do cereal em campo. Uma solução para este problema consiste no cultivo de plantas rústicas e de baixo custo, que suportam baixos níveis de investimentos em insumos. Partindo disso, destacam-se as variedades crioulas. Estas variedades, mesmo sendo menos produtivas quando comparadas às demais cultivares comercial, possuem variabilidade genética, são resistentes, adaptadas, sendo que, as suas sementes são produzidas pelos agricultores que cultivam (Esperancini et al., 2004 & Assmann et al., 2003).

As sementes de milho crioulo têm se tornado um insumo viável para a agricultura familiar. Essas cultivares de milho vem sendo produzidas por um longo período de tempo, no qual os agricultores realizam uma seleção massal das melhores sementes que serão utilizadas no ano seguinte (Ferreira et al., 2006). As sementes crioulas passaram a ser bastante difundidas dentro de vários assentamentos, em virtude da sua grande

importância na agrobiodiversidade, conservação, redução e erosão genética e na manutenção da autonomia alimentar dos agricultores (Paiva, 2015).

Esses agricultores desenvolvem uma agricultura familiar, que consiste de pequenos e médios produtores rurais, sendo estes responsáveis pela produção de grande parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros (Carpentieri-Pípolo et al., 2010).

Para que seja possível a obtenção de um aumento na produtividade na cultura do milho, é necessária a adoção de medidas que possam chegar a todos os tipos de produtores. Portanto, é importante considerar as características de cada cultivar que apresentem melhor adaptabilidade a regiões específicas, as condições climáticas e de manejo fornecido pelo produtor para com a cultura (Costa et al., 2017).

Dentro desse contexto, o plantio adensado na cultura do milho pode ser manipulado através de alterações na população de plantas, espaçamento entre linhas, na distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas, o que proporciona modificações na configuração do dossel, podendo afetar a interceptação de radiação solar (Romano et al., 2007). O número ideal de plantas em uma produção de milho vai depender de alguns fatores, tais como a disponibilidade de água, nutrientes e a cultivar que será utilizada (Almeida & Singoi, 1996).

Diversos trabalhos têm sido realizados com a finalidade de avaliar as densidades de plantio no desempenho agrônomo da cultura do milho. Rizzardi, Boller e Dalloglio (1994), estudando a distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção encontraram rendimento de grãos de 8.929 kg ha⁻¹. Porto et al. (2011) estudando variedades de milho a diferentes espaçamentos no planalto de Vitória da Conquista-BA, encontraram produtividade de grãos de 6.026,65 kg ha⁻¹, obtido no espaçamento de 0,4m. Paiva et al. (2015) estudando a resposta do milho crioulo as diferentes densidades populacionais nas condições edafoclimáticas do sertão paraibano, com produtividade de 6.067 kg ha⁻¹ de milho com palha.

Dado a importância do estudo da densidade de plantio na cultura do milho para a obtenção de uma maior produtividade, objetivou-se avaliar a densidade populacional de uma cultivar crioula de milho em sistema agroecológico de produção na região semiárida.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes em Alagoinha no período de novembro de 2023 a março de 2024, no distrito de Alagoinha

(5°03'37 "S, 37°23'50" W), a noroeste de Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, que tem cerca de 400 hectares (Rêgo et al., 2016), em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Argissólico franco arenoso (Embrapa, 2018).

Antes da instalação do experimento foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, as quais foram secas ao ar e peneirada em malha de 2 mm, em seguida foram analisadas no Laboratório de Química e Fertilidade de Solos da UFRSA, para a determinação dos teores de: N; pH; CE; Ca; Mg; K; Na; P e M.O (Tabela 1).

Tabela 1: Análise química do solo da área experimental.

pH	N	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
H ₂ O	----- g kg ⁻¹ -----		----- mg dm ⁻³ -----		----- cmol _c dm ⁻³ -----			
7,20	0,90	9,79	4,8	76,3	12,4	2,40	1,20	0,0

2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco densidades de plantio (uma planta cova⁻¹, correspondendo a 125.000 plantas ha⁻¹; duas plantas cova⁻¹, correspondendo a 250.000 plantas ha⁻¹; três plantas cova⁻¹, correspondendo a 375.000 plantas ha⁻¹; quatro plantas cova⁻¹, correspondendo a 50.0000 plantas ha⁻¹ e cinco plantas cova⁻¹, correspondendo a 625.000 plantas ha⁻¹). A semente utilizada é de variedade crioula, oriunda da propriedade do Sr. Vanilton Pinto de Mesquita, na cidade de Rafael Godeiro - RN, que cultiva a mais de vinte anos a mesma semente.

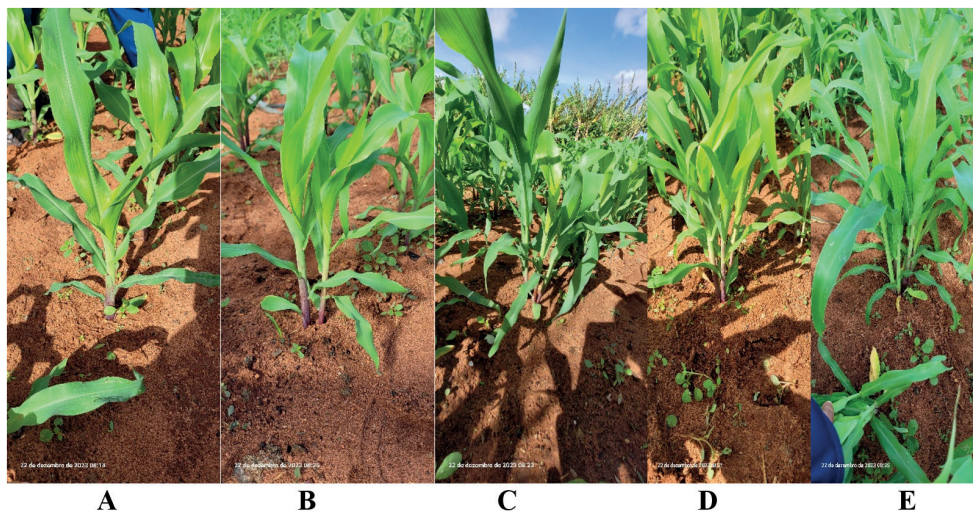
Utilizou-se o espaçamento de 0,4 x 0,2 m, com quatro linhas de plantio, com área total de 2,4 m², constituída de 18; 36; 54; 72; e 90 plantas, sendo a área útil de 1,44 m². Para tanto, utilizou-se um marcador para a abertura das covas (Figura 1A). O milho foi semeado em 04/12/2023, iniciando a emergência em 08/12/2023 (Figura 1B). O desbaste ocorreu sete dias após a emergência das plantas (15/12/2023) (Figura 1C), deixando uma, duas, três, quatro e cinco plantas cova⁻¹ (Figura 2A, 2B, 2C, 2D, 2E). O preparo do solo consistiu da limpeza da área experimental, utilizando enxada e retirada da vegetação, sendo em seguida a construção dos canteiros.

As irrigações foram efetuadas por microaspersão, com turno de rega diária parcelada em duas aplicações (manhã e tarde), correspondendo a 60 minutos de irrigação.

Figura 1. Imagens do marcador de plantio (A), plantio do milho (B) e desbaste na área experimental em alagoinha. UFERSA, 2024.



Figura 2. Imagens das densidades de milho (*Zea mays* L.), com uma planta (A), duas plantas (B), três plantas (C), quatro plantas (D) e cinco plantas cova-1 (E) na área experimental em alagoinha.



Todas as parcelas experimentais foram fertilizadas com esterco bovino, na quantidade de 25,0 t ha⁻¹ correspondendo a 6,0 kg parcela⁻¹. O esterco bovino utilizado foi proveniente da criação de vacas leiteiras da raça Holandesa do setor de bovinocultura da UFERSA (Figura 3), criadas no sistema intensivo, alimentadas com concentrado e tendo como volumoso, o capim canarana (*Echinochloa polystochya* (Kunth) Hitchc.). Foram retiradas três amostras e encaminhadas para o laboratório de solo água e planta do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias, para a determinação dos teores de N; pH; CE; Ca; Mg; K; Na; P e M.O (Tabela 2).

Tabela 2. Análise química do esterco adicionado na área experimental.

pH	N	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
H ₂ O	----- g kg ⁻¹ -----		----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----		
7,70	5,42	158,39	622,3	2.177,2	429,9	8,10	0,50	0,0

A incorporação do esterco bovino ocorreu quinze dias antes ao plantio, sendo realizada em 17/11/2023 em todas as parcelas experimentais (Figura 4).

Figura 3. Imagens da coleta (A) e transporte do esterco bovino (B) no setor de bovinocultura da UFERSA.



Figura 4. Imagens da adição do esterco bovino ao solo com posterior incorporação. UFERSA.



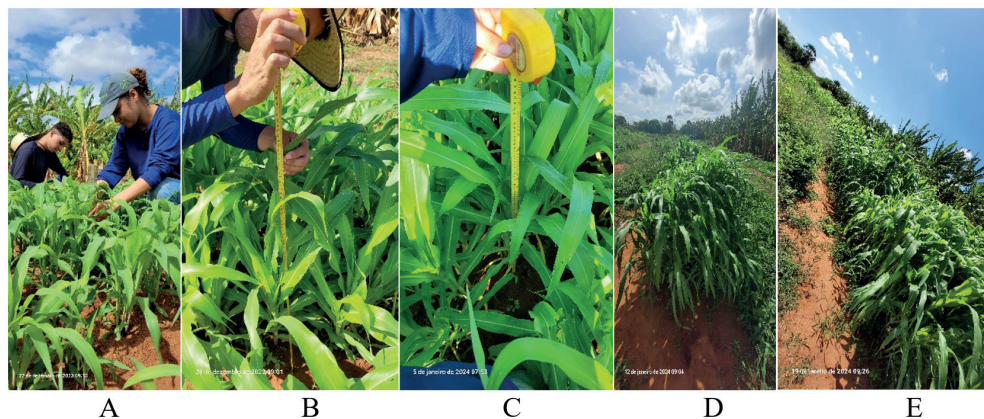
Durante a fase vegetativa realizou-se capinas manuais, garantindo o crescimento das plantas de milho sem a interferência de plantas invasoras que competem por água, nutrientes e luz. Nesta fase, foram realizadas revolvimento do solo entre as linhas de plantio com o auxílio de um escarificador manual.

3 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MILHO (*ZEА MAYS L.*)

3.1 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

Essa análise se deu por ocasião do desenvolvimento das plantas em campo, obtidos com o auxílio de uma trena, medindo-se do nível do solo até a inflexão da última folha totalmente desenvolvida e com o colar visível, sendo expresso em cm planta⁻¹. As avaliações ocorreram aos 14 dias após a emergência (DAE), referente aos estádios V4 (Planta com quatro folhas definitivas), V6 (Planta com seis folhas definitivas), V8 (Planta com oito folhas definitivas), V11 (Planta com onze folhas definitivas) e VT (início do pendoamento), correspondendo a 14, 21, 28, 35 e 42 dias DAE, respectivamente (Figura 5A, 5B, 5C, 5D e 5E).

Figura 5. Imagens das avaliações de crescimento do milho (*Zea mays L.*), aos 14 dias (A), 21 dias (B), 28 dias (C), 35 dias (D) e 42 dias (E) em área experimental.



Diâmetro do colmo

A medição foi realizada com o auxílio de um paquímetro universal a 20 cm acima do nível do solo, sendo utilizadas oito plantas da área útil, com os dados expressos em mm (Figura 6).

Figura 6. Imagens das medições do diâmetro do colmo de milho (*Zea mays* L.) no início do período de pendramento.



Altura da inserção da primeira espiga

Essa avaliação ocorreu aos 70 DAE, sendo feito a medição com o auxílio de uma trena medindo-se a distância do nível do solo ao nó de inserção da primeira espiga em oito plantas da área útil, sendo expresso em cm (Figura 7).

Figura 7. Imagens do momento da medição da altura da inserção da primeira espiga.



Número de espigas planta⁻¹

Foram feitas a contagem de todas as espigas planta⁻¹ em uma amostra de oito plantas na área útil.

Peso total de espigas empalhadas

Foi obtido pela pesagem em balança de precisão de 1,0g (Figura 8) de todas as espigas da área útil, sendo expresso em kg ha⁻¹.

Figura 8. Imagem do peso das espigas empalhadas.



Peso de espigas empalhadas comercializáveis

Foram pesadas todas as espigas livres de danos causados por pragas ou doenças com comprimento igual ou superior a 22 cm (Silva et. al., 2006).

Diâmetro da espiga sem palha (mm)

Foi selecionado a partir de dez espigas com comprimento igual ou superior a 17 cm de boa sanidade e granação (Silva et. al., 2006). (Figura 9).

Figura 9. Imagem da medição do diâmetro da espiga sem palha.



Teor de umidade das sementes de milho (%)

Foi determinado de uma amostra de 281,57 g, colocado em estufa de circulação de ar a 65°C por 72 h.

Figura 10. Imagem das sementes na estufa e pesagem.



3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada de acordo com os métodos convencionais de análise de variância (Kronka e Banzato, 1995), utilizando o software estatístico ESTAT (Barbosa, Malheiros e Banzatto, 1992). O procedimento de ajuste da curva de resposta foi realizado por meio do Software ESTAT (Barbosa, Malheiros e Banzatto, 1992), aplicando-se análise de regressão e realizando testes de hipóteses que auxiliam o pesquisador a aceitar ou rejeitar uma hipótese estatística com base nos resultados experimentais (Assis, Sousa e Linhares, 2020; Assis, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado diferença estatística em função das densidades de plantio, ao nível de $p < 0,01$ de probabilidade para as características percentual comercial do milho com palha, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga e peso médio da espiga. Para as características produção total da espiga na palha e altura de planta, houve diferença estatística ao nível de $p < 0,05$ de probabilidade, não havendo diferença estatística para altura da inserção da espiga (Tabela 3). As sementes de milho foram colhidas com 45,23 %.

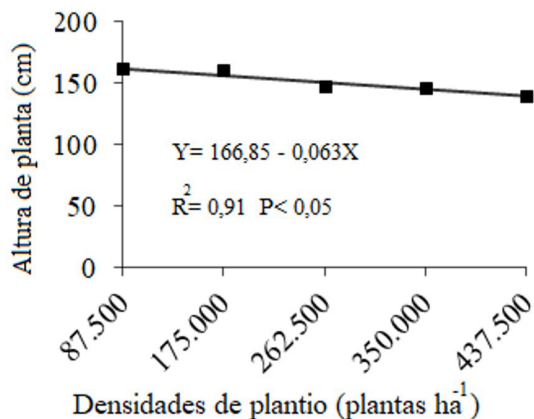
Tabela 3. Altura de planta, expresso em cm planta⁻¹ (AT), altura da inserção da espiga, expresso em cm (AIE), diâmetro do colmo, expresso em mm (DC), diâmetro da espiga, expresso em mm (DE), produção total de espiga na palha, expresso em t ha⁻¹ (PT), percentual comercial de milho com palha, expresso em % (PCM) e peso médio de espiga, expresso em gramas (PME) em função de diferentes densidades de plantio de milho, variedade crioula.

Causas da Variação	GL	AT	AIE	DC	DE	PT	PCM	PME
Tratamentos	4	6,7*	2,8 ^{ns}	29,2**	8,7**	4,8*	14,9**	18,2**
Blocos	3	1,7 ^{ns}	2,7 ^{ns}	2,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}
Resíduo	12	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Média	----	150,2	105,2	14,8	44,7	30,4	52,2	95,6
CV (%)	----	9,0	5,4	6,34	2,0	28,3	18,8	18,5

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade e ns não significativo.

Na característica altura de planta, houve um decréscimo com o aumento das densidades de plantio, com valor máximo de 161,30 cm planta⁻¹ na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹, sendo que, a maior densidade de plantio (437.500 plantas ha⁻¹) obteve altura de 139,10 cm planta⁻¹, com diferença de 22,20 cm (Figura 11). Com o aumento das densidades de plantio, provavelmente ocorreu uma maior demanda por nutrientes e luz, acarretando uma diminuição na estatura da planta. Segundo Campos et al. (2010) o aumento na altura de plantas na cultura do milho é de grande importância, pois favorece altura da inserção da espiga, contribuindo no processo de colheita. Santos et al. (2011) avaliando a produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente encontraram altura máxima de plantas de 212,81 cm com aplicação da dose de 33,81 t ha⁻¹ de biofertilizante na densidade de 57.143 plantas ha⁻¹ valor superior a referida pesquisa. Essa superioridade se deve possivelmente a densidade de plantio (57.143 plantas ha⁻¹) associado à dose de biofertilizante.

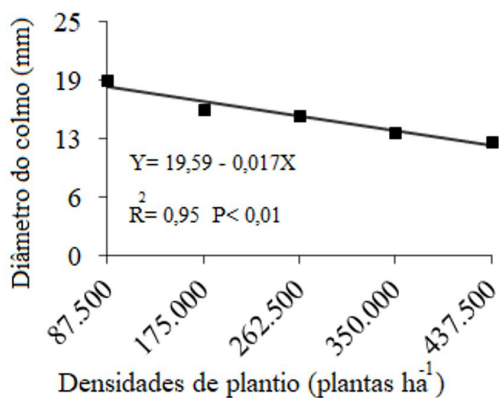
Figura 11. Altura de planta de milho (*Zea mays L.*) em função de diferentes densidades de plantio.



Para o diâmetro do colmo, houve decréscimo em função das diferentes densidades de plantio, com valor máximo de 18,03 mm na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹ (Figura 12). Esse diâmetro correspondeu a um acréscimo de 6,28 mm em relação a maior densidade de plantio (437.500 plantas ha⁻¹). O diâmetro é influenciado por diversos fatores, como clima, solo, práticas culturais, pragas, doenças, e principalmente fatores genéticos (Gomes et al., 2010). Segundo Magalhães e Durães (2006) o colmo constitui em órgão de reserva, onde ocorre a transformação de açúcares em amido, contribuindo para o maior acúmulo de matéria seca na planta de milho.

Silva et al. (2023) estudando a avaliação agrônômica de híbridos de milho cultivado no cone sul de Rondônia na densidade de 75.000 plantas ha⁻¹, encontraram diâmetro do colmo de 16,65 e 13,23 mm para os híbridos AG8480 PRO 3 e GNZ7340 VIP 3, respectivamente, valores estes inferiores a presente pesquisa. Silva Filho et al. (2022) estudando a produtividade e características estruturais de cultivares de milho para a produção de silagem encontraram diâmetro do colmo de 16,37 mm para o híbrido AG8088 PRO aquém da referida pesquisa. Diâmetro maiores de colmo se correlaciona positivamente com produtividades maiores de grãos, tendo em vista que esse órgão funciona como estrutura de reserva, ocorrendo translocação de fotoassimilados para os grãos (Soratto et al., 2010).

Figura 12. Diâmetro do colmo do milho (*Zea mays* L.) em função de diferentes densidades de plantio.

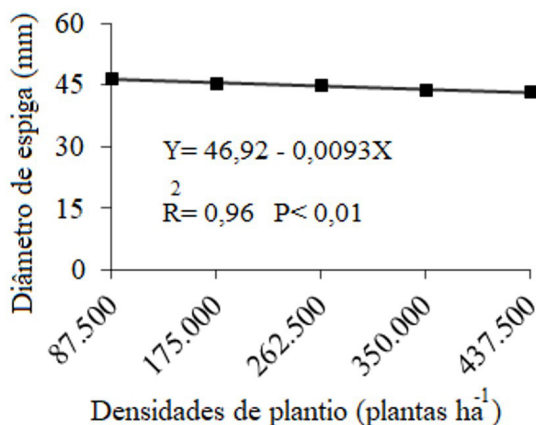


No diâmetro de espigas comerciais, houve decréscimo em função das densidades de plantio, com valor máximo de 46,36 mm, na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹ (Figura 13). Entre a maior densidade (437.500 plantas ha⁻¹) e a menor (87.500 plantas ha⁻¹) houve diferença de 3,26 mm. De acordo com Cardoso et al. (2011) espigas comerciais, consideradas aceitas pelos consumidores, devem apresentar diâmetro superior a 3,0 cm, equivalent a 30 mm. Segundo Arruda et al. (2022), destaca que em populações maiores,

ocorre uma diminuição no metabolismo das plantas e na produção de substâncias e tecidos vegetais, o que contribui para a diminuição das espigas.

Paiva et al. (2015) estudando a resposta do milho crioulo a diferentes densidades populacionais nas condições edafoclimáticas do sertão paraibano encontraram diâmetro de espiga verde de 41,98 mm na densidade de 20.000 plantas ha⁻¹, o que difere ao resultado da presente pesquisa. Arruda et al. (2022) avaliando indicadores de produção de cultivares de milho verde em diferentes densidades populacionais, encontraram diâmetro de espiga de 6,09 cm, equivalente a 60,9 mm na densidade de 40.000 plantas ha⁻¹, sendo superior a referida pesquisa. Provavelmente a baixa densidade em relação a presente pesquisa foi o que contribuiu para um diâmetro superior.

Figura 13. Diâmetro da espiga de milho (*Zea mays* L.) em função de diferentes densidades de plantio.

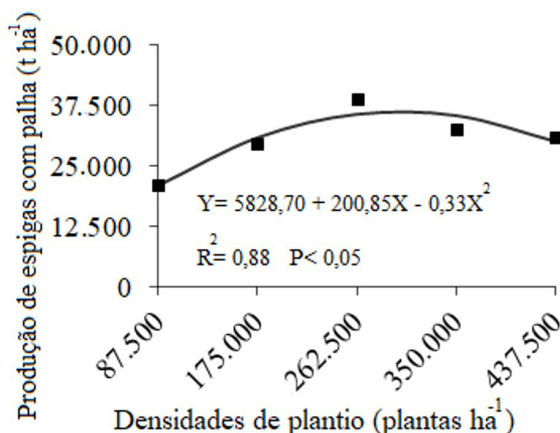


Para a produção de milho com palha, houve acréscimo em função das densidades de plantio, com valor máximo de 36.389 kg ha⁻¹ na densidade de 304.318 plantas ha⁻¹ (Figura 14). Nas densidades posteriores ocorreu um decréscimo na produção total, provavelmente pela maior demanda de nutrientes pela cultura. É importante frisar, que o aumento da densidade de plantio, contribui de sobremaneira para a redução do número de espigas planta⁻¹ e do tamanho da espiga, afetando diretamente na produção comercial do milho (Cruz et al., 2011). Fornasieri Filho (2007) afirma que o rendimento de uma lavoura de milho tem influência direta com a densidade de plantas até atingir uma densidade ótima agrônômica, a partir da qual ocorre um decréscimo progressivo de produtividade.

Santos et al. (2011) estudando a produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente, encontraram produtividade de espigas com palha de 14.388 kg ha⁻¹ com a aplicação de 48 m³ ha⁻¹

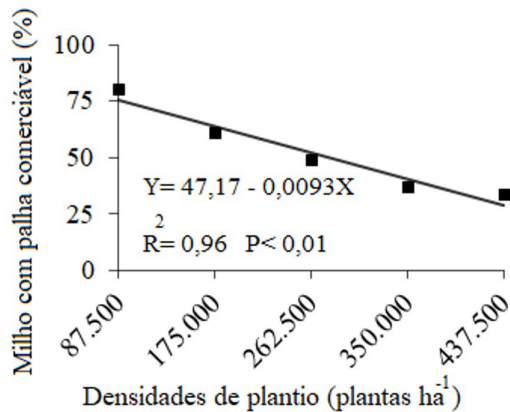
de biofertilizante, valor este inferior a referida pesquisa. Essa inferioridade se deve possivelmente a densidade de 57.143 plantas ha⁻¹ utilizada nessa pesquisa. Assim como Arruda et al. (2022) avaliando indicadores de produção de cultivares de milho verde em diferentes densidades populacionais, encontraram rendimento de 15.450 kg ha⁻¹ na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹, inferior a referida pesquisa. Provavelmente a baixa densidade em relação a presente pesquisa foi o que contribuiu para uma produção inferior. Paiva et al. (2015) estudando a resposta do milho crioulo as diferentes densidades populacionais nas condições edafoclimáticas do serão paraibano, encontraram peso total de espiga de 3.573 Mg ha⁻¹ na densidade de 55.555 plantas ha⁻¹.

Figura 14. Produção de espigas com palha de milho (*Zea mays* L.) em função de diferentes densidades de plantio.



Em relação ao percentual de milho com palha, com espigas com comprimento maior ou igual a 22,0 cm (Silva et al., 2006), houve um decréscimo em função das diferentes densidades de plantio, com valor máximo de 75,51% para a densidade de 87.500 plantas ha⁻¹ (Figura 15). Arruda et al. (2022) avaliando indicadores de produção de cultivares de milho verde em diferentes densidades populacionais, encontraram rendimento de 15.450 kg ha⁻¹ na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹, inferior a referida pesquisa. Silva (2019) estudando o desempenho de cultivares de milho verde sob diferentes espaçamentos de semeadura em fileiras duplas encontraram percentual de espigas comerciais de 61,25 e 79,37% para as cultivares AG8677 e BM3061, respectivamente, valores próximos à referida pesquisa.

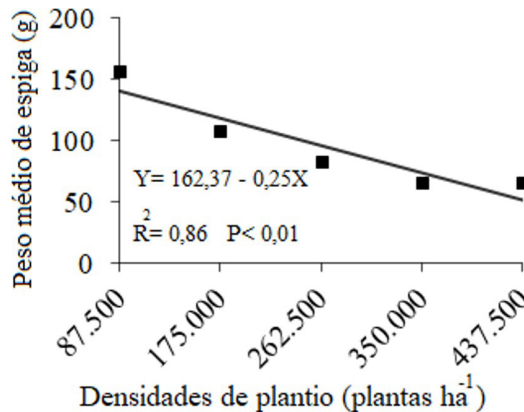
Figura 15. Milho com palha comerciável (%) em função de diferentes densidades de plantio.



O maior peso de espigas (140,13 g) foi observado na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹, correspondendo a um acréscimo de 88,98 g para a densidade de 437.500 plantas ha⁻¹ (Figura 16). O peso de espiga com palha é uma importante característica que deve ser levada em consideração quando se avalia cultivares para o consumo in natura, devido à espiga de milho verde ser transportada com a palha até o destino final, quando sua comercialização destina-se a indústria de beneficiamento, o que reduz os danos físicos causados pelo transporte (Rodrigues et al., 2018).

Silva et al. (2023) estudando a avaliação agrônômica de híbridos de milho cultivado no cone sul de Rondônia na densidade de 75.000 plantas ha⁻¹, encontraram diâmetro do colmo de 16,65 e 13,23 mm para os híbridos AG8480 PRO 3 e GNZ7340 VIP 3, respectivamente, valores estes inferiores a presente pesquisa. Assim como Costa et al. (2016) avaliando as cultivares de milho em diferentes épocas de plantio no estado do Tocantins encontraram peso médio de espigas de 112; 115 e 135,5 g para as cultivares BRS2020, 30F53YH e BALU761, respectivamente na densidade de 50.000 plantas ha⁻¹, sendo inferiores a referida pesquisa. Já, Carvalho (2012) avaliando as características de espiga verde de milho (cv Eldorado) em consórcio com cultivares de feijão-vagem arbustivo sob manejo orgânico, obteve espigas de milho verde sem palha com peso médio de 153,8 g, o que difere a referida pesquisa.

Figura 16. Peso médio de espiga com palha comerciável em função de diferentes densidades de plantio.



5 CONCLUSÃO

A melhor densidade de plantio para a produção de milho com palha foi de 304.318 plantas ha⁻¹ com valor máximo de 36.389 kg ha⁻¹.

Nas demais características (altura de planta, diâmetro do colmo, diâmetro da espiga, percentual comercial de milho com palha e peso médio da espiga) com desempenho agrônômico na densidade de 87.500 plantas ha⁻¹.

6 AGRADECIMENTO

Ao Grupo de Pesquisa Jitirana-CNPQ, que desde 2005, desenvolve pesquisas com espécies espontâneas do semiárido [jitirana (*Merremia aegyptia* L.), flor-de-seda (*Calotropis procera*), mata-pasto (*Senna uniflora* e *Senna obtusifolia* L.) e palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) na produção orgânica de hortaliças e à UFERSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido), pela estrutura física, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, para a realização dos trabalhos científicos.

REFERÊNCIAS

ASSIS, J. P., SOUSA, R. P., & LINHARES, P. C. F. **Testes de hipóteses estatísticas**. EdUFERSA. 2020. <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2020/08/testes-de-hipoteses-estatisticas-edufersa.pdf>

ASSIS, J. P. **Regressão linear simples, correlação linear simples, regressão linear múltipla e correlação linear múltipla**. EdUFERSA, 310p. 2013. <https://livraria.ufersa.edu.br/regressao-e-correlacao-linear-simples-e-multipla/>

ALMEIDA, M. L.; & SANGOI, L. **Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento**. PESQ. AGROP. GAÚCHA, v.92, n.8, p.179-183, 1996.

ARRUDA, de. P. F.; MATOS, M. H. M.; CRUZ, F. L. A.; & FARIAS, R. E. **Indicadores produtivos de cultivares de milho verde em diferentes densidades populacionais.** Revista caatinga, v.35, n.2, p.331-339. 2022.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; & SANDINI, I. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

BARBOSA, J. C.; MALHEIROS, E. B.; BANZATTO, D. A. **ESTAT: Um sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos.** Jaboticabal: Unesp, Versão 2.0. 1992.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 4ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 4ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

CAMPOS, M. C. C., SILVA, V. A., CAVALCANTE, I. H. L., BECKMANN, M. Z. (2010). **Produtividade e características agrônômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no estádio de Goiás.** Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental, v.8, n.1, p.77-84, 2010.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; & MELO, F. B. **Performance de cultivares de milho-verde no município de Teresina, Piauí.** Teresina: Meio-Norte, 4 p. Meio-Norte. Comunicado Técnico, (227), 2011.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; SOUZA, A.; DAIANA, A. S.; SILVA, D. A.; BARRETO, T. P.; GARBUGLIO, D. D.; & FERREIRA, J. M (2010). **Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico.** Acta Scientiarum. Agronomy, v.32, n.2, p.229-233, 2010.

CARVALHO, J. F. **Avaliação de cultivares de feijão-caupi e feijão vagem arbustivo em sistema orgânico de produção.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 74p, 2012.

COSTA, V. R.; SIMON, J.; ALMEIDA, M. E. R.; SILVA, D. D.; COSTA, V. L.; CAMPOS, M. J. L. **Avaliação de cultivares de milho em diferentes épocas de plantio no estado do Tocantins,** Milho e Sorgo, p. 22, 2017.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do milho. EMBRAPA MILHO E SORGO/Brasília,** 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 306 p.

Esperancini, M. S. T.; Paes, A. R.; & Bicudo, S. J. **Análise de rentabilidade e risco na produção de milho verão, em três sistemas produtivos, na região de Botucatu, estado de São Paulo.** Informações Econômicas, v.34, n.1, p.25-33, 2004.

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H. DE.; MORAIS, B. F. DE.; & LOPES, M. T. G (2010). **Resistência ao acamamento de plantas e ao quebraamento do colmo em milho tropical.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, n.2, p.140-145, 2010.

FORNASIERI FILHO D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal: Funep. 2007, 576p.

MAGALHÃES, P. C.; & DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Circular Técnica, n. 76, 2006.

- MARTIN, T. N.; TOMAZELLA, A. L.; CÍCERO, S. M.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L., VIEIRA JÚNIOR, P. A. **Questões relevantes na produção de sementes de milho.** Revista da FZVA, Uruguaiana, v.14, n.1, p.119-138, 2007.
- MIRANDA, R. A. de. **Uma história de sucesso da civilização.** A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.
- PAIVA, S. V. A., PEREIRA, J. E. B., ALMEIDA, R. S. DE., HAFLE, O. M., OLIVEIRA, F. T. **Agropecuária científica no Semi-Árido,** v.11, n.1, p.120-125, 2015.
- PORTO, F. P. A., VASCONCELOS, DE. C. R., VIANA, S. E. A., ALMEIDA, S. R. M. **Cultivares de milho submetido a diferentes espaçamentos e manejos de capinas no planalto da conquista – BA.** Dissertação. Vitória da conquista – BA. 73f, 2010.
- ROMANO, M. R., ANDRADE, J. M. DE., ROCHA, C. H., & VERBURG, N (2007). **Desempenho de cinco variedades de milho crioulo em diferentes sistemas de produção.** Resumos do V CBA - Manejo de Agroecossistema Sustentáveis Revista Brasileira de Agroecologia, v.2, n.2, 2007.
- Rêgo, L. G. S.; Martins, C. M.; Silva, E. F.; Silva, J. J. A.; & Lima, R. N. S. **Pedogênese e classificação de solos de uma fazenda experimental em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.** Revista Caatinga. v.29, n.4, p.1036-1042, 2016.
- Rizzardi, M. A., Boller, W., & Dalloglio, R. C (1994). **Distribuição de plantas de milho na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, n.8, p.1231-1236, 1994.
- RODRIGUES, F.; MELO, P. G. S.; RESENDE, C. L. P.; MIROJINSKI, F.; MENDES, R. C.; & SOLVA, M. A. **Aptidão de híbridos de milho para o consumo in natura.** Revista de Ciências Agrárias, v.41, n.1, p.211-220, 2018.
- SANTOS, M. R. DOS.; SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C. DOS.; SALGADO, L. T.; & VIDIGAL, S. M. **Produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente.** Revista Ceres, v.58, n.1, p.77-83, 2011.
- SANTOS, M. R., SEDIYAMA, M. A. N., SANTOS, I. C., SALGADO, L. T., & VIDIGA, S. M (2011). **Produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente.** Revista Ceres, v.58, n.1, p.77-83.
- SILVA, L. D.; GUIMARÃES, H. P.; RICARDO, G. X.; GOMES, E. T.; BOMFIM, E. S.; SILVA, K. A. L.; QUINTANS, N. J.; & CATÂNIO, J. V. F (2023). **Avaliação Agrônômica de híbridos de milho cultivados no Cone Sul de Rondônia.** Brazilian Journal of Development, 2023.
- SILVA, S. N. S (2019). **Desempenho de cultivar de milho verde sob diferentes espaçamentos de semeadura em fileiras duplas.** Trabalho de conclusão de curso de agronomia, Universidade Federal de Alagoas, campus Arapiraca, p. 46.
- Silva, E. T., Cunha, J. L. X. L., Madalena, J. A. S., Silva, J. A. C., Silva, W. T (2006). **Produção de milho (Zea mays L.) em consórcios com gramíneas forrageiras.** Caatinga (Mossoró, Brasil), v.21, n.4, p.29-34, 2006.
- Soratto, R. P.; Pereira, M.; Costa, T. A. M.; Lampert, V. N (2010). **Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja.** Revista Ciência Agrônômica, v.41, n.4, p.511-518, 2010.
- Silva, P. R. F., Sangoi, L., Argenta, G., Strieder, M. L. **Importância do arranjo de plantas na definição da produtividade do milho.** Porto Alegre: UFRGS; Evangraf, 2006. 65p.

PODA DE FORMACIÓN EN PLANTAS DE LIMÓN PERSA DURANTE LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO

Data de submissão: 05/02/2025

Data de aceite: 21/02/2025

Pablo Ulises Hernández Lara

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Huimanguillo
Huimanguillo, Tabasco, México
<https://orcid.org/0009-0000-6976-7574>

Sergio Salgado Velázquez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Huimanguillo
Huimanguillo, Tabasco, México
<https://orcid.org/0000-0002-8443-3190>

Diana Rubi Ramos López

Universidad Popular de la Chontalpa
Cárdenas, Tabasco, México
<https://orcid.org/0009-0007-9653-3432>

RESUMEN: El manejo agronómico del cultivo de limón Persa en Huimanguillo Tabasco, presenta limitantes que se manifiestan desde el establecimiento de la plantación como es la inadecuada formación de los árboles en la etapa de implantación. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de la poda de formación (PF) en plantas jóvenes de limón

Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), acompañada de prácticas agronómicas en una plantación comercial de ocho meses de edad injertada en naranjo agrio. La investigación se realizó de marzo a diciembre del 2021 en el Ejido Libertad, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. Se utilizó estadística clásica para describir el comportamiento del diámetro del tronco del portainjerto (DTP), diámetro del tronco del limón Persa (DTLP), la relación entre ambos troncos, como variables de respuesta del tronco y la altura total, altura inferior, altura real y diámetro de la copa, como variables de respuesta de la copa. Se estableció un diseño completamente al azar con cinco tratamientos. Se utilizaron dos filas con 30 árboles de limón Persa cada una, donde cada árbol fue una unidad experimental. Los tratamientos fueron: (T1) testigo, (T2) poda, (T3) poda+aporque, (T4) poda+aporque+fertilización y (T5) poda+aporque+fertilización+bioestimulación. El T4 desarrolló el mayor DTP (4.75 cm), expresó el mejor crecimiento y desarrollo vegetativo en la formación de ramas bien distribuidas superando al resto de los tratamientos evaluados. El T4 desarrolló el mayor DTLP (4.73 cm), en comparación con los otros tratamientos. Los T3 y T4 compartieron la mejor compatibilidad en la relación de sus troncos. A partir del presente estudio, fue posible sugerir recomendaciones de manejo agronómico aplicables a las necesidades y recursos de los productores de la región, como fue la adecuada poda de

formación al momento de la siembra, el aporque del suelo para mejorar la aireación y absorción de nutrientes, y la fertilización fraccionada.

PALABRAS CLAVE: Despunte. Estructura. Brote. Manejo agronómico.

TRAINING PRUNING IN PERSIAN LEMON PLANTS DURING THE ESTABLISHMENT STAGE

ABSTRACT: The agronomic management of the Persian lemon crop in Huimanguillo Tabasco, presents limitations that manifest themselves from the establishment of the plantation, such as the inadequate formation of the trees in the implantation stage. The objective of the study was to evaluate the response of training pruning (PF) in young Persian lemon plants (*Citrus latifolia* Tanaka), accompanied by agronomic practices in an eight-month-old commercial plantation grafted on sour orange. The research was carried out from march to december 2021 in the Ejido Libertad, Municipality of Huimanguillo, Tabasco, Mexico. Classical statistics were used to describe the behavior of the rootstock trunk diameter (DTP), trunk diameter of the Persian lemon (DTLP), the relationship between both trunks, as response variables of the trunk and the total height, lower height, real height and diameter of the crown, as response variables of the crown. A completely randomized design was established with five treatments. Two rows with 30 Persian lemon trees each were used, where each tree was an experimental unit. The treatments were: (T1) control, (T2) pruning, (T3) pruning+hilling, (T4) pruning+hilling+fertilization and (T5) pruning+hilling+fertilization+biostimulation. T4 developed the highest DTP (4.75 cm), expressed the best growth and vegetative development in the formation of well-distributed branches, surpassing the rest of the treatments evaluated. T4 developed the highest DTLP (4.73 cm), compared to the other treatments. The T3 and T4 shared the best compatibility in their trunk ratio. From this study, it was possible to suggest agronomic management recommendations applicable to the needs and resources of the producers in the region, such as adequate training pruning at the time of planting, soil hilling to improve aeration and nutrient absorption, and fractional fertilization.

KEYWORDS: Heading. Structure. Bud. Agronomic management.

1 INTRODUCCIÓN

El limón Persa es una de las principales exportaciones de México. La principal región productora de limón Persa en Tabasco es la región correspondiente a la sabana de Huimanguillo, donde los suelos son de textura arcillosa, muy ácidos y frecuentemente con un contenido mayor de 40% de aluminio intercambiable (Zetina *et al.*, 2002), lo que provoca clorosis férrica y deficiencias de magnesio. Para el año 2021 en el estado de Tabasco la superficie sembrada fue de 7,227.32 ha. El municipio de Huimanguillo siembra el 97% de la superficie total, siendo el principal productor de este frutal en el estado con 7,015 ha sembradas, de las cuales se obtiene un rendimiento promedio de 12.09 t por ha (SIAP, 2021). El manejo agronómico en el cultivo de limón Persa presenta limitantes desde el momento en que se establece la plantación y durante el ciclo de vida del mismo, como es

la preparación del terreno, orientación en la siembra, desconocimiento en la fertilización, mala selección del portainjerto, control inadecuado de plagas y enfermedades, así como la mala formación de los árboles en la etapa de establecimiento. Durante la etapa de implantación surge la necesidad de realizar poda de formación (PF), debido a que algunos de los factores que favorecen la expresión del potencial productivo del cultivo son una adecuada estructura de la planta y la iluminación. La adecuada PF brinda al árbol una estructura ideal con la finalidad de formar un armazón o esqueleto fuerte y vigoroso, capaz de soportar daños mecánicos por acción de las prácticas desarrolladas, corrientes de aire, así como por el peso de las ramas y los frutos en las futuras cosechas (Curti-Díaz *et al.*, 1998; Casierra y Fischer, 2012). La mayoría de los productores de limón Persa en la región no realizan esta práctica, y en aquellos que sí lo hacen, existe desconocimiento acerca de cuánto, cuándo y cómo podar. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta de la PF acompañada de prácticas agronómicas en plantas jóvenes de limón Persa (*Citrus latifolia* T.) injertadas en naranjo agrio.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó de marzo a diciembre del 2021 en el Ejido Libertad Agraria, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, en una plantación comercial de limón Persa de ocho meses de edad, con un marco de siembra de 6.0 m x 5.5 m (303 árboles por hectárea), en las coordenadas GPS: latitud 17° 39' 26" N y longitud 93° 24' 22" W tomadas por el sistema de información geográfica Google Earth, con una altitud del sitio de 35 m s. n. m. Esta zona, como en la mayoría del territorio de la entidad (95%), presenta clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am). La temperatura máxima se registra antes de la estación lluviosa y del solsticio de verano (mayo) con valor medio de 36°C llegando a 42°C como el registro más caluroso y la mínima es de 18.5°C que se presenta en enero (García, 1973).

2.2 MANEJO DE LA PLANTACIÓN

El manejo agronómico de la huerta lo realizó el productor cooperante. Las actividades se describen a continuación: a) manejo de la maleza en los meses de marzo, mayo, julio, septiembre, noviembre y diciembre, con desbrozadora y chapeo manual con machete. b) manejo de plagas: control de minador, araña roja, mosca prieta, diaforina y pulgón en abril, mayo, junio, agosto, octubre, noviembre y diciembre, con aceite parafínico/concentrado emulsionable y jabón líquido comercial al 2% para ambos productos. Así

mismo se aplicó (E)-1-(6-Cloro-3-Piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidenamina al 0.3 % y *Streptomyces avermitilis* formulado como concentrado emulsionable al 3%, ambos aplicados como refuerzo para el control de insectos chupadores. c) riego de auxilio suministrado cada 15 días durante los meses de abril, mayo, junio y agosto, por ser los meses más calurosos y con baja humedad en el suelo. Se aplicaron de 20 a 30 L de agua por planta, y d) para aquellos tratamientos diferentes al testigo, se eliminaron chupones, también llamados “mamones” o “cuchos” provenientes del portainjerto cada que estos emergían y se aplicó inmediatamente cubre poda para evitar la entrada de patógenos.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA DE PODA DE FORMACIÓN

La PF es una labor indispensable en el manejo agronómico del cultivo de limón Persa, la cual se sugiere realizar al momento del establecimiento de las plantas en terreno definitivo, o incluso, desde que la planta se encuentra en vivero (Figura 1).

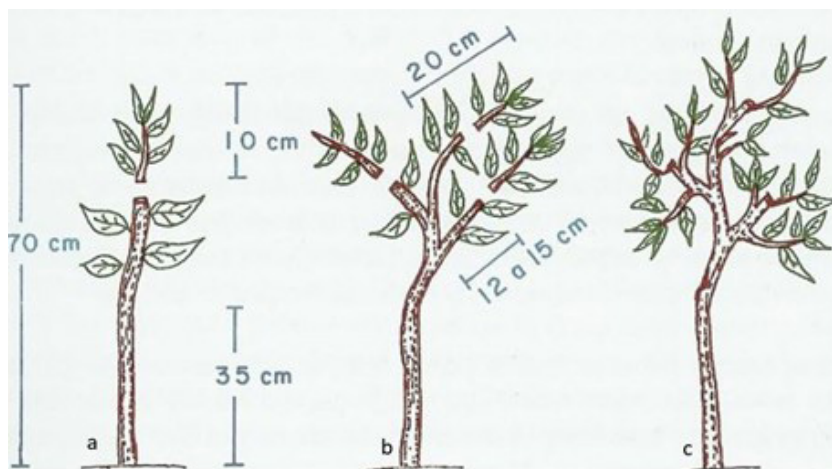
Figura 1. Poda de formación recomendada desde la etapa de producción de planta (vivero). Créditos: Hernández Lara Pablo Ulises.



La PF en la etapa de establecimiento debe ser ligera y al ritmo en que el árbol la requiera, pues si se hace una poda agresiva y constante, lo que se logra es mucho crecimiento de brotes, los cuales son débiles; así como brotes que salen del mismo punto del tallo, por lo que retarda el crecimiento y futura entrada a producción. Debido al desequilibrio fisiológico generado por la acción de una poda no adecuada, se puede

ocasionar la muerte del árbol (Hernández y Ramos, 2023). La PF se realizó de acuerdo a Curti Díaz *et al.*, 2000, y consiste en realizar un despunte de 10 cm al tallo principal del árbol a manera de romper la dominancia apical y así estimular la brotación lateral de las yemas (Figura 2a). De los brotes formados, se seleccionan tres o cuatro distribuidos alrededor del tallo, los cuales se convertirán en las ramas primarias que darán inicio a la formación del esqueleto del árbol. Si emerge más de un brote en el mismo punto del tallo, debe seleccionarse el más vigoroso o el que está en mejor posición y eliminar el resto de ellos. Cuando las ramas primarias alcancen 20 cm de longitud, se realiza un segundo despunte de cinco a siete centímetros para romper nuevamente la dominancia apical y así estimular una vez más la brotación lateral de yemas (Figura 2b). De los nuevos brotes, se seleccionan dos o tres distribuidos alrededor de cada rama primaria. Si emerge más de un brote en el mismo punto de la rama primaria se selecciona el más vigoroso o el que está en mejor posición y se elimina el resto de ellos. Al finalizar, el árbol tendrá entre ocho y 12 ramas bien distribuidas y una excelente formación de la copa (Figura 2c) (Hernández y Ramos, 2023).

Figura 2. Despuntos necesarios que reflejan una adecuada poda de formación. a). Primer despunte de 10 cm al tallo principal, b). Segundo despunte de cinco a siete cm a las tres o cuatro ramas primarias seleccionadas, c). Selección de dos o tres brotes distribuidos alrededor de cada rama primaria. Créditos: Curti Díaz Sergio Alberto.



2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS

En este estudio, la práctica de PF se realizó al inicio del experimento. Con apoyo de una tijera de poda marca bellota se realizaron los primeros despuntos. Al pasar de un árbol a otro, la herramienta se desinfectó con una solución comercial a base de hipoclorito de sodio al 5% para evitar transmisión de patógenos. El aporque se realizó con azadón a

una distancia de 1.20 m a partir del tallo de la planta a una profundidad de cinco cm y se incorporó el suelo a favor de la planta. La fertilización se realizó con la mezcla 12-61-00 (nitrógeno y fósforo). En función de la edad de los árboles, se aplicaron 43 g de la mezcla por planta al fondo del suelo en el área de goteo (Curti-Díaz *et al.*, 2000). Así mismo, se aplicó el bioestimulante Maxi-Grow Excel para promover el crecimiento vegetativo a una dosis de 2 mL por L de agua.

2.5 VARIABLES DE RESPUESTA

Los datos de las dimensiones del tronco y de la copa de los árboles de limón Persa se registraron al inicio y al final del experimento, marzo y diciembre del 2021, respectivamente. Ambas mediciones se compararon entre los mismos tratamientos (Curti-Díaz *et al.*, 2012). Otras variables fueron temperatura y humedad relativa.

2.6 DIMENSIONES DEL TRONCO

a). Diámetro del Tronco del Portainjerto (DTP) (cm) y Diámetro del Tronco del Limón Persa (DTLP) (cm). Se dividió la circunferencia de cada uno de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto, entre el valor de Pi (3.1416), y se expresó en centímetros; b). Relación del tronco del portainjerto en comparación con el tronco del limón Persa. Para conocer la relación del desarrollo de ambos troncos, se dividió el DTP entre el DTLP, y se expresó en centímetros.

2.7 DIMENSIONES DE LA COPA

a). Altura Total de la Copa (ATC) (cm). La ATC se midió desde la base del tallo con el suelo hasta donde termina la rama más alta del árbol. b). Altura Inferior de la Copa (AIC) (cm). La AIC se midió desde la base del tallo con el suelo hasta donde inicia la primera rama inferior o rama bajera del árbol. c). Altura Real de la Copa (ARC) (cm). d). Diámetro de la Copa (DC) (cm). Se obtuvo promediando el diámetro de la copa del árbol (cm) registrado en dos direcciones (N-S y E-O), medidos a 1 m de altura del suelo en la parte más densa del follaje y siguiendo la forma normal de la copa, es decir, sin considerar las ramas largas que sobresalieron de la misma (Ledo *et al.*, 2008).

2.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron dos filas con 30 árboles de limón Persa cada una. Se estableció un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos (prácticas agronómicas) incluyendo

el testigo y 12 repeticiones por cada tratamiento (Cuadro 1). Se obtuvo un total de 60 unidades experimentales donde cada árbol fue una unidad experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa Statistical Analysis System (Anónimo, 2010), versión 9.2. Para la separación de medias se usó la prueba Tukey con probabilidad de error del 5%.

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar, unidades experimentales y descripción de cada uno de los tratamientos.

Núm. de Tratamientos	Unidades experimentales	Descripción
T1	12	Testigo o crecimiento natural
T2	12	Poda
T3	12	Poda + Aporque
T4	12	Poda + Aporque + fertilización
T5	12	Poda + Aporque + fertilización + bioestimulación

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones del tronco. El T4 fue el que desarrolló el mayor diámetro del tronco del portainjerto (DTP) con 4.75 cm, y superó al resto de los tratamientos evaluados (Cuadro 2), lo cual coincide con el vigor superior observado visualmente en campo debido a la aceptable compatibilidad entre la unión portainjerto-injerto entre especies, lo que permite un manejo agronómico excelente y una larga vida productiva (Ambriz *et al.*, 2019). Mientras que los tratamientos T2, T3 y T5 mostraron valores intermedios del DTP con 4.32 cm en promedio; finalmente el T1 mostró el DTP más bajo con 3.32 cm, lo cual, se deduce por el secuestro de nutrientes que causan los chupones que nacen a partir de la base del tronco del portainjerto y que a su vez provoca el aumento en el vigor de los mismos. La práctica agrícola de poda más aporque más fertilización (T4), fue la que desarrolló el mayor diámetro del tronco del limón Persa (DTLP) con 4.73 cm. Los tratamientos T2 y T5 mostraron crecimientos intermedios del DTLP con 4.30 cm en promedio; mientras que los tratamientos T1 y T3 mostraron los valores más bajos en sus diámetros con 3.27 y 4.07 cm respectivamente.

Cuadro 2. Influencia de las dimensiones del tronco del portainjerto, tronco del limón Persa y relación entre ambas partes del árbol al final del experimento (diciembre 2021) en una plantación comercial de ocho meses de edad en Huimanguillo, Tabasco.

Tratamientos	Dimensiones del tronco (cm)		Relación DTP vs DTLP (compatibilidad)
	DTP	DTLP	
T1	3.32 ^a	3.27 ^a	1.01 ^a
T2	4.46 ^a	4.26 ^a	1.04 ^b
T3	4.11 ^a	4.07 ^a	1.00 ^a
T4	4.75 ^b	4.73 ^b	1.00 ^a
T5	4.40 ^a	4.35 ^a	1.01 ^a
MEDIA	4.126	4.218	1.003
DMS	1.256	1.860	0.171
CV (%)	2.405	6.610	22.312

Medias con la misma letra, dentro de las columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05\%$. DTP: diámetro del tronco del portainjerto; DTLP: diámetro del tronco del limón Persa.

Se comparó el desarrollo a través del tiempo y se observó un aumento significativo en relación con las prácticas agrícolas aplicadas para todos los tratamientos, resaltando el mejor resultado en el T4. Es importante mencionar que en todos los tratamientos al dividir el DTP entre el DTLP se obtuvieron valores cercanos a uno, característica asociada a una buena compatibilidad que tienen ambas partes del árbol (Schaffer *et al.*, 2001; Milla *et al.*, 2009).

Dimensiones de la copa. La mayor altura real de la copa (ARC) del árbol de limón Persa la generó el T1 (308 cm), que superó significativamente la altura de la copa de los otros tratamientos, resultado que concuerda con lo señalado por Curti-Díaz *et al.*, 2000, sobre la capacidad que tienen los árboles que se dejan crecer de manera natural sin aplicar la práctica de poda en momentos oportunos. Del mismo modo, el diámetro de la copa (DC) del T1 (151 cm) superó a los tratamientos T2, T3, T4 y T5 con 67, 82.5, 50.5 y 70.5 cm respectivamente. Lo anterior debido a que creció de manera natural sin intervención de la práctica de poda de formación. El diámetro de la copa DC del T4 fue superior a 100 cm, lo cual refleja una influencia positiva comparándola con las dimensiones del tronco del portainjerto y del tronco del limón Persa. El menor diámetro de la copa DC lo generó el T3. De los cinco tratamientos evaluados, el T4 que corresponde a la práctica de poda más a por que más fertilización, fue el que mostro un mejor crecimiento y vigor en la formación de ramas bien distribuidas, así como un crecimiento y desarrollo más rápido comparado con los otros tratamientos (Figura 3).

Figura 3. Crecimiento y desarrollo de las plantas de limón Persa y su relación con los tratamientos. a) Testigo o crecimiento natural (T1). b) Poda (T2). c) Poda más aporque (T3). d) Poda más aporque más fertilización (T4). e) Poda más aporque más fertilización más bioestimulación (T5).



3.1 TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA DURANTE EL EXPERIMENTO

Durante el periodo evaluado la temperatura promedio registrada fue de 26°C como mínima y 36°C como máxima, siendo los meses de abril y mayo los más calurosos con registros por encima de 40°C. Así mismo, la humedad relativa promedio registrada durante la mañana, medio día y noche fue de 83%, 54% y 77% respectivamente. La temperatura en el cultivo de limón Persa es un factor importante ya que influye en el crecimiento vegetativo y en la producción o desarrollo de la fruta (Juárez-López *et al*, 2012). Es importante mencionar que durante el tiempo del experimento las temperaturas se comportaron en el rango aceptable que requiere el cultivo de limón Persa. Así mismo,

la alta humedad relativa de 80% a 90% es una ventaja para el crecimiento y desarrollo de los cítricos, ya que disminuye la tasa de transpiración y el consumo de agua es menor comparado en zonas con baja humedad relativa.

4 CONCLUSIÓN

Con la PF aplicada correctamente se logran importantes beneficios como son: controlar la forma y tamaño del árbol, distribuir las ramas principales, promover la floración y fructificación, mejorar la producción en la planta, mejorar la distribución de luz en la copa del árbol, acelerar la entrada a producción, facilitar y hacer eficientes las aspersiones de fitosanitarios y nutrientes al follaje, facilitar la cosecha y proveer de fuerza mecánica al árbol, entre otros. Con el presente estudio, fue posible sugerir recomendaciones de manejo agronómico aplicables a las necesidades y recursos de los productores de la región, como fue la adecuada poda de formación al momento de la siembra, el aporque del suelo para mejorar la aireación y absorción de nutrientes, y la fertilización fraccionada.

LITERATURA CITADA

Ambriz-Cervantes, R., R. Ariza-Flores, M.E. Ovando-Cruz, I. Alía-Tejacal. 2019. Importancia de los portainjertos en la producción de cítricos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México, Folleto para productor Núm. 73. 11 p.

Curti-Díaz, S. A., Hernández-Guerra, C., y Loreda-Salazar, R. X. 2012. Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo. Serie horticultura, 18(3), 291-305.

Curti-Díaz, S. A., X. Loreda-Salazar, U. Díaz-Zorrilla, J. A. Sandoval-Rincón y J. Hernández-Hernández. 2000. Tecnología para producir limón Persa. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico Núm. 8. Veracruz, México. 144 p.

Curti-Díaz, S. A., U. Díaz-Zorrilla, X. Loreda-Salazar, J. A. Sandoval-Rincón, L. Pastrana-Aponte y M. Rodríguez-Cuevas. 1998. Manual de producción de naranja para Veracruz y Tabasco. Libro técnico No. 2. CIRGOC-INIFAP-SAGAR. 175 p.

Casierra-Posada y Fischer-Gerhard. 2012. Poda de árboles frutales. Manual para cultivo de frutales en el trópico (G. Fischer, ed). Produmedios, Bogotá. 2012. 169-185p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 246pp.

Hernández-Lara, P. U y Ramos-López, D. R. 2023. Poda de formación, una tecnología necesaria en el cultivo de limón Persa. Agoregión. Vol. 17. Núm. 122. 34-36p.

Juárez L. J. F., Aceves N. L. A., Obrador O. J. J., González M. R., Torres R. N. N y Hernández G. M. 2012. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en el estado de Campeche. Secretaria de Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Tomo IX-2022.

Ledo, A. Da S., Oliveira, T. K. De., Rotzinger, R., Azevedo, F. F. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. Revista Ciencia Agronômica 39(2): 263-268.

Schaffer, G., Bastianel, M., Cunha Dornelles. 2001. Porta-enxertos utilizados na citricultura. Ciencia Rural, Santa María 31(4): 723-733.

SIAP 2021. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Consultado el 25 de marzo de 2021 http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do?sessionId=838BF41A647EF2A21E6B87012C1AB33A.

Milla, D., Arizaleta, M., Díaz, L. 2009. Crecimiento del limero 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el Municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. Revista UDO Agrícola 9 (1): 85-95.

Zetina L. R., Pastrana A. L., Romero M. J., Jiménez Ch. J. A. 2002. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. INIFAP-CIRGOC. Campos experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Libro Técnico Núm. 10. Veracruz, Veracruz, México. 170p.

LOS MACHOS CABRÍOS FOTO-ESTIMULADOS SIN EXPERIENCIA SEXUAL INCREMENTAN LA TESTOSTERONA PLASMÁTICA DURANTE EL PRIMER CONTACTO SOCIO-SEXUAL CON HEMBRAS

Data de submissão: 26/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

Ilda G. Fernández

Centro de Investigación en
Reproducción Caprina (CIRCA)
Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

Periférico Raúl López Sánchez, 27054
Torreón, Coahuila, México

<https://orcid.org/0000-0001-5838-1369>

RESUMEN: El aislamiento social es un factor estresante que afecta el sistema reproductivo de los machos, el cual está controlado por el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, y puede limitar el aprendizaje socio-sexual. La testosterona, un andrógeno importante para el comportamiento sexual, puede verse afectada por factores ambientales, como el contacto social y el fotoperíodo. Durante la estación reproductiva, los machos cabríos con experiencia sexual presentan un mayor comportamiento sexual, circunferencia escrotal y secreción de testosterona. El objetivo del estudio fue comparar la secreción de testosterona plasmática en machos

cabríos fotoestimulados, sin experiencia sexual, alojados en grupo social y de forma individual, durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas. Se utilizaron 10 machos cabríos criollos, divididos en dos grupos: 5 machos alojados en grupo y 5 de manera individual. Ambos grupos recibieron un tratamiento fotoperiódico de días largos (16 horas de luz y 8 horas de oscuridad) entre noviembre y enero. En marzo, los machos fueron puestos en contacto con hembras anéstricas, y se analizaron semanalmente sus concentraciones de testosterona plasmática hasta mayo. Los resultados mostraron que las concentraciones de testosterona no difirieron significativamente entre los machos alojados en grupo y los alojados de manera individual, aunque ambos grupos presentaron un aumento en las concentraciones de testosterona durante el primer contacto con las hembras. Tras el contacto, los niveles de testosterona disminuyeron de manera similar en ambos grupos, pero los machos alojados en grupo mostraron un mayor aumento hacia finales de mayo. **Conclusiones:** Los machos fotoestimulados sin experiencia sexual alojados de manera individual mostraron concentraciones de testosterona plasmática similares a las de los machos alojados en grupo durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas.

PALABRAS CLAVE: Reproducción animal. Aislamiento social. Testosterona plasmática. Fotoestimulación. Machos cabríos. Comportamiento sexual.

1 INTRODUCCIÓN

El aislamiento social es un estresor que afecta el sistema reproductivo del macho, el cual está bajo el control del eje hipotálamo-pituitaria-gónadas (Ferin, 2006). Durante el aislamiento social temprano los animales carecen de la oportunidad de establecer relaciones sociales con sus compañeros del grupo y en consecuencia se limita el aprendizaje socio-sexual (Woodson, 2002). La testosterona es un andrógeno presente en el plasma sanguíneo, su secreción permite relacionarla con el medio ambiente. Las variaciones en la secreción de testosterona inducen cambios en el comportamiento sexual, afectando al sistema neuroendocrino (Gleason et al., 2009; Kuwahara et al., 2021).

Durante la estación reproductiva los machos cabríos con experiencia sexual alojados en grupo incrementan el comportamiento sexual, la circunferencia escrotal y la secreción de testosterona plasmática, en cambio durante el reposo sexual estas variables sexuales disminuyen considerablemente (Delgadillo et al., 1999). Asimismo, en los machos cabríos fotoestimulados sin experiencia sexual alojados en grupo el comportamiento sexual, la circunferencia sexual, el olor y las concentraciones de testosterona se incrementan durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas (Fernández et al., 2018, 2022).

El tratamiento fotoperiódico aplicado a los machos cabríos durante los días cortos (1 de noviembre al 15 de enero) es una estrategia eficaz que estimula el comportamiento sexual de los machos durante el reposo sexual natural (marzo-abril). El objetivo del presente estudio fue determinar si los machos cabríos foto-estimulados sin experiencia sexual alojados en grupo social secretan más testosterona plasmática que los machos cabríos foto-estimulados sin experiencia sexual alojados individualmente durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

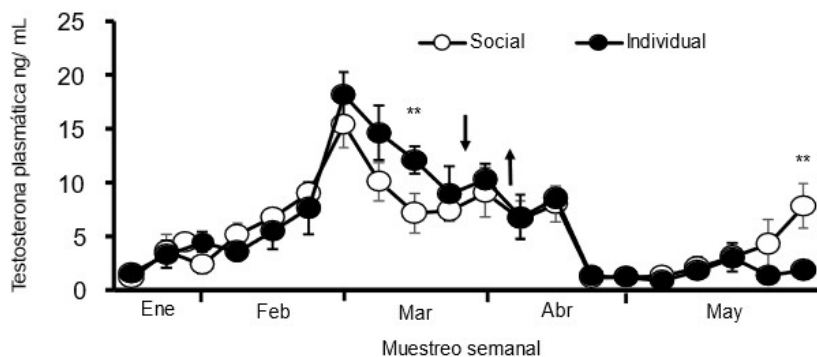
El presente estudio se llevó cabo en Torreón, Coahuila, México (26°N). Se utilizaron machos cabríos criollos ($n = 10$) que nacieron en diciembre y fueron destetados a los 40 días de edad. A partir del destete los machos fueron asilados de señales sensoriales (vista, olfato, tacto, auditivo y táctil) de hembras caprinas durante su desarrollo. Los machos permanecieron en estas condiciones hasta el 31 de octubre. Posteriormente, los machos fueron separados en dos grupos, 5 machos permanecieron en el mismo corral y 5 machos fueron alojados en un corral individual. Del 1 de noviembre al 15 de enero los machos recibieron un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de obscuridad por día) durante 2.5 meses. Además, se utilizaron hembras

caprinas anéstricas ($n = 100$). En marzo las hembras fueron separadas en dos grupos de 50 hembras cada uno. Un grupo de hembras fue puesto en contacto con los machos alojados en grupo y el otro fue puesto en contacto con los machos alojados en corral individual. Los dos grupos de las hembras estaban separados por 250 m, y cada grupo fue puesto en corrales conteniendo 10 hembras cada uno. El 26 de marzo los machos fueron puestos en contacto primera vez con las hembras. Se utilizó la proporción de 1 macho \times 10 hembras. Los machos y las hembras permanecieron de tiempo completo durante 15 días. En los machos se realizó un muestreo sanguíneo en la vena yugular para determinar las concentraciones de testosterona plasmática. La testosterona plasmática se analizó mediante la técnica de ensayo de inmunoadsorción ligado a enzima (ELISA). Los muestreos se realizaron semanalmente desde que finalizó el tratamiento fotoperiódico hasta la última semana de mayo. La testosterona plasmática se analizó mediante el procedimiento de estimación de ecuaciones generalizadas que incluyó el efecto de grupo de machos, medición y la interacción grupo \times medición; el sujeto fue el animal.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 1, las concentraciones plasmáticas de testosterona no difirieron entre los machos alojados en grupo social (5.67 ± 0.83 ng/mL) y los alojados en corral individual (5.88 ± 1.10 ng/mL) ($P > 0.05$).

Figura 1. Perfiles de testosterona plasmática (media \pm ee) en machos fotoestimulados sin experiencia sexual alojados en grupo social (\circ) y machos fotoestimulados sin experiencia sexual alojados individualmente en corrales (\bullet) ($P > 0.05$). Las flechas indican cuando los machos fueron introducidos con las hembras (\downarrow) y cuando fueron retirados de las hembras (\uparrow). Los machos fueron sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/8 h de oscuridad) desde el 1 de noviembre hasta el 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural. La interacción \times tratamiento difirió significativamente entre los grupos de machos $** (P < 0.001)$.



Los resultados muestran que las concentraciones de testosterona plasmática se incrementaron de manera similar en los machos alojados en grupo social y en los

individuales y posteriormente disminuyeron. Además, se observa un incremento en las concentraciones de testosterona en los machos cuando tuvieron su primer contacto socio-sexual con las hembras. La Figura 1 muestra que cuando los machos fueron retirados de las hembras, la concentración de testosterona disminuyó de manera similar en los dos grupos de machos. En el mes de abril se observa un incremento en las concentraciones de testosterona y posteriormente vuelve a disminuir. A finales de mayo los machos alojados en grupo social incrementaron la concentración de testosterona, este efecto no se observó en los machos alojados individualmente. El incremento en la concentración de la testosterona plasmática en los machos fotoestimulados sin experiencia sexual alojados en grupo social durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas es similar a los resultados reportados Fernández et al. (2022) en machos con experiencia sexual en contacto con hembras anéstricas. Estos resultados sugieren que el contacto físico de los machos con las hembras influye en la secreción de testosterona plasmática (Gleason et al., 2009).

4 CONCLUSIONES

Los machos foto-estimulados sin experiencia sexual alojados en corral individual muestran concentraciones similares de testosterona plasmática a los machos foto-estimulados sin experiencia sexual alojados en grupo social durante el primer contacto socio-sexual con hembras anéstricas.

5 AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a Susana Rojas Maya (QEPD) del laboratorio de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México por llevar a cabo las determinaciones hormonales. También agradece a Jesús Palomo Reyna por cuidar de los machos, así como, a la Sra. Imelda Rodríguez por facilitar las hembras utilizadas en el presente estudio. Además, agradece a todos los integrantes del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la ayuda brindada durante la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology*. 52:727-737. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00166-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00166-1)

Ferin M. 2006. Stress and the reproductive system. In: Jimmy D. Neill (ed) *Knobil and Neill's physiology and reproduction*, 3rd edn. Elsevier Academic Press, USA, p. 2627-2696.

Fernández IG, Flores Medina E, Flores JA, Hernández H, Vielma J, Fitz-Rodríguez G, Duarte G. 2018. Absence of previous sexual experience did not modify the response of anoestrous goats to photo-stimulated bucks in Spring. *Ital. J. Anim. Sci.* 17:306–311. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1384335>

Fernández IG, Avilés R, Grimaldo-Viesca E, Ulloa-Arvizu R, Duarte G, Flores JA, Hernández H. 2022. Sexually inexperienced, photo-stimulated, 27-month-old male goats showed undiminished sexual behavior and ability to induce estrus and ovulation in anestrus females. *Small Rumin. Res.* 206:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106570>

Gleason ED, Fuxjager MJ, Oyegbile TO, Marler CA. 2009. Testosterone release and social context: When it occurs and why. *Front. Neuroendocrinol.* 30:460–469. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2009.04.009>

Kuwahara N, Nicholson K, Isaacs L, MacLusky NJ. 2021. Androgen effects on neural plasticity. *Androg. Clin. Res. Ther.* 2:216–230. <https://doi.org/10.1089/andro.2021.0022>

Price EO. 1985. Sexual behavior of large domestic farm animals: an overview. *J. Anim. Sci.* 61:62–74. https://doi.org/10.1093/ansci/61.Supplement_3.62

Woodson JC. 2002. Including 'learned sexuality' in the organization of sexual behavior. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 26:69–80. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(01\)00039-2](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(01)00039-2)

CAPÍTULO 13

MICOSIS EN MASCOTAS DE LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO

Data de submissão: 02/03/2025

Data de aceite: 24/03/2025

Alejandra Paula Espinosa Texis

Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla
Puebla – México

Centro de Investigaciones en
Ciencias Microbiológicas
Puebla, Puebla – México

<https://orcid.org/0000-0002-6402-7902>

Teresita Spezzia Mazzocco

Instituto Nacional de Astrofísica y
Óptica Electrónica
Coordinación de Óptica
Puebla, Puebla - México

<https://orcid.org/0000-0002-1203-2697>

Fabiola Avelino Flores

Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla
Puebla, México

Centro de Investigaciones en
Ciencias Microbiológicas
Puebla, Puebla - México

<https://orcid.org/0000-0002-3261-2461>

RESUMEN: Con la finalidad de determinar las micosis que afectan a mascotas de la ciudad de Puebla, México, se tomaron muestras de

lesiones de 40 perros y 10 gatos de diferentes hospitales veterinarios de la ciudad de Puebla, que presentaron signos clínicos compatibles con micosis. La identificación de los hongos aislados se realizó examinando la morfología macroscópica y microscópica de la fase micelial, además para la identificación de agentes de esporotricosis se obtuvo la fase levaduriforme, así como la amplificación y secuenciación de los genes de la calmodulina y β tubulina. De las 50 muestras estudiadas se obtuvieron 20 dermatofitos aislados de 18 perros y 7 gatos, siendo 10 *Microsporum canis*, 6 *Trichophyton tonsurans*, 2 *Trichophyton mentagrophytes* y 2 *Microsporum gypseum* los dermatofitos aislados; se observaron 6 casos de esporotricosis en 4 perros y 2 gatos, los 6 cultivos fueron compatibles con *Sporotrix schenckii*.

PALABRAS CLAVES: Micosis. Dermatófitos. Esporotricosis. Mascotas.

MYCOSES IN PETS FROM PUEBLA, MÉXICO

ABSTRACT: To determine the mycoses affecting pets in the city of Puebla, Mexico, samples were collected from lesions of 40 dogs and 10 cats from various veterinary hospitals in Puebla, all showing clinical signs consistent with mycoses. The identification of isolated fungi was performed by examining the macroscopic and microscopic morphology of the mycelial phase. Additionally, for the identification of agents of sporotrichosis, the yeast phase was obtained, and the calmodulin

and β -tubulin genes were amplified and sequenced. Of the 50 samples studied, 20 dermatophytes were isolated from 18 dogs and 7 cats, including 10 *Microsporum canis*, 6 *Trichophyton tonsurans*, 2 *Trichophyton mentagrophytes*, and 2 *Microsporum gypseum*. Six cases of sporotrichosis were observed in 4 dogs and 2 cats, with all 6 cultures being compatible with *Sporothrix schenckii*.

KEYWORDS: Mycoses. Dermatophytes. Sporotrichosis. Pets.

1 INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las micosis que afectan a los animales no son transmisibles a los humanos, siendo la excepción las dermatofitosis o tiñas; en estas, los animales son importantes fuentes de transmisión para los humanos. Las tiñas son producidas por hongos queratinofílicos, que pueden habitar el suelo (geofílicos), al hombre (antropofílico) y a los animales (zoofílicos). Los agentes etiológicos son los dermatofitos, un grupo de hongos que tienen afinidad por el tejido queratinizado de la piel (capa cornea), uñas y pelo. Existen 3 géneros de dermatofitos: *Microsporum*, *Epidermophyton* y *Trichophyton*. De estos, los agentes etiológicos más importantes en la dermatofitosis son *Microsporum canis*, *Microsporum gypseum* y *Trichophyton mentagrophytes*. Los perros y gatos muestran la prevalencia más alta, y pueden presentar la dermatofitosis a cualquier edad, pero es más frecuente en animales jóvenes (Mancianti et al, 2002 y Moriello et al, 2017).

M. canis es la especie más frecuentemente aislada; y los gatos y perros de menos de un año, son los que con mayor frecuencia presentan muestras con cultivos positivos para dermatofitos (Long et al, 2020; Ross, 2010 y Skerlev & Miklic, 2010). Los signos clínicos en las micosis superficiales suelen confundirse fácilmente con los producidos por otras enfermedades dermatológicas, dificultando el diagnóstico; entre los signos más comunes se encuentran zonas alopécicas de apariencia regular y usualmente sin prurito, eritema y descamación (Chermete et al, 2008 y Moskaluk et al 2022). Los métodos más comunes para el diagnóstico incluyen el examen microscópico directo utilizando hidróxido de potasio (KOH) y el examen histopatológico, pero tienen la desventaja de no permitir una identificación precisa del agente etiológico por lo que el cultivo sigue siendo el método más sencillo y eficaz para esta identificación (Bosshard, 2011; Bouza-Rapti, 2023; Moskaluk et al, 2022 y Robert & Pihet, 2008).

1.1 DERMATOFITOSIS FELINA

La dermatofitosis felina puede presentarse no sólo con distintas lesiones, sino también con distintos patrones de reacción, que son comunes a otros trastornos que se observan en esta especie. La alopecia puede ser circunscrita, difusa, con zonas

de descamación, hiperpigmentación, eritema y formación de comedones, que pueden observarse en la cabeza o en las extremidades. El pelo en los bordes de las lesiones puede estar roto. En algunos casos felinos, los patrones de reacción clínicos como dermatitis, el complejo: granuloma eosinofílico y el acné de la barbilla se han asociado a infección por dermatofitos. Algunas lesiones se caracterizan por inflamación, prurito, pequeñas costras a menudo situadas en la parte dorsal del cuerpo, la cabeza y el cuello. Las lesiones extensas, pueden estar asociadas con tiña crónica en animales debilitados o con inapropiada corticoterapia. El seudomicetoma por dermatofitos, una forma que se observa en gatos de pelo largo, se caracteriza por nódulos subcutáneos que pueden ulcerarse y/o supurar (Sattasathuchana *et al*, 2020 y Tonelli *et al*, 2016). Los aislamientos de *M. canis* obtenidos de gatos permiten destacar el papel que cumplen estos animales clínicamente sanos en la transmisión de estos dermatofitos al hombre, a otros animales domésticos y a individuos de su propia especie, lo que muchas veces pasa desapercibido. Existe actualmente un aumento considerable de las dermatofitosis humanas y de animales (Chanyachailert *et al*, 2023; De-Oliveira *et al*, 2001 y Paryuni *et al*, 2020).

1.2 DERMATOFITOSIS CANINA

En los perros los signos clínicos, aunque son variables, se asocian principalmente a la pérdida de pelo, usualmente la tiña canina. Las lesiones pueden distribuirse de forma localizada o difusa. Pueden observarse zonas circulares de alopecia, descamación, hiperpigmentación, costras y/o pápulas foliculares en la cabeza y las extremidades. Generalmente, las lesiones están bien delimitadas. En los perros se observa el querión, un nódulo inflamatorio, como resultado de la infección fúngica y bacteriana concurrente. Aunque es poco frecuente, en algunos casos de infecciones por dermatofitos causadas por *Microsporum persicolor* o por *T. mentagrophytes* se producen lesiones nasales o faciales simétricas que imitan los trastornos autoinmunes (Moriello *et al*, 2017 y Venturini-Copetti, *et al*. 2006).

Dentro de las micosis subcutáneas la esporotricosis es una micosis importante, de evolución subaguda o crónica, que generalmente se adquiere por inoculación traumática con el hongo dimórfico del género *Sporothrix*. Las especies causantes de esta micosis incluyen a *schenckii*, *brasiliensis*, *globosa* y *mexicana*. La esporotricosis es una micosis subcutánea, de evolución subaguda o crónica, que generalmente se adquiere por inoculación traumática con el hongo dimórfico del género *Sporothrix*. Tiene una amplia distribución mundial y presenta el primer lugar de incidencia en la República Mexicana, ocupando el estado de Puebla el tercer lugar de dicha incidencia, esta micosis

se presenta en forma endémica en algunas regiones, en zonas urbanas y rurales; afecta a un número considerable de personas dedicadas a las actividades agrícolas, que están en contacto con suelo y/o plantas en donde habita el hongo. Cuando el microorganismo ingresa al humano le ocasiona cuadros clínicos que pueden ser leves o dramáticos, es de localización subcutánea principalmente, aunque ocasionalmente puede diseminarse, y en determinado momento puede incapacitar a los individuos afectados por la esporotricosis.

Los casos reportados en humanos en México son causados principalmente por *S. schenckii*, sin embargo, en animales se desconoce la especie que ocasiona esta micosis. Lutz y Splendore en 1907 describieron el primer caso de infección natural en ratas (Lutz & Splendore, 1907). Actualmente, la esporotricosis ha sido descrita en gran variedad de especies animales, incluyendo, gatos, perros, armadillos, caballos, mulas, burros, chimpancés, vacas, cabras, cerdos, ratones, ratas, hámsteres, delfines, zorros, camellos y aves (Pereira *et al*, 2015). La infección experimental se ha realizado principalmente en ratas, ratones, hámster, cobayos, entre otros (Barbee *et al*, 1977).

El agente etiológico de esta micosis puede ocasionar zoonosis, siendo los gatos los animales implicados con más frecuencia (Schechtman *et al*, 2022). En gatos, la enfermedad comienza como una infección subclínica que puede progresar a múltiples lesiones en la piel e involucrar una diseminación sistémica que a menudo es fatal. La esporotricosis canina ha sido descrita con menos frecuencia y se caracteriza por lesiones ulcerativas en nariz, pabellón auricular y extremidades (Baes *et al*, 2022; Cafarchia *et al*, 2006 y Schubach *et al*, 2003). El tratamiento en perros y sobre todo en felinos es difícil debido a la sensibilidad que tienen estas especies a antifúngicos específicos, el largo periodo que implica el tratamiento, un diagnóstico tardío de la enfermedad y la muerte antes de terminar el tratamiento (Baes *et al*, 2022).

Actualmente se considera una zoonosis emergente o reemergente en algunos países como Brasil, la transmisión puede ser mediante mordeduras, arañazos o por contacto con exudado de una herida infectada (Chomel, 2014). Los casos reportados en humanos son causados principalmente por *S. schenckii* y *S. globosa*, mientras que en los aislados ambientales de suelo y plantas se presentan *S. mexicana* y *S. schenckii* (Marimon *et al*, 2007). En animales son pocos los estudios sobre los agentes causantes de esporotricosis. En Sudamérica, *S. brasiliensis* es la especie más prevalente, seguida por *S. schenckii*. En Argentina, se identificaron aislados de ambas especies, con predominancia de *S. brasiliensis*. Se ha reportado que, en Asia, *S. schenckii* es la especie dominante, mientras que, en Japón, *S. globosa* es la más destacada. En Europa, se encuentran diversas especies, entre ellas *S. cantabriensis*, *S. euskadiensis*, *S.*

mexicana, *S. nebularis*, *S. pallida* y *S. humicola* (Salgado Morgado *et al*, 2022). En México y específicamente en Puebla hemos encontrado que *S. schenckii* es la causante más importante de esporotricosis en perros y gatos.

2 OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue determinar las micosis que se presentan en perros y gatos de la ciudad de Puebla, México.

3 METODOLOGÍA

Se tomaron muestras de animales de compañía que fueron llevados a consulta a hospitales veterinarios de la ciudad de Puebla. Fueron incluidos en el estudio 40 perros y 10 gatos que presentaron alguna signología clínica compatible con tiña y/o esporotricosis. Para lo cual se procedió a limpiar el área afectada previa a la toma de muestra: piel, pelos o uñas con etanol (70%) para eliminar la flora bacteriana o exudación. Los pelos se tomaron depilando la zona y recolectándolos en una caja Petri; las escamas de las lesiones se tomaron raspando el borde activo de la lesión con una hoja de bisturí estéril y depositándolas en una caja Petri.

Procesamiento de la muestra: Los productos biológicos fueron sembrados por triplicado en agar dextrosa Sabouraud adicionado de ciclohexamida y cloranfenicol (agar micobiótico); Los cultivos se incubaron a 28°C por 3 semanas, revisando diariamente. Paralelamente se realizó el examen directo de las escamas y/o pelos utilizando KOH al 10% para aclarar las estructuras tisulares y destacar las células fúngicas.

La identificación de los cultivos de dermatofitos se realizó mediante la morfología macroscópica de la colonia y la morfología microscópica. Para la identificación del género *Sporothrix* spp. se realizó examen en fresco, cultivo y obtención de la fase levaduriforme en agar infusión cerebro corazón (BHI) incubando a 37°C; para la identificación de la especie se realizó la amplificación y secuenciación del gen de la calmodulina por PCR.

La obtención de DNA se realizó a partir de la fase filamentosa; el DNA obtenido se resuspendió en 50-100 µl de agua de calidad miliQ estéril, para agregar RNasa (10 µl de una solución una solución 10 mg/ ml) incubando a 37°C por una hora.

La concentración del DNA obtenido de cada uno de los aislados se determinó por espectrofotometría a 260 y 280 nm, verificando la calidad del DNA obtenido por electroforesis en geles de agarosa al 0.8% teñido con bromuro de etidio observando en un transiluminador de luz ultravioleta.

Una vez obtenido el DNA total se sometió a PCR empleando los oligonucleótidos CAL 1 y CAL 2A para la amplificación del gen de la Calmodulina, usando el kit Pyro Start Fast PCR Master Mix (2X), para obtener un producto de 800 pb.

Los productos obtenidos se depositaron en un gel de agarosa al 1.5% teñido con bromuro de etidio observando en un transiluminador de luz ultravioleta.

Los productos obtenidos fueron purificados con el ZR DNA Sequencing Clean-up Kit (Zymo Research Corp). La secuenciación de los amplificados purificados fue realizada en el laboratorio de Biología Molecular a cargo de la M.C Laura Marques en la UNAM.

Cada una de las secuencias obtenidas, fueron sometidas a búsqueda de secuencias similares en el “GenBank” por medio del programa BLAST.

Tratamiento de pacientes: Se utilizaron algunos de los siguientes antifúngicos: itraconazol, ketoconazol y/o terbinafina.

Para itraconazol la dosis empleada fue de 5-10 mg/kg cada 24, para ketoconazol 5-20 mg/ Kg cada 24 h y para terbinafina se utilizó una dosis de 10-30 mg/ Kg cada 24 h.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las muestras estudiadas se aislaron y se identificaron 20 dermatofitos, siendo 10 *M. canis* (Figura 1), 6 *Trichophyton tonsurans*, 2 *T. mentagrophytes* (figura 3) y 2 *M. gypseum* (Figura 2), (Tabla 1). Por otro lado, se aislaron y se identificaron por fenotipo y genotipo 6 *S. schenckii* (Figura 5) en 6 muestras, 4 fueron de perros (Figura 4) y de las muestras de gatos se obtuvieron 2 (Tabla 1). En los seis cultivos se obtuvieron levaduras. La amplificación y secuenciación del gen de la calmodulina fue compatible con *S. schenckii*.

Los porcentajes de asilamientos positivos para dermatofitos en perros y gatos que marca la literatura son muy variables, y se encuentran desde el 7% hasta el 40% reportado para perros (Brilhante *et al*, 2003; Cabañes, 2000 y Long *et al*, 2017). En el presente trabajo, el porcentaje de muestras positivas al cultivo de dermatofitos se encuentra en este rango. Se han argumentado diferentes causas para la variación que se tiene en el porcentaje de asilamientos, algunas de las cuales son que no hay aún un método estandarizado para la toma de muestras y que los signos inespecíficos dificultan el diagnóstico diferencial (Lavari *et al*, 2021 y Robert & Pihet, 2008). Los porcentajes por especie coinciden con lo reportado con la literatura, donde en perros se reporta entre 10 y 15% y en gatos un 20%, el cual coincidió con lo reportado sobre la especie más frecuentemente aislada, *M. canis* (Brilhante *et al*, 2003; Chermete *et al*, 2008; Ross, 2010; Sattasathuchana *et al*, 2020; Skerlev & Miklic, 2010). La segunda especie en cuanto a porcentaje de asilamiento en este trabajo fue *T. tonsurans*, la cual está catalogada como

dermatofito antropofílico (Futatsuya *et al*, 2023 y Hainer, 2003; Segal & Elad, 2021). Algunos autores sugieren que la presencia de un hongo antropofílico aislado de perros y gatos se debe al contacto con el dueño portador y que no está involucrado con el cuadro clínico cuando lo hay (Patel *et al*, 2005; Segal & Elad, 2021).

En México no existen estudios sobre presencia de esporotricosis en mascotas, siendo este trabajo el primer reporte en perros y gatos, siendo *S. schenckii*, el agente etiológico aislado. En todos los casos felinos la localización topográfica fue en cara y en los perros en las extremidades.

Tabla 1. Datos clínicos y hongos aislados de perros y gatos.

Especie	Edad	Sexo	Raza	Agente etiológico
Canino	3 meses	Macho	Criollo	<i>M. canis</i>
Canino	-	Macho	-	<i>T. tonsurans</i>
Canino	-	Hembra	Pug	<i>M. canis</i>
Canino	3 meses	Hembra	Boxer	<i>T. tonsurans</i>
Felino	-	-	-	<i>M. canis</i>
Canino	-	-	-	<i>T. tonsurans</i>
Felino	6 meses	Macho	-	<i>T. tonsurans</i> <i>S. schenckii</i>
Canino	-	Macho	Criollo	<i>M. canis</i>
Canino	4 meses	Hembra	Sharpei	<i>M. canis</i>
Felino	-	Macho	Domestico mexicano	<i>M. canis</i>
Canino	-	Hembra	-	<i>M. gypseum</i>
Canino	4 meses	Macho	Bulldog	<i>T. tonsurans</i>
Canino	-	Macho	-	<i>S. schenckii</i>
Canino	-	Macho	-	<i>S. schenckii</i>
Canino	-	Hembra	-	<i>S. schenckii</i>
Canino	-	Macho	-	<i>S. schenckii</i>
Felino	-	Macho	Doméstico mexicano	<i>S. schenckii</i>
Felino	6 meses	Macho	-	<i>T. tonsurans</i>
Canino	-	Hembra	-	<i>M. gypseum</i>
Canino	-	-	Lupus familiaris	<i>M. canis</i>
Canino	-	-	Lupus familiaris	<i>M. canis</i>
Canino	-	-	-	<i>M. canis</i>
Felino	-	Hembra	Mestizo	<i>T. mentagrophytes</i>
Felino	-	Macho	Mestizo	<i>T. mentagrophytes</i>
Canino	-	Macho	Schnauzer	<i>M. canis</i>

Figura 1. Morfología macroscópica y microscópica de *M. canis*.

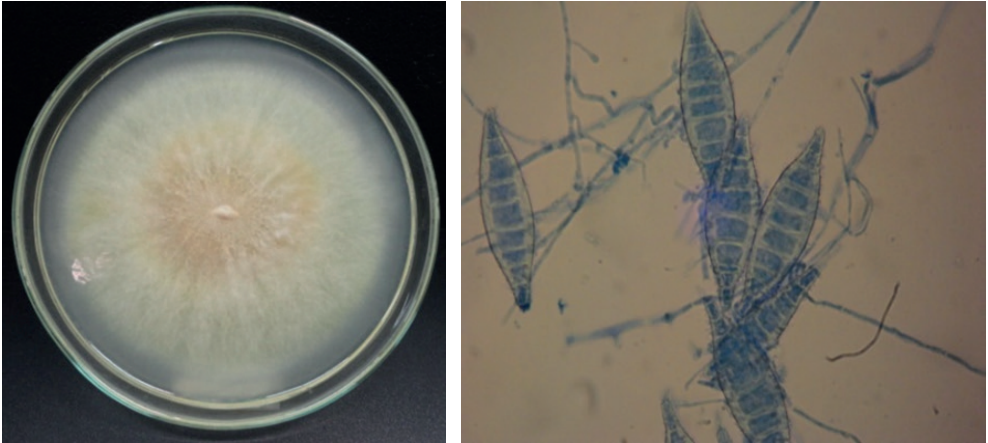


Figura 2. Morfología macroscópica y microscópica de *M. gypseum*.

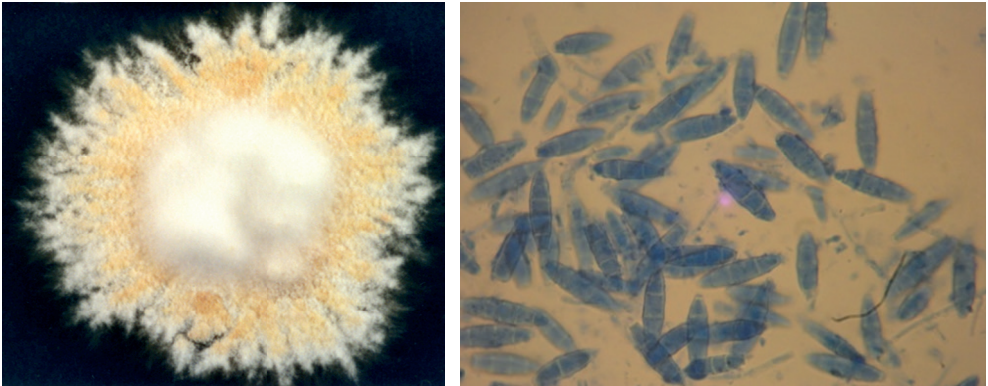


Figura 3. Morfología macroscópica y microscópica de *T. mentagrophytes*.

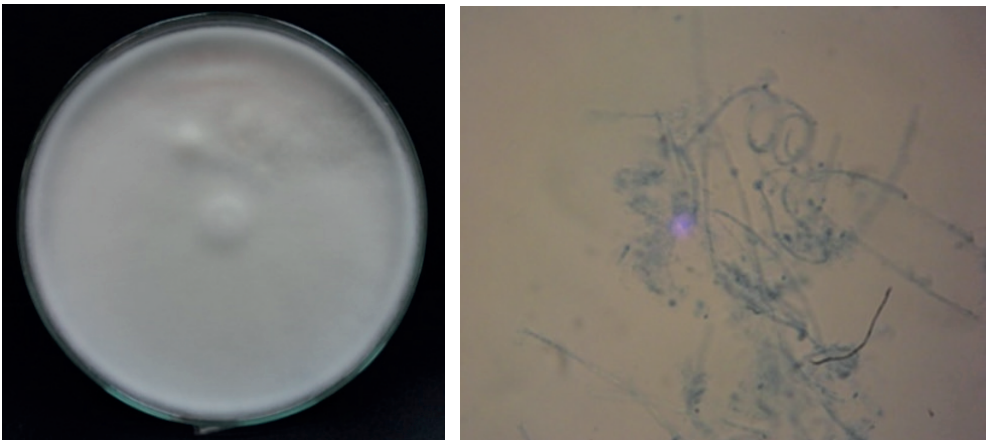


Figura 4. Dermatofitosis (tiña) en hembra, lesiones causadas por *M. canis*.



Figura 5. Morfología macroscópica y microscópica de *Sporothrix schenckii*.



5 CONCLUSIONES

M. canis fue el agente etiológico de micosis superficiales más frecuentemente encontrado en este estudio, aislado de perros, seguido de *T. tonsurans*, *M. gypseum* y *T. mentagrophytes*.

S. schenckii fue la especie causante de esporotricosis en perros y gatos, aislándose con mayor frecuencia en perros.

REFERENCIAS

Baes Pereira S, Dos Reis Gomes A, Bressan Waller S, Batista Xavier JR, Messias Rodrigues A, Kutscher Ripoll M, Ferreira MRA, Rochedo Conceição F, Osório de Faria R, Pascoti Bruhn FR. **Sporotrichosis in dogs: epidemiological and clinical-therapeutic profile and the emergence of itraconazole-resistant isolates.** Med Mycol. 2022, 6;60(12):myac089. doi: 10.1093/mmy/myac089.

Barbee WC, Ewert A, Davidson EM. **Animal model of human disease: sporotrichosis.** Am J Pathol. 1977, 86(1):281-4.

- Bosshard P. **Incubation of fungal cultures.** How long is long enough? *Mycoses*. 2011; 54: 539-545.
- Bouza-Rapti P, Karafylia A, Tamvakis A, Farmaki R. **Comparison of Adhesive Tape Impression Cytology, Hair Plucks, and Fungal Culture for the Diagnosis of Dermatophytosis in Dogs and Cats.** *Vet Sci*. 2023; 10(3):183. doi: 10.3390/vetsci10030183.
- Brilhante RSN, Cavalcante CSP, Soares-Junior FA, Cordeiro SA, Sidrim JJC, Rocha MFG. **High rate of *Microsporum canis* feline and canine dermatophytoses in Northeast Brazil: Epidemiological and diagnostic features.** *Mycopathologia*. 2003; 156:303-308.
- Cabañes FJ. **Dermatofitosis animales. Recientes avances.** *Rev. Iberoam Micol* 2000; 17: S8–S12.
- Cafarchia C, Romito D, Capelli G. **Isolation of *Microsporum canis* from the hair coat of pet dogs and cats belonging to owners diagnosed with *M. canis* tinea corporis.** *EurSoc Vet Dermatol*. 2006; 17: 327-331.
- Chanyachailert P, Leeyaphan C, Bunyaratavej S. **Cutaneous Fungal Infections Caused by Dermatophytes and Non-Dermatophytes: An Updated Comprehensive Review of Epidemiology, Clinical Presentations, and Diagnostic Testing.** *J Fungi (Basel)*. 2023; 9(6):669. doi: 10.3390/jof9060669.
- Chermete R, Ferreiro L, Guillot, J. **Dermatophytoses in animals.** *Mycopathologia*. 2008; 166: 385-405.
- Chomel, Bruno. **Emerging and Re-Emerging Zoonoses of Dogs and Cats.** *Animals*, 2014, 4(3) pp. 434–45, doi:10.3390/ani4030434.
- de-Oliveira Nobre M., Pötter de Castro A, Caetano D, Leonardo de Souza L, Araújo Meireles M. C. y Ferreiro L. **Recurrence of Sporotrichosis in Cats with Zoonotic Involvement.** *Revista Iberoamericana de Micologia*, 2001; 18(3), pp. 137–40, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15487925>
- Futatsuya T, Anzawa K, Mochizuki T, Shimizu A. **Trichophyton tonsurans Infection.** *Med Mycol J*. 2023;64(3):49-54. Japanese. doi: 10.3314/mmj.23-001.
- Hainer B. **Dermatophyte infections.** *Am Fam Physician*. 2003; 69:101-109.
- Lavari A, Eidi S, Soltani M. **Molecular diagnosis of dermatophyte isolates from canine and feline dermatophytosis in Northeast Iran.** *Vet Med Sci*. 2022;8(2):492-497. doi: 10.1002/vms3.698.
- Long S, Carveth H, Chang YM, O'Neill D, Bond R. **Isolation of dermatophytes from dogs and cats in the South of England between 1991 and 2017.** *Vet Rec*. 2020;187(10):e87. doi: 10.1136/vr.105957.
- Lutz A, Splendore A. **N a Mycosis Observed in Men and Mice: Contribution to the Knowledge of the so Called Sporotrichosis.** *Revista Médica de São Paulo*, 1907 21, pp. 443–50.
- Mancianti F, Nardoni S, Cecchi S, Corazza M, Tacchini F. **Dermatophytes isolated from symptomatic dogs and cats in Tuscany, Italy during a 15-year-period.** *Mycopathologia*. 2002; 156:13-18.
- Marimon, R., Cano, J., Gené, J., Sutton, D. A., Kawasaki, M., & Guarro, J. **Sporothrix brasiliensis, S. globosa, and S. mexicana, three new Sporothrix species of clinical interest.** *Journal of clinical microbiology*, 2007; 45(10), 3198-3206.
- Moriello KA, Coyner K, Paterson S, Mignon B. **Diagnosis and treatment of dermatophytosis in dogs and cats.: Clinical Consensus Guidelines of the World Association for Veterinary Dermatology.** *Vet Dermatol*. 2017;28(3):266-e68. doi: 10.1111/vde.12440.

- Moskaluk AE, VandeWoude S. **Current Topics in Dermatophyte Classification and Clinical Diagnosis.** Pathogens. 2022;11(9):957. doi: 10.3390/pathogens11090957.
- Paryuni AD, Indarjulianto S, Widyarini S. **Dermatophytosis in companion animals: A review.** Vet World. 2020;13(6):1174-1181. doi: 10.14202/vetworld.2020.1174-1181.
- Patel A, Lloyd DH, Lampord AI. **Survey of dermatophytes on clinically normal cats in the southeast of England.** J Small Anim Pract. 2005; 46: 436-440.
- Pereira, SA, Ferreira GID, and Caldas MR. **Sporotrichosis in animals: zoonotic transmission.** Sporotrichosis: new developments and future prospects 2015: 83-102.
- Robert R, Pihet M. **Conventional Methods for the Diagnosis of Dermatophytosis.** Mycopathologia. 2008; 166: 295-306.
- Ross B. **Superficial Veterinary Mycoses.** Clin Dermatol. 2010; 28:226-236.
- Salgado-Morgado, D, Castro, R., Ribeiro-Alves, M., Corrêa-Moreira, D., Castro-Alves, J., Pereira, S. A., ... & Oliveira, M. M. E. **Global distribution of animal sporotrichosis: A systematic review of Sporothrix sp. identified using molecular tools.** Current Research in Microbial Sciences, 2022; 3, 100140.
- Sattasathuchana P, Bumrungpun C, Thengchaisri N. **Comparison of subclinical dermatophyte infection in short- and long-haired cats.** Vet World. 2020;13(12):2798-2805. doi: 10.14202/vetworld.2020.2798-2805
- Schechtman, R. C., Falcão, E. M. M., Carard, M., García, M. S. C., Mercado, D. S., & Hay, R. J. **Sporotrichosis: hyperendemic by zoonotic transmission, with atypical presentations, hypersensitivity reactions and greater severity.** Anais brasileiros de dermatologia, 2022; 97, 1-13
- Schubach, T. M. P., Schubach, A., Okamoto, T., Pellon, I. V., Fialho-Monteiro, P. C., Reis, R. S., ... & Wanke, B. **Haematogenous spread of Sporothrix schenckii in cats with naturally acquired sporotrichosis.** Journal of Small Animal Practice, 2003; 44(9), 395-398.
- Shimamura T, Kubota N, Shibuya K. **Animal model of dermatophytosis.** J Biomed Biotechnol. 2012; 2012: 125384.
- Segal E, Elad D. **Human and Zoonotic Dermatophytoses: Epidemiological Aspects.** Front Microbiol. 2021 6;12:713532. doi: 10.3389/fmicb.2021.713532.
- Skerlev M, Miklic P. **The changing face of Microsporium spp infections.** ClinDermatol. 2010; 28: 146-150.
- Venturini CM, Morais SJ, Sydney CA, Boeck, AA, Siqueira AJ, Canabarro AE, Hartz A. **Dermatophytes Isolated from Dogs and Cats Suspected of Dermatophytosis in Southern Brazil.** Acta Scientiae Veterinariae, 2006; 34(2): 119-24.

CAPÍTULO 14

A REVIEW OF THE STUDIES ON BLUEFIN TUNA (BFT) IN THE EASTERN ADRIATIC SEA¹

Data de submissão: 05/02/2025

Data de aceite: 28/02/2025

Vjekoslav Tičina

Institute of Oceanography and Fisheries
Split – Croatia
<https://orcid.org/0000-0002-3686-9563>

Ivan Katavić

Institute of Oceanography and Fisheries
Split – Croatia
<https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Katavic>

Leon Grubišić

Institute of Oceanography and Fisheries
Split – Croatia
<https://orcid.org/0000-0002-4454-2798>

ABSTRACT: The aim of this paper is to provide a review of studies related to bluefin tuna (BFT) made in the eastern Adriatic Sea. BFT is an important food source and early studies were mostly related to fishing. BFT has wide spatial distribution, and for management purpose the International Commission for Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) was established in late 1960s. After the development of BFT farming, many studies were made on BFT in captivity. Croatian participation in ICCAT enabled participation

¹ This Book Chapter is a republication of an article published by Tičina V. et al. in Proceedings of the 58 Croatian and 18 International Symposium of Agriculture, 11-17 February, 2023, Dubrovnik, Croatia.

of Adriatic scientists in common BFT studies on wide regional scale and stimulated local BFT research in the Adriatic Sea such as studies on fish parasites, molecular & genetic and nutritional studies.

KEYWORDS: Bluefin tuna. Studies. Fishing. Biology. Adriatic Sea.

UNA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL ATÚN ROJO (BFT) EN EL MAR ADRIÁTICO ORIENTAL

RESUMEN: El objetivo de este artículo es proporcionar una revisión de los estudios relacionados con el atún rojo (BFT) realizados en el mar Adriático oriental. El BFT es una fuente alimentaria importante y los primeros estudios son mayormente relacionados con la pesca. El BFT tiene una amplia distribución espacial, y con fines de gestión, se estableció la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) a finales de la década de 1960. Después del desarrollo de la acuicultura de BFT, se realizaron numerosos estudios sobre el BFT en cautiverio. La participación croata en la ICCAT permitió la participación de científicos del Adriático en estudios comunes de BFT a escala regional amplia y estimuló la investigación local sobre el BFT en el mar Adriático, como estudios sobre parásitos de los peces, estudios moleculares y genéticos, así como estudios nutricionales.

PALABRAS CLAVE: Atún rojo. Estudios. Pesca. Biología. Mar Adriático.

UMA REVISÃO DOS ESTUDOS SOBRE O ATUM-RABILHO (BFT) NO MAR ADRIÁTICO LESTE

RESUMO: O objetivo deste artigo é fornecer uma revisão dos estudos sobre o atum-rabilho (BFT) realizados no mar Adriático oriental. O BFT é uma importante fonte alimentar e os primeiros estudos estão principalmente relacionados à pesca. O BFT tem uma ampla distribuição espacial e, para fins de gestão, foi estabelecida a Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT) no final da década de 1960. Após o desenvolvimento da aquicultura de BFT, foram realizados vários estudos sobre o BFT em cativeiro. A participação croata na ICCAT possibilitou a participação de cientistas do Adriático em estudos conjuntos sobre o BFT em grande escala regional e estimulou a pesquisa local sobre o BFT no mar Adriático, como estudos sobre parasitas de peixes, estudos moleculares e genéticos, assim como estudos nutricionais.

PALAVRAS-CHAVE: Atum-rabilho. Estudos. Pesca. Biologia. Mar Adriático.

1 INTRODUCTION

Bluefin tuna (BFT), *Thunnus thynnus*, L. (Fig. 1), is one of the large pelagic fishes that have been the focus of interest of fishermen and researchers in the Mediterranean, especially in the Adriatic Sea, for decades due to their exceptional biology and economic value.

Figure 1. Bluefin tuna on FishBase (<https://fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?resultPage=1&ID=147&what=species>)



Tuna farming brought dramatic changes in the fishing strategies as the majority of fish caught are transferred to rearing cages for further breeding rather than landed and/or sold directly. Such a practice also had an impact on stock management. In this review

some specific information on fishing and farming practice with its socio-economic and environmental impacts are discussed with special emphasises on Adriatic environment. Considering the long tradition of fishing for BFT and the great importance of this species for commercial fishing and farming in the eastern part of the Adriatic Sea, the Republic of Croatia has symbolically presented the silhouette of this amazing fish on its coins of 2 HRK (Fig. 2).

Figure 2. Croatian coin of 2 HRK with silhouette of bluefin tuna.



2 MATERIAL AND METHODS

In this paper, the authors describe the historical work of fisheries experts on the eastern Adriatic coast and review the most of available information on various aspects related to bluefin tuna fishing practices, its biology, ecology, management and farming. A large number of older references, describes the great importance of BFT for local fishing society and scientific communities. Recent PhD Thesis and studies on BFT, published in collaboration with scientists from other regions, are reviewed also and continued interest and research efforts of scientists in the eastern Adriatic dedicated to the study of BFT are documented.

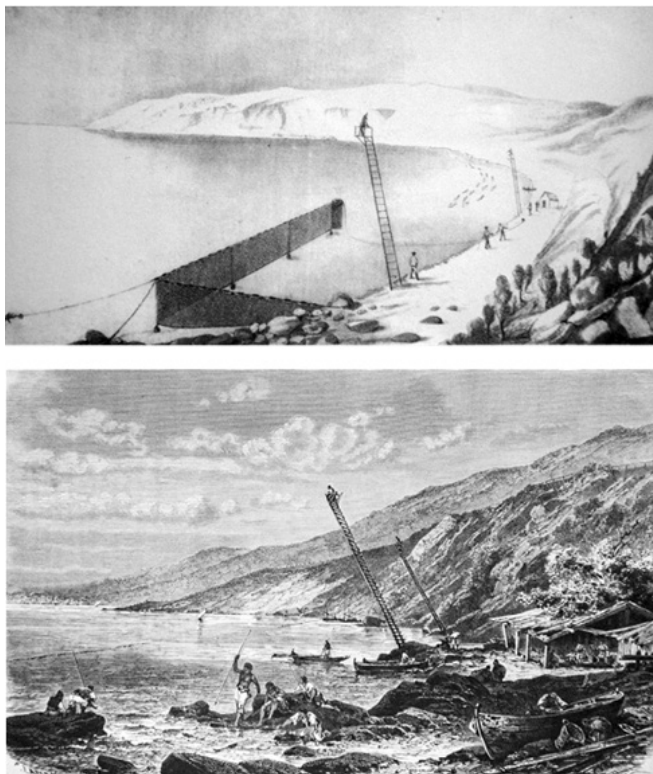
3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 STUDIES ON BLUEFIN TUNA IN 19TH AND AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY

A significant amount of knowledge concerning BFT life history and tuna fishing in the eastern Adriatic Sea by the ancients does exist. Some biological studies of the sea fauna and the fisheries of the Adriatic, during Austro-Hungarian presence, were published by foreign scientists (Faber 1883). Many important scientific documents dealing with BFT

trap fishery as the most ancient industrial activity in the fisheries of Adriatic were updated by Di Natale (2018). Concerning the trap fishery activities along the north-eastern Adriatic, Kirsch (1900) provided very useful information on how the trap fishery operated between the XIX and the XX centuries, with a detailed description of methods and techniques applied (Fig. 3). Due to geomorphological characteristics of the north-eastern Adriatic rocky coast (e.g. Kvarner and Rijeka Bay, Velebit channel, Cres and Krk islands) tuna's migration occurred along the coast and more than 75% of tuna catches in 10-year period before II World War were obtained by trap fishery in this area. At the beginning of II World War 28 active tuna traps operated in this area, while after the war the number of active tuna traps decreased (Basioli, 1962).

Figure 3. The coastal tuna trap fishery along the north-eastern Adriatic between the second part of the XIX century and the first part of the XX century (Kirsch, 1900).



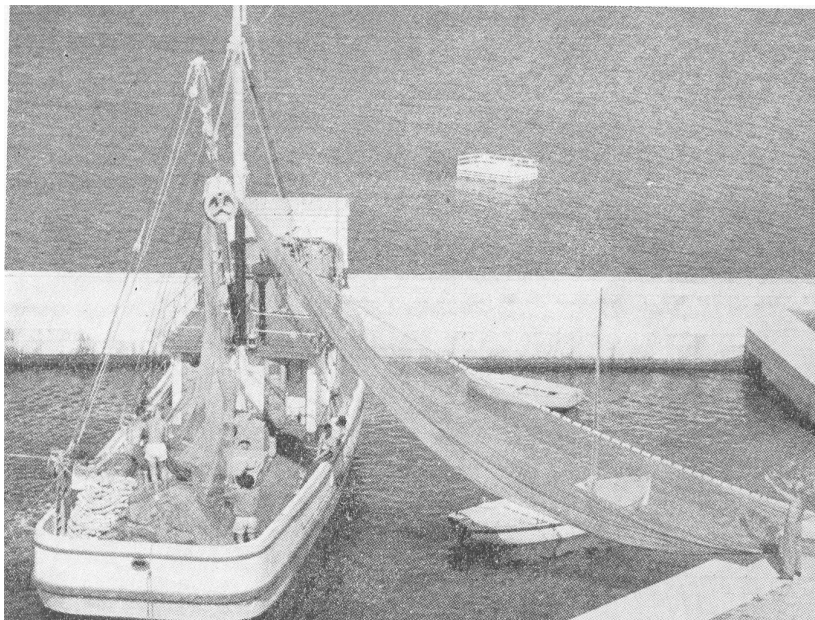
One of the first Croatian fisheries scientists to devote part of his work at the Institute of Oceanography and Fisheries in Split (IOR) before World War II, describing the BFT fishing on the eastern Adriatic coast, was Tonko Šoljan (1930). In his book "Fishes of the Adriatic" Šoljan (1948), morphometric and meristic characteristics necessary for the identification of tunas and other fish species are available. Fishing techniques with

different fishing gears targeting BFT in the Adriatic Sea were also the subject of studies conducted after the World War II by other fishery experts and scientists in Croatia (Basioli, 1962; Morović, 1971).

Josip Basioli, in his book “Tuna fishing on the Adriatic” (1962, in Croatian), described in detail all local fishing gears used for tuna fishing, including the appearance of the first purse seiners used for catching tuna and other large pelagic fish in the open sea. He also presented statistical data on their catches in certain areas and on certain islands along the eastern Adriatic coast, as well as the legislation in force at that time for catching large pelagic fish.

Morović (1971) in his book “Tuna and its Life” (in Croatian) has collected most of the current biological knowledge about tunas, including their geographical distribution and systematic classification, and describes for the first time the biometric characteristics of tuna body, as well as their growth, sexual maturity and reproduction. He also describes the predators, parasites, migrations, and feeding habits of BFT. The aroused scientific interest in studying the biology and ecology of BFT helped and enabled the research vessel “PREDVODNIK” owned by Institute of Oceanography and Fisheries in Split (IOR) equipped with purse-seine net and the so-called “Puratić block” or power block for fisheries research on pelagic fish (Fig. 4).

Figure 4. Research vessel PREDVODNIK of Institute of Oceanography and Fisheries with Puratić-block and purse-seine net (From: Morović, 1971; Foto: M. Alajbeg).



Otherwise, “Puratić block” is an invention of the Croatian emigrant to the USA, M. Puratić, from the Adriatic island of Brač who worked as a fisherman on tuna fishing vessels in the Pacific. He invented how to facilitate the demanding operation of purse seine nets lifting out of the sea on the fishing vessel, and his novelty is now an indispensable device in BFT purse seine fishing (Viličić, 1985).

Another Croat living in the USA, Ante Viličić, worked as a fisherman in the purse seine tuna fishery in the Pacific, where he gained valuable experience and became an expert in purse seine tuna fishing. After returning from the Pacific to the Adriatic Sea, he transferred his knowledge and experience on the eastern Adriatic. He published the book “Historical development of modern tuna fishing” (Viličić, 1985), describing the construction of the first fishing vessel in the Adriatic equipped with a purse seine net for tuna fishing, as well as experiences and statistical data of the tuna catches obtained. He pioneered the further development of BFT purse seine fishing in the open Adriatic Sea.

However, competition between modern fishing vessels equipped with purse-seine nets and traditional tuna fishing gears (e.g. tuna traps, beach seines etc.) resulted in many conflicts among fisherman (Basioli, 1962). Purse-seine fishing vessels were catching tuna schools far from the shore and therefore impacted abundance of tunas near shore. Consequently, development of purse seine fishing fleet resulted in gradual decline of tuna trap fishery and other old traditional tuna fishing gears used only in near shore areas. These old traditional fishing gears targeting large pelagic fish, together with modern, more effective fishing gears and techniques targeting BFT and other marine species, were described in “Fishing gears and techniques” by Cetinić and Swinarski (1985).

The wide spatial distribution and long-distance migrations of BFT and other tuna species in the Mediterranean Sea and Atlantic Ocean highlighted the need for an international approach to further studies and management, and eventually the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) was established in the late 1960s. As a BFT scientist D. Morović participated in the first ICCAT meeting hold in Rome, December 1-6, 1969 (Morović, 1971). After him, the monitoring of tuna catches on the east coast of the Adriatic Sea at the IOR in Split was taken over by the Chilean-born scientist Alegria-Hernandez (1984; 1990). After her return to Chile, fisheries scientist V. Tičina was engaged in more detailed studies of BFT biology and fisheries in the 1990s. These studies eventually resulted in his master’s thesis “Morphological and nutritional characteristics and fishing of tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Adriatic Sea” (Tičina, 1994) and publications (Tičina, 1993, 1997, 1999), including study on the age and growth of tuna caught in the Adriatic Sea (Tičina and Kačić, 1998). However, there were no studies

on sport-fishing of BFT during the XX century. At the end of 20th century, in 1997 the Republic of Croatia became a full member of the ICCAT, and V. Tičina became a member of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS) and served as the national BFT scientist of the Republic of Croatia in SCRS until 2010.

3.2 STUDIES ON BLUEFIN TUNA AT THE BEGINNING OF THE 21ST CENTURY

Starting from 1st decade of XXI century, Katavić headed Croatian delegation to ICCAT in period 2001-2013, and in parallel was involved in coordination and research activities focused on BFT related studies. Thanks to his involvement two historic ICCAT sessions were held in the Republic of Croatia (Dubrovnik, 2006 and 2018 respectively). Providing the Vice –Chair to the General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM) he also strengthened regional studies on BFT at ICCAT sessions, acting on behalf both respective regional bodies.

At the very beginning of XXI century, Tičina and Kačić (2001) studied usefulness of hydroacoustic devices (e.g. commercial searchlight sonar) in tuna fishing operations in the Adriatic. V. Tičina as a leading BFT scientist from IOR, dedicated great part of his career to BFT research and together with his colleagues from the eastern Adriatic, published a large number of research papers in ICCAT publication - Collective Volume of Scientific Papers during the first decade of the XXI century (Katavić et al., 2002; Miyake et al., 2003; Tičina, 2007; Tičina et al., 2002, 2003, 2004a, 2005, 2006). They joined the work of an international group of BFT scientists under the framework of ICCAT Bluefin Year Program (BYP). Acting as BYP tagging coordinator, Tičina and his colleagues conducted research related to captive BFT tagging to investigate the post-tagging mortality and growth performance of BFT during aquaculture activities (Tičina et al., 2004b, 2007). Following BYP, the ICCAT launched Atlantic-Wide Research Programme for Bluefin Tuna (GBYP) in which Katavić served as an external expert aiming to improve knowledge and understanding of the Atlantic BFT stocks and migrations.

Croats returning 1996 to their homeland from Australia brought with them their experience in tuna aquaculture and decided to start this activity on the eastern Adriatic coast. Since the end of the 20th century, this extremely profitable activity has developed very rapidly on the eastern coast of the Adriatic Sea. In the first decade of the XXI century, fisheries-based BFT aquaculture became an important new activity in marine aquaculture, spreading rapidly throughout the Mediterranean (Miyake et al., 2003; Tičina, 2008). Given the domestication of tuna as a new species in Mediterranean aquaculture and the fact that caught live bluefin tuna is gaining importance as seed fish in cage

farming, the need to study the relationship between the economic activities of fisheries and aquaculture is coming to the fore (Katavić and Tičina, 2005). As a result, there has been very good cooperation between the Croatian Ministry of Agriculture and scientists from the Laboratory of Fisheries Science and Management of Pelagic and Demersal Resources and the Laboratory of Aquaculture of the IOR. This eventually led to their joint participation in a larger number of ICCAT studies (e.g. BFT stock assessments), as well as in many international scientific meetings and a larger number of jointly published scientific papers on this topic.

Katavić et al. (2002) undertake a pioneer studies with caged juvenile BFT in the Adriatic Sea indicating a significant increase of average daily weight gain compare to wild fish. In the later studies, the research provides important information on the growth performances of BFT juveniles caged in the Adriatic under specific conditions (Katavić et al., 2003a, 2003b, 2003c; Tičina et al., 2007). However, due to the fact that fish were not landed in the same year when they were caught, BFT farming caused difficulties in terms of catch statistics (i.e. gap in data collection) and consequently difficulties to BFT stock assessment and management measures based on multi-year catch data. IOR's scientists studied this catch data issue, and eventually in close cooperation with country administration in 2005 developed projects (called: PUT and PRUT) aimed to monitor and follow captured small BFT used as seed fish in farming process up to their harvest/landing. Outcomes of studies made within framework of projects PUT and PRUT improved accuracy of ICCAT BFT catch statistics from the Adriatic Sea.

In the second decade of XXI century, the biometric characteristics of BFT originating from the Mediterranean Sea (Tičina et al., 2011), and migration pattern of tagged BFT juveniles were studied. Further research efforts were made on use of a stereoscopic underwater camera system, as a non-invasive tool, in estimating the number and biomass of caged live BFT (Grubišić et al., 2013a; Katavić et al., 2016; Tičina et al. 2016). In respecting specificity of BFT stock in the Adriatic and farming practice applied, a novel Adriatic L-W algorithm were determined (Katavić, et al., 2018). Comparing size and weight distribution of caged fish large variation among farms were adressed to difference in husbandry and environmental conditions (Katavić et al., 2013, 2017).

Considering that BFT farming highly depends on the availability of small pelagic fish used as feed, studies were made with the aim of estimating the type and amount of food needed (Miletić, 2011; Miletić et al., 2019), as well as possible improvements in feeding zootechnics and sustainability of tuna farming (Mišlov Jelavić et al., 2012). The spontaneous spawning of BFT in cages and the spatial distribution of the earliest developmental stages were studied also (Grubišić et al. 2013b; Džoić et al. 2017).

Successful ICCAT management measures related to BFT stocks resulted in increased small BFT abundance in the Adriatic Sea. Eventually, scientists and fisherman noted also that behavior of numerous BFT affect other fishing activities, particularly small pelagic purse-seine night fishing with artificial lights. The influence of presence of BFT within purse-seine fishing grounds affecting the catch of small pelagic fish and damage of fishing nets was studied (unpublished). However, on the other hand, increased abundance of BFT in the Adriatic Sea acted in favour of sport and recreational tuna fishing, known as Big Game Fishing (BGF). BGF tournaments become very popular events in Croatia, but given a very low quota allocated to BGF, this type of fishing is mainly based on the catch-and-release practice. In cooperation with ICCAT-GBYP and the Croatian Association for Sport Fishing at Sea and BFT farmers, in 2017 IOR's scientists studied effects of different types of hooks used in BGF with aim to reduce post-hooking mortality and suffering of BFT released (Grubišić et al. 2018).

Research on the impact of BFT farming on the marine ecosystem (Matijević et al., 2012; Stagličić et al., 2017; Šegvić et al., 2011; Tičina et al., 2020) were also important contributions to overall BFT studies on the eastern Adriatic Sea. Within framework of international cooperation, scientists from IOR also contributed to various international studies on tuna biology and ecology at large spatial scale in the Atlantic and the Mediterranean (Rooker et al., 2008; Brophy et al., 2015; Druon et al., 2016; Deguara et al., 2017; Corriero et al., 2020). In addition, it should be mentioned that BFT has also been used as an object for the study on fish parasites that it also hosts (Mladineo et al., 2008; Stanić and Mladineo, 2020).

Recently, BFT has been often used as object in various genetic studies in the Adriatic Sea, resulting in PhD thesis of young IOR's scientists. In her studies on BFT, Trumbić (2015) established a normalized mixed tissue of BFT cDNA library, pyrosequenced, assembled and annotated. It was used as a proposal for the construction of a BFT-specific DNA microarray. The relationship between the BFT host and the digenean trematode *Didymosulcus katsuwonicola* was further investigated using DNA microarrays and transmission electron microscopy. Furthermore, Lepen Pleić (2018) cloned the first full-length mRNA and gDNA sequences of BFT in order to obtain molecular characterization and expression analysis of three pro-inflammatory cytokines IL-1 β , TNF α 1 and TNF α 2 in cage-reared BFT. The expression analysis was performed in peripheral blood leukocytes stimulated in vitro with LPS, Poly I:C and parasite protein extract; and in gill tissue during natural parasite infection. In order to find out whether survival or mortality through the BFT farming cycle can be monitored at the genetic level and linked to several genes related to

immunity and stress response, IOR's researchers defined a set of 13 EST-SSRs for BFT, analysing wild vs. farmed adult BFT specimens (Radonić et al., 2020).

Finally, considering the fact that bluefin tuna is an important food for human consumption, special attention was paid to the fact that BFT is a long-lived species whose tissues are susceptible to bioaccumulation of various organic pollutants and heavy metals present in the marine environment. Therefore, IOR's scientist in collaboration with scientists from the Institute of Medical Research and Occupational Health in Zagreb and the Department of Marine Sciences and Applied Biology in Alicante, were studying this issue also (Fernandez-Jover et al., 2020; Klinčić et al., 2020; Kljaković-Gašpić and Tičina, 2021). This is particularly important for BFT from the Mediterranean Sea, highlighting importance to study BFT produced by tuna farming aquaculture activities in the Adriatic Sea, as one of the most enclosed parts of the Mediterranean. This is one of the reasons why BFT from eastern part of the Adriatic Sea should be better studied than those from other areas. Doing so, further studies may also reveal other ecological patterns of BFT.

4 CONCLUSIONS

Based on the review made, it is understood that BFT inspired a large number of experts and scientists working in the eastern Adriatic Sea to study its morphology, behaviour, biology, ecology and its life traits. Since ancient times BFT represented an important food source for coastal fishing communities, at the beginning studies on different fishing practices and types of fishing gears targeting BFT were the in the focus. The importance of studies in XX century related to BFT fishery was emphasized by high commercial value and the ability for capture BFT.

Due to BFT's long distance migrations very wide spatial distribution and multiple stock-users, need for an international management of this valuable sea resource resulted in establishment of ICCAT in 2nd half of XX century, highlighting the necessity for international stock assessments. Therefore, emphasis was given to studies that monitored BFT fishing activities in order to obtain regional statistical catch database and eventually provide management measures for sustainable BFT fishing.

Development of BFT farming practices in the Adriatic Sea at the beginning of XXI century, opened to Adriatic scientists a new study area, with a lot of challenges and research opportunities coupling fisheries and aquaculture scientists. Therefore, many studies made in XXI century were mostly related to captive BFT kept in growth-out floating cages. Croatian active participation in ICCAT and SCRS offered to the Adriatic scientists' possibilities for developing international cooperation, enabling their participation in

common BFT studies on regional, wide spatial scales, as well as fueling BFT research in the Adriatic environment.

More recently, BFT in the Adriatic Sea is frequently used as an object of studies on fish parasites, molecular and genetic studies, as well as a studied food item important in human consumption. As a commercially very important large pelagic fish, BFT will certainly continue to play important role in fishery-based aquaculture (e.g. tuna farming) and sport fishing and inspire scientist and experts in their future studies.

5 ACKNOWLEDGEMENT

This review paper was written at Institute of Oceanography and Fisheries, and supported by the Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia research projects 001-0013077-0532 and 001-0010501-0560. This re-publication as book chapter is funded through the project 'Understanding, Exploitation, and Status of Fisheries Resources (RIBAR),' financed by the Next Generation EU fund under the National Recovery and Resilience Plan 2021–2026

REFERENCES

Alegria-Hernandez, V. (1984). Monitoring of tuna fishing in the eastern Adriatic. *Morsko ribarstvo*, 36(2): 60-62. (in Croatian).

Alegria-Hernandez, V. (1990). The tuna fishery in the Eastern Adriatic. *ICCAT Coll.Vol.Sci.Pap. Madrid*, 33:101-107.

Basioli, J. (1962). Tuna fishing in the Adriatic. *JAZU, Zagreb*, 187 pp. (in Croatian).

Brophy, D., Haynes, P., Arrizabalaga, H., Fraile, I., Fromentin, J.-M., Garibaldi, F., Katavić, I., Tinti, F., Karakuluk, F.S., Macias, D., Busawon, D., Hanke, A., Kimoto, A., Sakai, O., Deguara, S., Abid, N., Santos M.N. (2015). Otolith shape variation provides a marker of stock origin for north Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Marine and Freshwater Research* 67 (7), 1023-1036.

Cetinić, P. Swiniarski, J. (1985). Fishing tools and techniques. *LOGOS, Split*, 655 pp. (in Croatian).

Corriero, A., Heinisch, G., Rosenfeld, H., Katavić, I., Passantino, L., Zupa, R., Grubišić, L., Lutcavage, M.E. (2020). Review of Sexual Maturity in Atlantic Bluefin Tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 28 (2), pp. 182-192.

Deguara, S., Gordo, A., Cort, J.L., Zarrad, R., Abid, N., Lino, P.G., Karakuluk, S., Katavić, I., Grubišić, L., Gatt, M., Ortiz, M., Palma, C., Cid, J.J.N., Lombardo, F. (2017). Determination of a length-weight equation applicable to Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) during the purse seine fishing season in the Mediterranean. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 73(7): 2324-2332.

Di Natale, A. (2018). An updated bibliography on bluefin tuna trap fishery. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 74(6):2942-3036.

Druon, J.N., Fromentin, M.C., Hanke, A., Arrizabalaga, H., Damalas, D., Tičina, V., Quílez-Badía, G., Ramirez, K., Arregui, I., Tserpes, G., Reglero, P., Deflorio, M., Oray, I., Karakulak, S.F., Megalofonou, P., Ceyhan, T., Grubišić, L., MacKenzie, B.R., Lamkin, J., Afonso, P., Addis, P. (2016). Habitat suitability of the Atlantic bluefin tuna by size class: an ecological niche approach. *Progress in Oceanography*, 142: 30-46.

Džoić, T., Beg Paklar, G., Grbec, B., Ivatek-Šahdan, S., Zorica, B., Šegvić-Bubić, T., Čikeš Keč, V., Lepen Pleić, I., Mladineo, I., Grubišić, L., Verley, P., Spillover of the Atlantic bluefin tuna offspring from cages in the Adriatic Sea: A multidisciplinary approach and assessment // *PLoS One*, 12 (2017), 11; e0188956, 20 doi:10.1371/journal.pone.0188956

Faber, G.L. (1883). *The fisheries of the Adriatic in the fish their of. A report of the Austro-ungarian sea-fisheries with a detailed description of the sea fauna of the Adriatic gulf.* London:1-275.

Fernandez-Jovier, D., Mladieno, I., Grubišić, L., Lušić, J., Sanchez-Jerez, P. (2020). Changes in trophic behaviour and trace metal concentrations in wild fish in a tuna-farming environment. The key role of a sound baitfish choice. *Regional Studies in Marine Science*, 38, 101357 <https://doi.org/10.1016/j.rsm.2020.101357>

Grubišić, L., Katavić, I., Šegvić-Bubić, T., Mišlov, K., Tičina, V. (2013a). Preliminary experiences in applying the stereoscopic system in bluefin tuna size estimates. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 69(2): 704-709.

Grubišić, L., Šegvić-Bubić, T., Lepen Pleić, I., Mišlov, K., Tičina, V., Katavić, I., Mladineo, I. (2013b). Morphological and genetic identification of spontaneously spawned larvae of captive Bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the Adriatic Sea. *Fisheries*, 38(9): 418-425. <http://dx.doi.org/10.1080/03632415.2013.839439>

Grubišić, L., Katavić, I., Šegvić Bubić, T., Tičina, V., Žužul, I., Talijančić, I., Maleš, J., Luketa, T., Šoša, B., Ugarković, P., (2018), Biological response of Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) to recreational sport fishing by catch and release method. Available at: https://www.iccat.int/GBYP/Docs/Complimentary_Activities_Phase_7_Catch_and_Release.pdf (Accessed: October, 2022.)

Katavić, I., Tičina, V., Franičević, V., (2002). A preliminary study of the growth rate of Bluefin tuna from Adriatic when reared in the floating cages. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 54(2): 472-476.

Katavić, I., Tičina, V., Grubišić, L., Franičević, V. (2003a). Tuna farming as a new archivement in mariculture of Croatia. In: ORAY, I.K. and KARAKULAK, F.S. (Eds.). «Workshop on Farming, Management and Conservation of Bluefin tuna», Turkish Marine Research Foundation, Istanbul – TURKEY, Publication No. 13: 10-20.

Katavić, I., Tičina, V., Franičević, V. (2003b). Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) farming on the Croatian coast of the Adriatic Sea – present stage and future plan. In: *Domestication of the Bluefin tuna, Thunnus thynnus thynnus*. Cahiers Options Mediterraneees Bridges, C.R., Gordin, H., Garcia, A. (eds.), Vol 60: 101-106.

Katavić, I., Tičina, V., Franičević, V. (2003c). Rearing of small Bluefin tunas (*Thunnus thynnus* L.) in the Adriatic Sea - preliminary study. In: *Domestication of the Bluefin Tuna, Thunnus thynnus thynnus*. Cashiers Options Mediterraneees. Bridges, C.R., Gordin, H., Garcia, A. (eds.), Vol 60: 95-99.

Katavić, I. and Tičina, V. (2005). Fishing and farming of the northern Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Adriatic Sea. In: *Intercations between aquaculture and capture fisheries: A methodological perspective*. GFCM, Studies and Reiews. Cataudella, S., Massa, F. and Crosetti, D. (eds.) No.78, FAO, Rome: 181-188.

Katavić, I., Tičina, V., Grubišić, L., Šegvić-Bubić, T., Franičević V. (2013) Comparison of the recent and historical information on the size composition of Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Adriatic obtained by purse seine fisheries. Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT, 69(2): 699-703.

Katavić, I., Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Talijančić, I. (2016). Reliability of Bluefin tuna size estimates using a stereoscopic camera system in a grow out cage. Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT, 72(7):1848-1861.

Katavić, I., Grubišić, L., Tičina, V., Šegvić-Bubić, T., Maleš, J., Talijančić, I., Žužul, I., (2017) Catch structure of purse seine Bluefin tuna fishing in the Adriatic Sea: the first age frequency distribution estimate based on a spine age-length key. Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT, 73(7): 2535-2542.

Katavić, I., Grubišić, L., Mihanović, M., Petrina Abreu I., Talijančić, I., Šegvić Bubić, T. Žužul, I. (2018). Length-Weight relationships applicable to Bluefin tuna juveniles (*Thunnus thynnus*) caught for farming purposes during the purse seine fishing season in the Adriatic. Collective Volume of Scientific Papers 74(6):3515-3522.

Kirsch, A., (1900). Die Fischerei im Adriatischen Meere. Pola: 36-38.

Kljaković-Gašpić, Z., Tičina, V. (2021) Mercury and selenium levels in archive samples of wild Atlantic bluefin tuna from the Mediterranean Sea. Chemosphere 284. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131402>

Klinčić, D., Herceg Romanić, S., Kljaković-Gašpić, Z., Tičina, V. (2020). Legacy persistent organic pollutants (POPs) in archive samples of wild Bluefin tuna from the Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin 155, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111086>

Lepen Pleić, I. (2018). Molecular characterization and expression analysis of pro-inflammatory cytokines IL-1 β , TNF α 1 and TNF α 2 in cage-reared Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L. 1758), doktorska disertacija, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek.

Matijević. S., Bilić, J., Ribičić, D., Dunatov, J. (2012). Distribution of phosphorus species in below-cage sediments at the tuna farms in the middle Adriatic Sea (Croatia). Acta Adriatica, 53, 3; 399-412.

Miyake, P.M., De la Serna, J.M., Di Natale, A., Farrugia, A., Katavić, I., Miyake, A., Tičina, V. (2003). General review of bluefin tuna farming in the Mediterranean Area. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 55(1): 114-124.

Miletić, I. (2011). The influence of different foods on the breeding indicators of tuna (*Thunnus thynnus*) in the Brač area, doctoral dissertation, Faculty of Agriculture, Zagreb, 185 pp. (in Croatian).

Miletić, I., Mladineo, I., Orhanović, S., Pavela-Vrančić, M., Slišković, M., Jelić Mrčelić, G.. (2019). The influence of feeding on muscle tissues composition in cage reared bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) // Acta Adriatica, 60, 1; 69-78.

Mišlov Jelavić, K., Stepanowska, K., Grubišić, L., Šegvić Bubić, T., Katavić, I. (2012). Reduced feeding effects to the blood and muscle chemistry of farmed juvenile bluefin tuna in the Adriatic Sea // Aquaculture research, 43, 2; 317-320 doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02828.x

Mladineo, I., Žilić, J., Čanković, M. (2008). Health survey of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) reared in Adriatic cages from 2003-2006 // Journal of the world aquaculture society, 32 2; 281-289 doi:10.1111/j.1749-7345.2008.00156.x

Morović D. (1971). Tuna and his life. Matica Hrvatska Split: 79 pp. (in Croatian).

Radonić, I., Trumbić, Ž., Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Mladineo, I. (2020). Development and potential application of new set of Atlantic bluefin tuna EST-SSRs in the survival success during farming cycle // *Mediterranean marine science*, 21, 2; 298-307 doi:10.12681/mms.19025

Rooker, J.R., Secor, D.H., DeMetrio, G., Kaufman A.J., Rios A.B., Tičina V. (2008). Evidence of trans-Atlantic movement and natal homing of bluefin tuna from stable isotopes in otoliths. *Marine Ecology Progress Series* 368:231-239 DOI: 10.3354/meps07602

Stagličić, N., Šegvić-Bubić, T., Talijančić, I., Žužul, I., Ugarković, P., Tičina, V., Grubišić, L. (2017). Ecological role of Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fish farms for associated wild fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research* 132: 79-93.

Stanić, R., Mladineo, I. (2020). Population genetics of a tissue-encysting digenean (*Didymosulcus katsuwonicola*) and its host, Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) *Bulletin- European Association of Fish Pathologists* 40(3):106.

Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Tičina, V., Katavić, I. (2011). Temporal and spatial variability of pelagic wild fish assemblages around Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* farms in the eastern Adriatic Sea. *Journal of Fish Biology*, 78, 78-97.

Šoljan, T. (1930). Tuna fishing in the Croatian coast. *Ribarski list*, 1-2. (in Croatian).

Šoljan, T. (1948). *Adriatic fish*. Split, 437 pp. (in Croatian).

Tičina, V. (1993). Tuna fishing in the eastern Adriatic. *Morsko ribarstvo*, Vol. 45(1): 20-22. (in Croatian).

Tičina, V. (1994). Morphological and nutritional characteristics and fishing of tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Adriatic Sea. Master's thesis, University of Zagreb: 84 pp. (in Croatian).

Tičina, V. (1997). Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) purse-seine fishing in the eastern Adriatic sea. *Collective Volume of Scientific Papers*, 46(2): 126-128.

Tičina, V. (1999). Tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) – biology, fishing, management and conservation. *Pomorski Zbornik* 37 (1): 209-221. (in Croatian).

Tičina V. (2007) Tagging of the northern Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the East Atlantic and Mediterranean Sea in 2005. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*. ICCAT, 60(4): 1416-1420.

Tičina, V., Kačić, I. (1998). Preliminary data on age determination of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) caught in the Adriatic Sea. *Rapp.Comm. int. Mer Medit.*, 35(2): 486-487.

Tičina, V., Kačić, I. (2001). Some field observations on usefulness of searchlight sonar during Bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) fishing activities in the Adriatic Sea. *Bilježke-Notes* 85: 12pp.

Tičina, V., Katavić, I., Franičević, V. (2002). Croatian Bluefin tuna catches in the Adriatic during 1999 through 2001 by year/month/size structure. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT 54(2): 465-471.

Tičina, V., Grubišić, L., Katavić, I., Jeftimijades, I., Franičević, V. (2003). Tagging of small bluefin tuna in the growth-out floating cage. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT 55(3): 1278-1281.

Tičina, V., Grubišić, L., Katavić, I., Miletić, I., Jeftimijades, I., Emrić Tičina, V., Franičević, V. (2004a). Some difficulties in sampling and tagging live Bluefin tuna in the growth-out floating cages. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, 56: 1218-1221.

- Tičina, V., Grubišić, L., Katavić, I. (2004b). Sampling and tagging of live Bluefin tuna in growth-out floating cages. *Aquaculture Research* 35 (3), 307-310.
- Tičina, V., Grubišić, L., Katavić, I., Franičević, V., Emrić Tičina, V., Ožić, M. (2005). Conversion of farmed bluefin tuna product weight to live weight of the fish. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT* 58 (4): 1271-1274.
- Tičina, V., Grubišić, L., Katavić, I., Franičević, V., Emrić Tičina, V. (2006). Report on research activities on bluefin tuna tagging within growth-out farming cages. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 59(3): 877-881.
- Tičina, V., Katavić, I., Grubišić, L. (2007). Growth indices of small northern Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) in growth-out rearing cages. *Aquaculture*, 269: 538-543.
- Tičina, V. (2008). Farming in Croatia. In: *Bluefin tuna in the Mediterranean – Biology, Fisheries, Breeding and Management*. Unimar-Roma, Ottolenghi and Cerasi (eds), 80-81. (in Italian)
- Tičina, V., Grubišić, L., Šegvić Bubić, T., Katavić, I. (2011). Biometric characteristics of small Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, Linnaeus, 1758) of the Mediterranean Sea origin. *Journal of Applied Ichthyology*, 27 (4): 971-976.
- Tičina, V., Katavić, I., Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L. (2016). Estimation of capture-at-size data of live Bluefin tuna using underwater stereoscopic camera system. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT* 72(6): 1457-1462
- Tičina, V., Katavić, I., Grubišić, L. (2020). Marine Aquaculture Impacts on Marine Biota in Oligotrophic Environments of the Mediterranean Sea - A Review. *Frontiers in Marine Science*, 7: 217 <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00217>
- Trumbić, Ž. (2015). Development and application of DNA microarrays for determining gene expression in caged Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L., 1758), doctoral dissertation, University of Osijek, Osijek, 115 pp. (in Croatian).
- Viličić, A. (1985). Historical development of modern tunneling. ANTE VILIČIĆ – own publishing house, Split, 199 pp. (in Croatian).

CAPÍTULO 15

INDUSTRIALIZACIÓN DE LÁCTEOS EN LA HACIENDA AGUSBELLA, PARROQUIA RUMIPAMBA, COMO RESULTADO DE LA PRÁCTICA PREPROFESIONAL DE ESTUDIANTES DE PRODUCCIÓN ANIMAL¹

Data de submissão: 19/02/2025

Data de aceite: 11/03/2025

María José Jiménez Arciniega

Instituto Superior Tecnológico Superarse
Quito – Ecuador
<https://orcid.org/0009-0000-3868-1938>

Nathaly Alexandra Freire Pazmay

Instituto Superior Tecnológico Superarse
Quito – Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-2984-6337>

Fabian Mauricio Tello Velastegui

Instituto Superior Tecnológico Superarse
Quito – Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-8888-2776>

RESUMEN: Los estudiantes de la carrera en producción animal en su formación profesional deben enfocarse en el estudio, creación y utilización de herramientas que les permita adquirir un conocimiento amplio en la producción de alimentos, actualmente realizan talleres prácticos en la que complementan los conocimientos adquiridos en la teoría. El (ISTS), academia, estudiantes motivan a los productores de leche a trabajar y dar

¹ Se hace constar que el presente trabajo contó con el apoyo financiero del Instituto Superior Tecnológico Superarse, el cual también se hará cargo de los gastos de publicación.

cumplimiento al uso de las técnicas de las buenas prácticas en la producción de queso y yogurt, actualmente cuenta con una planta piloto para la fabricación de productos que son derivados de la principal materia prima producida en el sector, la planta piloto está ubicada en la hacienda Agusbella la misma que se encuentra situada en la parroquia de Rumipamba, siendo una de las principales en el sector de productores de leche; la academia y estudiantes de la carrera de producción animal se encargan de dar a conocer las buenas prácticas de manufactura y cumplimiento de leyes de sanitización para la elaboración de productos derivados de la leche, esto permite vincular a los productores para el cumplimiento de los estándares de calidad que el mercado exige, una de las ventajas que se puede obtener es la elaboración de los productos sin perder la esencia de utilizar las técnicas tradicionales para su producción.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza - aprendizaje. Producción. Buenas prácticas. Vinculación.

1 INTRODUCCIÓN

El sector educativo es uno de los pilares más importantes para el Instituto Superior Tecnológico Superarse, la carrera de producción animal se encarga de la formación de tecnólogos capaces de planificar, administrar, gestionar y mejorar la producción pecuaria, a través del estudio de las áreas

de la zootecnia, la productividad y la veterinaria, con el fin de optimizar los productos y servicios derivados y satisfacer las necesidades de la sociedad.

La Tecnología Superior en Producción Animal orienta su estudio con el desarrollo tecnológico de las empresas, toma en consideración las nuevas configuraciones que se operan en las tecnologías vinculadas al ejercicio profesional, tanto en los campos sociales como experimentales. A través de materias como: Nutrición en Mono gástricos y Poligástricos, Genética Animal, Sistema de Producción de Bovinos, Sistema de Producción de Porcinos, Industrialización de leche y carne, Reproducción Animal, genera innovaciones acordes a la pertinencia del modelo y se actualiza permanentemente la información de los diferentes sistemas de producción, manejo y control animal conforme a las normas nacionales e internacionales.

La Tecnología en Producción Animal, se da a conocer a través de las comunidades, mediante la implementación de buenas prácticas profesionales, las asociaciones de pequeños y medianos productores pecuarios, campañas de información en mejoramiento pecuario, gestión de manejo en los diferentes sistemas productivos pecuarios. Se emplean herramientas informáticas para la adquisición de habilidades, se suman a las experiencias de aprendizaje labores de campo y se comparten en las comunidades de producción pecuaria actividades dinámicas, distribuidas en las plataformas tecnológicas internas y externas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Demostrar buenas prácticas académicas que han generado un impacto positivo en la institución, los estudiantes y el entorno social, mediante el manejo adecuado de procesos técnicos y modelos de producción de queso, yogurt y servicios turísticos en la Hacienda Agusbella de la parroquia Rumipamba ubicada en el Cantón Rumiñahui, enmarcadas en el eje temático “Emprendimiento e Innovación”.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los procesos técnicos de industrialización con la participación de proveedores locales para la producción de lácteos.
2. Analizar modelos de producción de lácteos con base a las condiciones higiénico-sanitarias que indica el Manual de Procesos Operativos de la Hacienda Agusbella.

3. Identificar acciones estratégicas de vinculación entre la institución y los productores de leche, mediante acciones de emprendimiento e innovación.
4. Visibilizar los resultados de aprendizaje de los estudiantes a través de sus prácticas y vinculación con la sociedad.

3 METODOLOGÍA

La metodología desarrollada se presenta mediante la sistematización de acciones instituidas como buenas prácticas.

- ✓ La Institución ha elaborado una serie de instrumentos y herramientas técnicas para la recuperación de las mejores experiencias de aprendizaje obtenidas de la implementación del proyecto de carrera de tecnología en producción animal.
- ✓ La confirmación de equipos interdisciplinarios con el aporte de otras carreras de la Institución que permitió intercambiar acciones propias de su especialidad en apoyo a la organización de eventos que promueven el bienestar animal, la producción y su posterior industrialización.
- ✓ Los talleres presenciales permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos mediante prácticas en la planta piloto previstas en la planificación de talleres presenciales.
- ✓ La Institución cuenta con una planificación de salidas pedagógicas las que permiten fortalecer los conocimientos adquiridos por los estudiantes realizando visitas insitu en los diferentes campos de industrialización de alimentos.
- ✓ Se elaboraron encuesta de carácter cuantitativo dirigidas a los estudiantes de quinto semestre de la carrera de producción animal.
- ✓ Para la recolección de datos se adoptan la técnica de la encuesta es una técnica de carácter cuantitativo que permite la recolección de datos, cifras, estadísticas hacia los estudiantes; por otro lado realizamos otra encuesta a los moradores del sector de Rumipamba quiénes ellos pueden expresar su nivel de confianza y conocimiento acerca de nuestra planta piloto en la hacienda Agusbella con el fin de acercar a los moradores productores de leche puedan hacer uso y emprender en el mundo de la producción de leche y yogurt.

Con base a los insumos descritos la Institución emprendió un diagnóstico después de haber realizado un proceso de planificar, hacer, verificar y aplicar (PHVA) dirigido a

la comunidad con el fin de recuperar los beneficios causales de la industrialización de lácteos en la planta piloto de la hacienda Agusbella, cuyos resultados se presenta en el informe de impacto.

3.1 ESTRUCTURA TEÓRICA-EPISTEMOLÓGICA DE LA CARRERA DE PRODUCCIÓN ANIMAL

El profesional de Producción Animal, cuenta con los conocimientos que le permitirán poner en marcha diferentes acciones que fomentarán el desarrollo de metas planteadas sobre la base de objetivos empresariales o de área productiva. Su formación abarcará el análisis y diseño de programas que aporten a la toma de decisiones en todo lo concerniente al mejoramiento productivo y reproductivo de la producción pecuaria. En este sentido, la tecnología en Producción Animal, cuenta con un enfoque interdisciplinar conformada por materias en las que el cuidado del medio ambiente sea el eje transversal en la formación del profesional en producción animal, de manera articulada, es necesario generar y desarrollar ferias, exposiciones, campañas, donde se promueva el respeto a la naturaleza, la ética con el manejo animal, reciclaje y sus componentes.

El conocimiento asimilado por el graduado en el Tecnología en Producción Animal, permite que los estudiantes realicen un manejo y manipulación correcta en animales destinados para la producción y distribución; el procesamiento y elaboración de productos de origen animal con las técnicas aprendidas en las distintas cátedras impartidas en la institución, particularmente la asignatura de higiene de los alimentos, asimismo, conocen el procesamiento adecuado para la entrega de un producto de buena calidad, sujetos a estándares establecidos por entes de control.

Por otro lado, la Tecnología en Producción Animal, se da a conocer a través de las comunidades, mediante la implementación de buenas prácticas profesionales, las asociaciones de pequeños y medianos productores pecuarios, campañas de información en mejoramiento pecuario, gestión de manejo en los diferentes sistemas productivos pecuarios. Del mismo modo, se emplean herramientas informáticas para la adquisición de habilidades, se suman a las experiencias de aprendizaje labores de campo y se comparten en las comunidades de producción pecuaria actividades dinámicas, distribuidas en las plataformas tecnológicas internas y externas.

Los estudiantes de la carrera de Producción Animal realizan sus prácticas preprofesionales, ocupando las instalaciones y la planta piloto de industrialización, laboratorio fisicoquímico y microbiológico de la Hacienda Agusbella, en la que se

encargan de producir queso y yogur, hay que destacar que la leche como materia prima se adquiere de los moradores de la parroquia Rumipamba, quienes se dedican a la crianza y producción de leche en el sector; de igual modo, el apoyo brindado a los productores consiste en pagar \$0.55 centavos de dólar americano por litro de leche, esto quiere decir que el beneficio a los moradores de esta parroquia representa \$10 ctvs. más al valor que comercializan su producto a centros de acopio.

Es importante señalar que, la intervención profesional para la transformación e innovación se da a través del desarrollo de las materias como mercadeo pecuario, liderazgo y emprendimiento, siempre de manera articulada con la producción de bienes y servicios vinculados a la matriz productiva y energética, con la producción académica y la generación del conocimiento e integración del saber (SENPLADES, 2012).

De igual modo, se desarrolla la participación social a través de Vinculación con la Comunidad y Prácticas Pre Profesionales dirigidas, con una comunicación horizontal entre los diferentes actores que integran los estamentos con foros y seminarios aplicados se logra la humanización de los procesos educativos y la transformación de la realidad social (Ramírez, 2008).

Es necesario clarificar el concepto correspondiente a escenarios de aprendizaje, en esta línea de pensamiento, Campos señala que, los sistemas educativos necesitan ver el mundo cada vez más interdependiente, la tecnología acelera y la educación es una misión clave. Ofrecemos a los alumnos un ambiente de especialidad tecnológica, con laboratorios donde desarrollan su conocimiento. En el pasado, el aprendizaje era competitivo, coercitivo y paternalista, la nueva ética del aprendizaje se basa en tres ejes: colaboración, globalización y universalización. (Campos, 2010).

Las prácticas educativas y la docencia que se ocupa para el aprendizaje de los estudiantes, son conocimientos más llamativos sencillos e innovadores, es importante cumplir con la transformación de las metodologías tradicionales de aprendizaje, es por esa razón que el Instituto busca la integración entre la sociedad, docencia y estudiantes se puedan involucrar en el ámbito investigativo, establezcan prácticas funcionales de conciencia en las personas que se encuentran en el comercio y producción de alimentos de primera necesidad, puedan ofrecer alimentos seguros, naturales y libre de aditivos para el consumo humano.

En esta misma línea de pensamiento, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2015), en el resumen ejecutivo 2015, se hace referencia a la formulación de políticas nacionales de ciencia e innovación, afirma que: para sacar todo el partido al desarrollo económico impulsado por la ciencia

y la innovación, hay que moverse en la dirección adecuada, de forma simultánea, en toda una serie de ámbitos de política diferentes, incluidos los tocantes a la educación, las ciencias básicas y el desarrollo tecnológico, y como es lógico integrar las tecnologías sostenibles (“ecológicas”), la I+D empresarial y las condiciones del marco económico. (Informe de la UNESCO sobre la ciencia. Hacia 2030. 2015).

En este sentido, es importante mencionar, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 – 2025, actualmente se están generando en la parroquia de Rumipamba proyectos de bioeconomía, como es el turismo sustentable en zonas de ecosistemas frágiles que presentan abundante vegetación nativa (Rumiñahui, 2020, 51).

En este punto, es menester señalar que, un cambio de paradigma económico en parroquias como Rumipamba es importante para el desarrollo social y económico, puesto que el trabajo articulado entre el rol de la academia con la sociedad es preponderante para este fin, de este modo, El Servicio Ecuatoriano de Normalización señala que, “un sistema económico, que busca la preservación de los recursos naturales y que tiene como propósito contribuir simultáneamente a disminuir el impacto ambiental del desarrollo, aumentar la eficiencia del uso de recursos y mejorar el bienestar de todas las partes interesadas” (INEN, 2020, 7). Así también, el modelo de economía circular, se enfoca en encontrar formas de articular el crecimiento económico y social, con el equilibrio ambiental, junto al apoyo de la academia a través de buenas prácticas académicas se espera alcanzar este objetivo. En relación al concepto de economía circular, se vuelve imprescindible articular acciones entre, consumidores, productores y gobierno con el fin de establecer este paradigma económico, como una manera de generar, producir y consumir productos desde su origen, en otras palabras, “desde su diseño hasta su logística inversa², “lo que permitirá realizar negocios considerando el crecimiento económico de la sociedad, la sostenibilidad ambiental y la reducción de riesgos por la volatilidad e incertidumbre de precios de las materias primas y recursos energéticos” (Lett 2014).

²“La logística inversa está referida a la devolución de productos, el reciclaje, la sustitución de materiales, reutilización de materiales, eliminación de residuos, así como la renovación, reparación y refabricación” (Contreras, Tordecilla y Silva 2013, 154).

Tabla 1. Apoyo educativo para los estudiantes de industrialización de leche y carne.

Material didáctico	Recurso didáctico
<ul style="list-style-type: none"> • Guía de estudio de industrialización de leche y carne. • Guía de prácticas de laboratorio. • Otros: Libros en pdf, normativa, audiovisuales, videos, simuladores. • Normativa de ARCSA 067-2015 • Manual interno de manipulación y buenas prácticas para la industrialización de productos provenientes de lácteos como el queso y yogurt. • Manual para el buen uso de la planta piloto ubicada en la hacienda Agusbella. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material, equipos y reactivos de laboratorio especificados en la guía de prácticas. • Analizador de leche, potenciómetro, lactodensímetro, reactivo CMT, fenoltaleína, azul de metileno, alcohol. • Marmita pasteurizadora de leche, lira de corte, marmita de yogurt, prensa, empacadora al vacío, molino, cutter, embutidora.

En la tabla 1 se muestra el material y recursos didácticos empleados para el aprendizaje de los estudiantes de quinto semestre.

Tabla 2. Aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes de industrialización de leche y carne.

Número	Asignatura articulada	Escenario de aprendizaje	Actividades	Capacidades, competencias, habilidades, destrezas y desempeño	Duración (horas)
1	Higiene de los alimentos	Siendo una carrera híbrida su aprendizaje teórico es de manera virtual utilizando material y tutoría guiada por el docente en la plataforma de moodle, teams y semipresencial en las Instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Superarse en los salones de clase.	<p>Higiene y manipulación de alimentos.</p> <p>Clasificación de los alimentos.</p> <p>Contaminación de los alimentos.</p> <p>Enfermedades transmitidas por los alimentos.</p> <p>Microbiología de los alimentos.</p> <p>Buenas prácticas de manufactura.</p> <p>Análisis de puntos críticos de control.</p>	El estudiante será capaz de entender los conceptos básicos de higiene dentro de la industria alimentaria, para poder garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de la cadena productiva.	96

2	Industrialización de leche y carne	Planta piloto de industrialización Hacienda Agusbella.	Composición química de la leche. Técnicas de control de calidad de la leche. Microbiología de la leche. Tratamientos térmicos para la leche. Derivados lácteos queso y yogurt.	El estudiante será capaz de obtener productos lácteos y cárnicos de calidad, a partir de la aplicación de los conceptos básicos de bioquímica, fisicoquímica y microbiología de la leche y carne	144
---	------------------------------------	--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

La Tabla 2 muestra las materias aplicadas a los estudiantes de producción animal para el modelo de aprendizaje teórico-práctico para la obtención de productos lácteos de calidad que cumplan con los requisitos de normativa para su comercialización.

3.2 HACIENDA AGUSBELLA: PRESENCIA EN LA COMUNIDAD EDUCATIVA Y ENTORNO SOCIAL

De acuerdo a la perspectiva planeada, el Instituto Superarse articula diversas prácticas preprofesionales en la producción de leche y yogurt en el sector de Rumipamba, con los estudiantes de la carrera de producción animal de quinto semestre, el objetivo de realizar dichos proyectos es para vincular a la academia, estudiantes y proveedores de leche del sector.

En la asignatura de higiene de alimentos e industrialización de leche y carne se incentiva a los estudiantes experimentar problemáticas reales en la práctica preprofesional, lo cual permite que tengan un acercamiento directo con el entorno y realicen cuestionamientos, hipótesis y acciones concretas en busca de un aprendizaje significativo del “saber hacer” por medio de la planificación académica.

3.3 PROCESOS TÉCNICOS Y MODELOS DE PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS EN LA HACIENDA AGUSBELLA

3.3.1 Proyecto educativo

La interacción entre los estudiantes, docente y entorno social ha generado un impacto positivo para el manejo adecuado de los procesos técnicos para la elaboración

de derivados lácteos tales como queso fresco y yogurt, mediante la aplicación de buenas prácticas de higiene para asegurar la calidad de los productos durante la elaboración y manipulación de los mismos.

3.3.2 Procesamiento de leche

El tiempo de vida útil de la leche fresca sin procesar en tanques fríos de acero inoxidable a 4°C de temperatura es de máximo 3 días dependiendo de su carga microbiológica inicial, por lo que se le considera como un alimento de riesgo tipo A por la cantidad de agua y por el contenido nutricional. Para conservar la leche durante tiempos más prolongados el procesamiento de la misma para la obtención de derivados lácteos tales como leche UHT, queso, yogurt, mantequilla, manjar, entre otros. Permite que la vida útil de la leche puede prolongarse mediante tratamientos térmicos como la pasteurización que reduce el contenido de microorganismos hasta niveles que no representen peligros para la salud de los consumidores. Con la finalidad de industrializar la leche de la zona y generar un espacio de aprendizaje se ha creado dentro de la hacienda Agusbella la planta piloto para la industrialización de leche y carne y el laboratorio para el análisis fisicoquímico y microbiológico de leche cruda.

3.3.3 Planta piloto

La planta piloto ubicada en la hacienda Agusbella en la parroquia de Rumipamba, está caracterizada para ser usada en actividades de docencia y aprendizaje, con el fin de industrializar queso y yogurt en un futuro cercano se pretende incluir el proyecto de industrialización de carnes, la producción de la planta por el momento produce en una escala pequeña, en la cual se llevan a cabo todos los procesos similares a una industria grande de alimentos, cuenta con los equipos necesarios para la obtención de productos lácteos y cárnicos. Para el correcto funcionamiento de la misma se ha basado en el cumplimiento de las exigencias mencionadas dentro de la normativa ARCSA 067-2015-GGG, que es una herramienta que establece lineamientos necesarios para los establecimientos que producen alimentos para el consumo humano, así como también delimita directrices para garantizar la higiene dentro de la planta con las buenas prácticas de manufactura BPM.

Figura 1. Laboratorio fisicoquímico para leche.

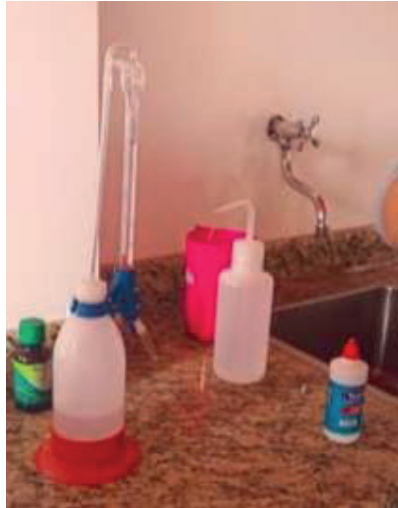


Figura 2. Planta piloto de industrialización.



3.4 MODELO DE PRODUCCIÓN DE QUESO

Materia prima

- **Leche**

La caracterización económica de la parroquia de Rumipamba se enfoca en la producción ganadera, que representa el 66% respecto a otras actividades económicas debido a que se produce alrededor de 300000 litros de leche/día (Machuca, 2018). Por lo cual la leche utilizada como materia prima para su posterior procesamiento es obtenida de los moradores de la zona de acuerdo a la orden de producción, misma que previamente es analizada dentro del laboratorio de la hacienda Agusbella para determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas tomando en cuenta la normativa INEN 09.

Normativa INEN referenciales

NTE INEN 09:2018. Leche cruda. Requisitos.

NTE INEN 1528:2012. Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos.

Determinación del proceso de producción

- **Recepción de materia prima:** La leche que llega hasta el **área** de procesamiento de la hacienda Agusbella es importante para la obtención del producto final, es por ello que se cuenta con un área destinada para la recepción para el posterior procesamiento.
- **Control de calidad:** La leche pasa por un análisis de calidad donde se determina parámetros fisicoquímicos con la ayuda de analizadores de leche, potenciómetros, acidómetros, lactodensímetros, entre otros. Para determinar la aptitud de la leche para ser procesada.
- **Filtrado:** En este proceso se filtra la leche para eliminar residuos o impurezas que pudiesen generar contaminaciones.
- **Pasteurización:** La leche se pasteuriza a 68 °C durante 30 minutos.
- **Acondicionamiento:** Se enfría la leche rápidamente hasta 38 °C para colocar cloruro de calcio.
- **Cuajado:** Se coloca cuajo líquido tomando a referencia la cantidad de leche empleada y se deja reposar durante 30 minutos.
- **Corte:** Cortar la cuajada mediante el uso de liras realizando cortes pequeños aproximadamente de 1 cm por lado.
- **Desuerado:** Transcurrido 10 minutos se retira el suero en una relación 1:3.
- **Moldeado:** Se moldea la cuajada desuerada en aros de acero inoxidable.

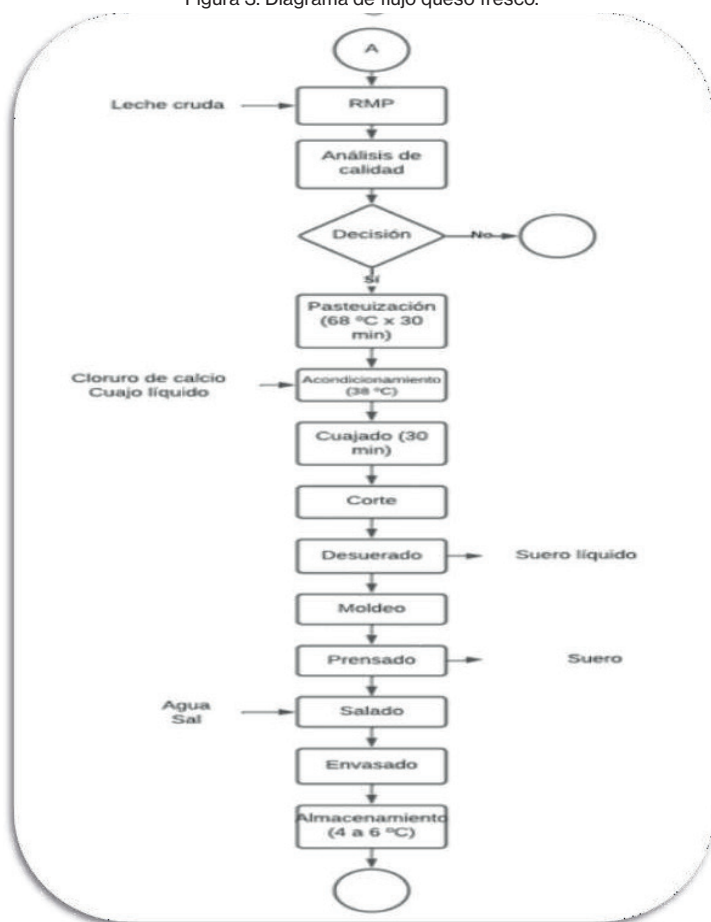
- **Prensado:** A través de una prensa se coloca los quesos durante hora para eliminar la mayor cantidad de suero.
- **Salado:** Los quesos son colocados en agua sal (salmuera) durante 1 hora.
- **Envasado:** Se coloca los quesos en fundas de nylon coextruido para su posterior envasado en la empacadora al vacío.
- **Almacenamiento:** En cámaras frigoríficas de 4 a 10 °C.

Control de condiciones de operación según el proceso

- Temperatura de pasteurización.
- Temperatura de cuajado.
- Condiciones de la salmuera.
- Temperatura de almacenamiento.

Diagrama de flujo

Figura 3. Diagrama de flujo queso fresco.



Puntos críticos de control

Tabla 3. Análisis de puntos críticos de control en el proceso de elaboración de queso.

PCC	RIESGO	LIMITE CRITICO	MONITOREO					ACCIONES CORRECTIVAS	REGISTROS	VERIFICACIÓN
			QUE	DONDE	COMO	CUANDO	QUIEN			
Pasteurización	Microbio lógico	Ausencia de microorganismos patógenos.	Presencia de microorganismos patógenos.	Durante el proceso	Control de temperaturas	Durante el proceso	Responsable del proceso	Mantener a temperaturas mayores o iguales a 65 °C	Control de temperatura.	Cada lote. Calibración de los instrumentos de temperatura.
Salado	Microbio lógico	Ausencia	Presencia de microorganismos	Durante el proceso	Control de temperaturas	Durante el proceso	Encargado del proceso	Cambiar el agua sal tras 15 días de uso.	Control de temperatura. Concentración de sal.	Cada lote. Calibración de los instrumentos de temperatura y salinometro.
Almacenamiento	Microbio lógico	Ausencia	Presencia de microorganismos patógenos.	Durante la cadena de almacenamiento.	Control de temperatura.	Constantemente en la refrigeración.	Responsable del proceso.	Mantener a temperaturas de - 8°C.	Control de temperatura durante la mañana, media tarde y tarde.	Registro del control de temperatura.

Tecnología y maquinaria

El diseño de la línea de producción en la hacienda Agusbella abarca un proceso industrial a pequeña escala con tecnología mecanizada para el desarrollo del proceso productivo y obtención del producto final. Se utiliza tecnología de línea Milktest para el análisis de calidad de la leche, y para las etapas de procesamiento de pasteurización, corte, moldeo, prensado, salado y envasado que es realizado por los estudiantes conjuntamente con el docente para el control de parámetros de temperaturas y concentraciones específicos para llevar a cabo el proceso de producción.

Descripción del producto

El queso elaborado en la hacienda Agusbella se caracteriza por ser blando de textura lisa, color blanco y ligeramente salado en una presentación de 500 gramos.

Figura 4. Queso fresco hacienda Agusbella.



Valor nutricional del queso fresco

Valor calórico	365 kcal
Grasas	29.1 g
Carbohidratos	3.6 g
Proteínas	22.1 g
Fibra alimentaria	0 g
Colesterol	84.2 mg
Sodio	0.9 g

3.5 MODELO DE PRODUCCIÓN YOGURT

Materia prima

- **Leche**

La caracterización económica de la parroquia de Rumipamba se enfoca en la producción ganadera, que representa el 66% respecto a otras actividades económicas debido a que se produce alrededor de 300000 litros de leche/día (Machuca, 2018). Por lo cual la leche utilizada como materia prima para su posterior procesamiento es obtenida de los moradores de la zona de acuerdo a la orden de producción.

Normativa INEN

NTE INEN 09:2018. Leche cruda. Requisitos.

NTE INEN 2395:2011. Leches fermentadas. Requisitos.

Determinación del proceso de producción

- **Recepción de la materia prima:** Las materias primas leche y jalea de fruta son muy importantes para producto final, ya que de ellas dependerá su estado de salubridad.
- **Control de calidad:** La materia prima pasará por un proceso de selección para controlar la calidad de éstos tomando en cuenta parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- **Pasteurización:** La leche se pasteuriza a 85°C por 10 minutos.
- **Enfriamiento:** Añadir azúcar y enfriar rápidamente a 42°C.
- **Inoculación:** En este paso se agrega el cultivo, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, agitando la mezcla.
- **Incubación:** Mantener la incubación a 43°C durante 2.5 a 3 horas alcanzando un pH de 4.8 se detiene la incubación.
- **Enfriamiento:** A través de cámaras de refrigeración entre 4 a 10°C.
- **Aromatización y Batido:** Añadir la jalea en la proporción correspondiente y agitar para lograr la homogenización.
- **Envasado:** Se utilizará envases de 1 litro, herméticamente sellados, los cuales tendrán el diseño de la etiqueta.
- **Almacenamiento:** En cámaras frigoríficas a temperaturas de 4 a 10°C.

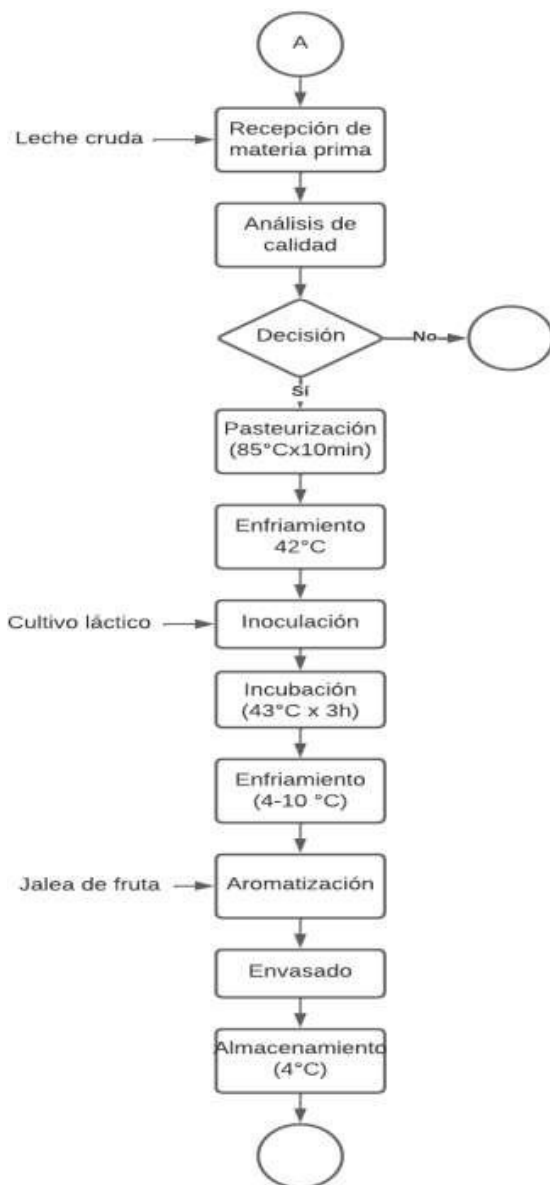
Control de condiciones de operación según el proceso

- Temperatura de pasteurización.
- Temperatura de inoculación

- Condiciones del cultivo láctico
- Temperatura de incubación.
- Temperatura de almacenamiento.

Diagrama de flujo

Figura 5. Diagrama de flujo yogurt.



Puntos críticos de control

Tabla 5. Análisis de puntos críticos de control en el proceso de elaboración de yogurt.

PCC	RIESGO	LIMITE CRITICO	MONITOREO					ACCIONES CORRECTIVAS	REGISTROS	VERIFICACIÓN
			QUE	DONDE	COMO	CUANDO	QUIEN			
Pasteurización	Microbio lógico	Ausencia de microorganismos patógenos.	Presencia de microorganismos patógenos.	Durante el proceso	Control de temperaturas	Durante el proceso	Responsable del proceso	Mantener a temperaturas mayores o iguales a 65 °C	Control de temperatura.	Cada lote. Calibración de los instrumentos de temperatura.
Almacenamiento	Microbio lógico	Ausencia	Presencia de microorganismos patógenos.	Durante la cadena de almacenamiento.	Control de temperatura.	Constantemente en la refrigeración.	Responsable del proceso.	Mantener a temperaturas de - 6°C.	Control de temperatura durante la mañana, media tarde y tarde.	Registro del control de temperatura.

Tecnología y maquinaria

El diseño de la línea de producción en la hacienda Agusbella abarca un proceso industrial a pequeña escala con tecnología mecanizada para el desarrollo del proceso productivo y obtención del producto final. Se utiliza tecnología de línea Milktest para el análisis de calidad de la leche, y para las etapas de procesamiento de pasteurización, inoculación, incubación, saborización y envasado que es realizado por los estudiantes conjuntamente con el docente para el control de parámetros de temperaturas y pH específicos para llevar a cabo el proceso de producción.

Descripción del producto

El yogurt se caracteriza por tener una consistencia ligeramente viscosa, olor y sabor característico a la fruta utilizada para la elaboración de la jalea. Actualmente los sabores de yogurt ofertados en la hacienda Agusbella son fresa- mora y mango-maracuyá en presentaciones 1 litro y 500 mililitros.

Tabla 6. Valor nutricional del yogurt.

Valor calórico	243 kcal
Grasas	2.8 g
Carbohidratos	45.7 g
Proteínas	9.8 g
Fibra alimentaria	0 g
Colesterol	12.3 mg
Sodio	0.1 g

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Sánchez y otros (2012) las opiniones de los alumnos generan información valiosa para conocer el ambiente de formación y determinar la efectividad del proceso de aprendizaje basado en un modelo teórico-práctico. Por esta razón, la evaluación mediante encuestas para el alumnado se conforma como un instrumento de evaluación de calidad.

Se realizaron dos encuestas una para conocer el nivel de satisfacción que tiene los 19 estudiantes de quinto semestre de la carrera de producción animal con las asignaturas de higiene de alimentos y la asignatura de Industrialización de leche y carne para conocer si los resultados de aprendizaje son alcanzados de acuerdo a la práctica preprofesional desarrollada en planta piloto de procesamiento. La segunda encuesta se

realizó a 30 moradores del sector de Rumipamba que son productores de leche para conocer la satisfacción por el pago de litro de leche que compra la hacienda Agusbella.

4.1 ESTUDIO DE IMPACTO SOBRE LAS INSTALACIONES (PLANTA PILOTO) Y PERFIL PROFESIONAL DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE PRODUCCIÓN ANIMAL

El análisis descriptivo de los resultados obtenidos se evidencia que el 54.2% de los estudiantes están satisfechos con las instalaciones de la hacienda Agusbella, perteneciente al Instituto Superarse que incluyen laboratorio para el análisis fisicoquímico, microbiológico y planta piloto de industrialización para cumplir con el objetivo de aprendizaje del perfil profesional de la carrera de producción animal.



Los resultados obtenidos en la encuesta de satisfacción se muestran la participación del 100% de los estudiantes del quinto semestre de la carrera de producción animal señalando de manera general que se encuentran satisfechos con la realización de los proyectos prácticos, les permite adquirir un conocimiento amplio sobre la manipulación, elaboración y aplicación de normas que se debe llevar a cabo al momento de industrializar productos como queso y yogurt.

El 20% de la encuesta señala que los estudiantes requieren que las prácticas en la plata piloto ubicada en la hacienda Agusbella de la parroquia Rumipamba se aumenten, argumentando que les permite fortalecer su conocimiento y adquirir más habilidades para dar cumplimiento a las buenas prácticas de manufactura e industrialización. El 58.3% de los estudiantes está totalmente de acuerdo con el perfil profesional de tecnólogo en producción animal y de recibir la asignatura de (higiene de los alimentos) (industrialización de leche y carne) en quinto semestre de la carrera de producción animal, ya que les permite aplicar conocimientos de buenas prácticas tanto de higiene, manipulación, así como también de manufactura para la industrialización de lácteos de calidad e inocuidad.

A demás los estudiantes consideran que la materia prima (leche) obtenida de los moradores del sector de Rumipamba cumple con los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de la normativa INEN 09 de leche cruda, para poder ser procesada y obtener los diferentes derivados lácteos sin que se vea afectada la calidad del producto final.

4.2 INFORME DE IMPACTO SOBRE LAS ESTRATEGIAS DE VINCULACIÓN ENTRE LA INSTITUCIÓN Y EL ENTORNO SOCIAL, EN EL SECTOR DE RUMIPAMBA

La importancia de la Vinculación con la Sociedad para el Instituto Superior Tecnológico Superarse proporciona una experiencia motivadora para la academia, estudiantes, comunidad de la parroquia de Rumipamba, permite desarrollar la construcción de conocimiento en la producción de queso y yogurt, favoreciendo la participación en el proceso de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes. Mantener el contacto cercano con las comunidades les permite conocer e identificarse con los productores de leche y fabricantes de productos derivados de lácteos, los procesos, experiencias y conocimientos son beneficios para su vida personal y profesional.



Para el siguiente análisis se demostró la importancia que tiene la Hacienda Agusbella en el sector de Rumipamba y el impulso que está ofreciendo a los productores de leche de la zona. Actualmente en sector, los queseros y centros de acopio cancelan a los productores de leche el valor de \$45 ctv por litro de leche, es la razón principal que no están de acuerdo y prefieren vender su producción a la Hacienda Agusbella quien les paga \$10ctv más de lo que otros le suelen cancelar.

La academia enseña y motiva a los estudiantes y productores de leche al cumplimiento responsable de la aplicación de las buenas prácticas de manufactura, las mismas que les permite reconocer y valorar el trabajo de los productores de leche en la zona, el 25% de personas están satisfechas con el valor cancelado por la hacienda Agusbella cada litro de leche se cancela a los productores el valor de \$0.55 ctv, esto quiere decir \$0.10 ctv más que el resto de compradores; en las preguntas planteadas se investigó si las personas estarían interesadas en asistir a una capacitación sobre manipulación de alimentos, y conocimiento en leyes de manufactura dando como resultado

que el 28% de personas encuestadas están de acuerdo en que se pueda ofrecer estos talleres que permitirán ampliar su conocimiento en el uso de las buenas prácticas de producción y comercialización.

5 CONCLUSIONES

- Dentro de la cadena de suministro de cualquier industria o empresa que se dedica a la elaboración de alimentos es fundamental contar con proveedores que cumplan con las necesidades de la industria como tal, es así que para la industrialización de lácteos en la planta piloto de la hacienda Agusbella se tiene como aliados estratégicos a los moradores del sector de Rumipamba, para proveer de leche de calidad que permite obtener productos finales como el queso y yogurt de buena calidad. Mediante el pago justo por litro de leche los moradores tienen un beneficio económico puesto que, en mayor parte su producción es vendida a centros de acopio los mismos que pagan precios inferiores a los 0.42 centavos/ litro. A partir de ello, se promueve el reconocimiento al esfuerzo y trabajo de los pobladores de Rumipamba, esto motiva a los ganaderos a mantener un proceso de mejora continua en las condiciones higiénicas y sanitarias a la hora de obtener leche.
- Para generar una estandarización de los procesos de producción para la elaboración de queso y yogurt, se ha establecido dentro de la planta piloto de industrialización de leche y carne de la hacienda Agusbella, los procedimientos operacionales estandarizados POE que describen de manera sencilla el proceso de elaboración, objetivo, alcance y responsables de la producción de dichos alimentos manteniendo condiciones de asepsia durante la manipulación mediante la aplicación de buenas prácticas de higiene y manufactura BPM, y tomando en cuenta parámetros a controlar para que la inocuidad del alimento no se vea afectada mediante la aplicación de un plan HACCP.
- Es importante plasmar estrategias que contribuyan a que los pequeños productores de leche en la parroquia de Rumipamba puedan formalizar la producción de este producto de primera necesidad a buen precio, cumpliendo con la normativa de higiene. Para lo cual, se puede gestionar y proporcionar formación continua para los ganaderos, relacionada con la mejora en la producción de leche y posteriormente para el aprovechamiento y generación de valor agregado para esta materia prima, a través de capacitaciones,

talleres, seminarios, entre otros. Así como también mediante programas de seguimiento y evaluación de las buenas prácticas sociales y solidarias en el ámbito lácteo.

- La creación de la planta piloto en la hacienda Agusbella, ha permitido que los estudiantes desarrollen competencias prácticas en la parte productiva de industrialización de leche para la obtención de queso y yogurt, aplicando conocimientos técnicos, por medio de actividades secuenciadas para el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura, a través de los proyectos de vinculación y prácticas preprofesionales implementados por el Instituto Superior Tecnológico Superarse, contribuyendo a satisfacer la demanda de alimentos sanos y de alto contenido nutricional para responder a la creciente demanda de productos sanos y nutritivos.

REFERENCIAS

Acosta, C., y Villegas, B. (2013). *Uso de las aulas virtuales bajo la modalidad de aprendizaje dialógico interactivo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/652/65232225008.pdf>

Machuca, R. (2018). *Encadenamiento productivo como estrategia para el desarrollo local de los productores ganaderos de la parroquia Rumipamba, cantón Rumiñahui. Producción Ganadera de Leche*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15983/Trabajo%20Titulaci%C3%B3n%20Enc%20Prod%20Rumipamba%20-%20Ruth%20Machuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, V., Gomis, N., Delgado, B., León, M., Jover, I., & González, M. (2012). *Satisfacción del alumnado con la metodología empleada en los créditos prácticos de "Psicología Evolutiva 3-6 años"*. Obtenido de <https://web.ua.es/va/ice/jornadas-redes-2012/documentos/posters/245245.pdf>

INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). (2020). NTE INEN- AFNOR XP X30-901. *Economía circular - Sistemas de gestión de proyectos de economía circular - Requisitos y directrices*, AFNOR XP X30- 901:2018, IDT). Quito: INEN. Recuperado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/la-norma-tecnica-de-economia-circular-promueve-una-produccion-sostenible-en-el-ecuador/>

Almeida, M., y Díaz, C. (2020). *Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador*. Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración (8):34-56. doi: 10.32719/25506641.2020.8.10.

UNESCO. (2017). *Informe de la UNESCO sobre la ciencia, hacia 2030: resumen ejecutivo* - UNESCO Biblioteca Digital. Recuperado 20 de septiembre de 2022. Recuperado de: (https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235407_spa).

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020-2025 del cantón Rumiñahui. Recuperado de: https://www.misionruminahui.gob.ec/wpfd_file/1-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-pdyot-2020-2025/

Lett, L. (2014). *Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular*. Revista Argentina de Microbiología 46 (1): 1-2. Recuperado de: <https://bit.ly/3bnBe6n>

SOBRE O ORGANIZADOR

EDUARDO EUGENIO 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 PENSA 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

Ação microbiológica 2
Adriatic Sea 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Agricultura agroecológica 20, 105
Agricultura familiar 105, 106, 107
Agricultura orgânica 83
Agroecologia 2, 3, 19, 20, 91, 122
Aislamiento social 134, 135
Anisotropy ratio 72, 73, 75, 76, 77, 79, 80
Antioxidantes 2, 10, 12, 16, 20
Arachis hypogaea L. 30, 31, 39, 40
Automation 21, 28

B

Bioecology of Bactrocera zonata 92
Bioestimulante 2, 3, 4, 6, 7, 8, 15, 16, 17, 128
Biology 51, 70, 92, 94, 95, 150, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 163, 164
Biomasa 31, 37, 38, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 50
Biossolução 2
Bluefin tuna 150, 151, 152, 156, 159, 160, 161, 162, 163, 164
Brote 124, 127
Buenas prácticas 165, 166, 167, 168, 170, 171, 173, 184, 185, 186, 187

C

Combined feeds 21, 22, 26, 28
Comportamiento sexual 134, 135

D

Densidad Kernel 53, 55, 58, 60
Density 54, 62, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 106
Dermatofitos 139, 140, 141, 143, 144
Despunte 124, 127
Diversidad genética 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

E

Enseñanza - aprendizaje 165
Environment 21, 22, 39, 152, 159, 160, 161
Esporotricosis 139, 141, 142, 143, 145, 147
Estructura 124, 125, 168

F

Fishing 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Fomento 53, 60
Fotoestimulación 134

H

Hortaliça de raíz 83
Hybridization of Bactrocera species 92

I

Interconexión en cultivos 31
Invasive species management 92

M

Machos cabríos 134, 135
Maíces occidentales 31
Manejo agronómico 123, 124, 125, 126, 129, 132
Mascotas 139, 145
Máxima entropía 53, 56, 57, 58
Mejoramiento genético forestal 64, 65
Micosis 139, 140, 141, 142, 143, 147

N

Niveles de humedad 42, 43, 44, 49, 50
Noxious emissions 21

P

Peach fruit fly 92, 93, 94, 95, 103
Pinus oocarpa 53, 54, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 80
Planta espontânea 83

Producción 30, 32, 36, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 126, 131, 132, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 175, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 186, 187
Producción de resina 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

R

Reproducción animal 134, 137, 166
Restauración 53, 54, 60

S

Shrinkage 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 81
Spatiotemporal distribution 92
Studies 2, 22, 29, 51, 93, 98, 150, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

T

Testosterona plasmática 134, 135, 136, 137

V

Vinculación 165, 167, 169, 184, 187

Z

Zea mays 30, 31, 39, 40, 43, 51, 104, 105, 106, 109, 111, 112, 115, 116, 117, 118, 122