

Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

2

Leonardo França da Silva
Roldão Carlos Andrade Lima
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusóé
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2025



Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES

2

Leonardo França da Silva
Roldão Carlos Andrade Lima
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusóé
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2025



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2025 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2025 O autor

Copyright da edição © 2025 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo 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).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará

Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Perspectivas futuras para as ciências agrárias: desafios e inovações 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Jeniffer dos Santos
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Leonardo França da Silva
 Roldão Carlos Andrade Lima
 Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
P467	Perspectivas futuras para as ciências agrárias: desafios e inovações 2 / Organizadores Leonardo França da Silva, Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé, Roldão Carlos Andrade Lima. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-3110-7 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.107251102 1. Ciências agrárias. I. Silva, Leonardo França da (Organizador). II. Crusoé, Jéssica Mansur Siqueira Furtado (Organizadora). III. Lima, Roldão Carlos Andrade (Organizador). IV. Título. CDD 630
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A obra *“Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias: desafios e inovações 2”* se apresenta como uma valiosa contribuição para o debate atual sobre as questões ambientais. Estruturado em quatro capítulos, este e-book tem como objetivo explorar uma ampla gama de temas relacionados à sustentabilidade, com especial atenção à responsabilidade humana na preservação do meio ambiente e na formulação de estratégias para o desenvolvimento sustentável.

Os capítulos abordam áreas essenciais como economia, tecnologia e desenvolvimento ambiental, destacando a interconexão entre esses setores e sua importância para o progresso da sociedade. A obra reforça a necessidade de preservar os recursos naturais, ao mesmo tempo em que impulsiona o desenvolvimento sustentável, unindo esses tópicos de forma coesa e acessível.

A fluidez dos artigos é um dos pontos fortes deste e-book, proporcionando uma base teórica robusta para pesquisadores, estudantes e leitores interessados em entender as questões mais urgentes do nosso tempo. Cada capítulo agrega significativamente ao enriquecimento científico e teórico, contribuindo para o aprofundamento da discussão sobre práticas sustentáveis.

Os temas tratados, como impactos ambientais, uso do solo e educação, refletem o compromisso dos autores com a precisão científica e a promoção de práticas que favoreçam o desenvolvimento sustentável. Esta obra é um reflexo do esforço coletivo de professores, acadêmicos e pesquisadores, que oferecem uma reflexão profunda sobre a responsabilidade social e ambiental.

A Atena Editora, por meio desta publicação, fortalece sua posição como um espaço confiável de divulgação científica, proporcionando uma plataforma essencial para que pesquisadores compartilhem seus resultados e avancem no conhecimento.

Boa leitura!

Leonardo França da Silva

Roldão Carlos Andrade Lima

Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusóé

CAPÍTULO 1 1**NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS E ÓLEOS ESSENCIAIS**

Alex Paulo Martins do Carmo
 Júlia Caetano Vimercati
 João Paulo Ferreira Neris
 David da Silva Gomes
 Marta Simone Mendonça Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10725110211>

CAPÍTULO 2 15**INSETOS-PRAGA DA ORDEM COLEOPTERA DE OCORRÊNCIA NA CULTURA DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.)**

Hélia Félix de Moura
 Cláudia Barbosa Cordeiro
 Luiz Carlos Piacentini
 Ailton Araújo
 Sidevaldo Santana de Jesus
 Ivy Laura Siqueira Saliba Machado
 Telma Fátima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511022>

CAPÍTULO 335**RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO EM ÁREAS SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO PECUÁRIA**

Everton Martins Arruda
 Rômulo Augusto de Assis Júnior
 Silvio Yoshiharu Ushiwata
 Renata Rossi Del Carratore
 Marcos Paulo dos Santos
 Risely Ferraz Almeida
 Kevein Ruas Oliveira
 Dhiego César Oliveira Riva Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511023>

CAPÍTULO 445**DIAGNÓSTICO HISTOPATOLÓGICO DE CARCINOMA RENAL EM FELINO**

Adriano Silvio Neto
 Elizabeth Dutra Vasconcelos
 Danielly Dias Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511024>

CAPÍTULO 552**PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL DECENDIAL E LÂMINAS SUPLEMENTARES DE IRRIGAÇÃO PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DO MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG**

Álisson Moreira Borges
 Leonardo França da Silva

Donizete dos Reis Pereira
 Denis Medina Guedes
 Josiane Rosa Silva de Oliveira
 Jessica Mansur Siqueira Crusoé
 Cristiano Márcio Alves de Souza
 Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
 Letícia Cibeles da Silva Ramos Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511025>

CAPÍTULO 666

LA GANADERÍA DE LECHE Y EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DEL CANTÓN MEJÍA

Francisco Iván Caiza de la Cueva
 María Verónica Taipe Taipe
 Helena Sophia Caiza Nebbiai

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511026>

CAPÍTULO 785

EL ENGORDE MULTIFASE UNIESPACIAL DE LANGOSTINO, *Litopenaeus vannamei* BOONE EN ALTAS SALINIDADES EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERU

Salgado-Ismodes, A.
 Salgado-Leu, A.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511027>

CAPÍTULO 895

PRODUÇÃO E CUSTOS DA COLHEITA EM FLORESTAS NATIVAS E PLANTADAS

Roldão Carlos Andrade Lima
 Leonardo França da Silva
 Qüinny Soares Rocha
 Cássio Furtado Lima
 Cristiano Márcio Alves de Souza
 José Rafael Franco
 Silvana Ferreira Bicalho
 Luciano José Minette
 Ariadna Faria Vieira
 Stanley Schettino
 Matheus Mendes Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511028>

CAPÍTULO 9 106

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE REMEDIACIÓN DE LA PLANTA VETIVER (*Chrysopogon zizanioides*) EN SUELOS CONTAMINADOS

Analjorie Lugo Armas
 Verónica Luna Silva
 Valeria Amaranta Pacheco Herrera

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1072511029>

SOBRE OS ORGANIZADORES	144
ÍNDICE REMISSIVO	145

NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS E ÓLEOS ESSENCIAIS

Data de submissão: 08/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Alex Paulo Martins do Carmo

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro
de Ciências e Tecnologias Agropecuárias
(CCTA) - Laboratório de Fitotecnia (LFIT).
Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0007160322635250>

Júlia Caetano Vimercati

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro
de Ciências e Tecnologias Agropecuárias
(CCTA) - Laboratório de Fitotecnia (LFIT).
Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8495226823692790>

João Paulo Ferreira Neris

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro
de Ciências e Tecnologias Agropecuárias
(CCTA) - Laboratório de Fitotecnia (LFIT).
Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2705613993783229>

David da Silva Gomes

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro
de Ciências e Tecnologias Agropecuárias
(CCTA) - Laboratório de Fitotecnia (LFIT).
Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8790699095461548>

Marta Simone Mendonça Freitas

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro
de Ciências e Tecnologias Agropecuárias
(CCTA) - Laboratório de Fitotecnia (LFIT).
Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7600570653495353>

RESUMO: Dentre os diversos metabólitos produzidos pelas plantas encontram-se os secundários, grupo no qual se encaixam os óleos essenciais, que ajudam na sobrevivência das plantas, atuando como defensivos contra patógenos e competidores. Sendo misturas complexas, os óleos essenciais podem ser extraídos de diversas partes das plantas através de diferentes métodos de acordo com a necessidade. Influências biótica e abióticas são fatores cruciais para a composição e produção dos óleos essenciais, sendo a nutrição mineral um dos aspectos fundamentais para sua produção. Embora existam algumas tendências sobre como os nutrientes afetam a biossíntese de metabólitos, a relação não é uniforme e varia entre espécies, necessitando de mais estudos.

PALAVRAS-CHAVE: macronutrientes,

metabólitos secundários, terpenos.

MINERAL NUTRITION OF PLANTS AND ESSENTIAL OILS

ABSTRACT: Among the various metabolites produced by plants are secondary metabolites, a group that includes essential oils, which aid in plant survival by acting as defenses against pathogens and competitors. Being complex mixtures, essential oils can be extracted from various plant parts through different methods depending on the need. Biotic and abiotic influences are crucial factors for the composition and production of essential oils, with mineral nutrition being a fundamental aspect for their production. Although there are some trends on how nutrients affect the biosynthesis of metabolites, the relationship is not uniform and varies among species, requiring further studies.

KEYWORDS: macronutrients, secondary metabolites, terpenes.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre os compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas encontram-se os óleos essenciais, componentes orgânicos e vitais para a planta, por desempenharem um importante papel na sobrevivência, atuando como agentes contra ação herbívora, fúngica e bacteriana, além de serem responsáveis pelo sabor e aroma específico das plantas. Estas características são atrativas para fins industriais, no processamento de alimentos, na perfumaria e na medicina. Sua composição e funcionalidade são expressos de acordo com a individualidades das espécies vegetais, da família, do gênero e da espécie (Almeida et al., 2008; Rezende et al., 2016; Taiz et al., 2017).

A composição e qualidade dos óleos essenciais pode ser influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, dentre os fatores abióticos o fornecimento de nutrientes minerais que, em ausência ou em excesso, podem determinar o rumo das rotas metabólicas e consequentemente tem extrema importância na produção de biomassa, bem como a produção e qualidade dos óleos essenciais.

Hawkesford et al. (2012), classificam 14 elementos químicos como nutrientes minerais essenciais, dividindo-os em dois grandes grupos: macro e micronutrientes, baseando-se nos teores requeridos pelos vegetais. Os macronutrientes são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e os micronutrientes são ferro, zinco, manganês, cobre, cloro, boro, molibdênio e níquel. Cada nutriente mineral presente nas plantas possui funções características, como armazenamento e transferência de energia, estrutural, abertura e fechamento de estômatos, síntese e estabilidade de parede celular e ativação enzimática.

Diversos estudos que envolvem o fornecimento de macronutrientes e produção de óleos essenciais, em várias plantas, tem demonstrado modificações do perfil químico e aumento ou diminuição na produção dos óleos essenciais, com variações nas formas de fornecidos, doses, e combinações com outros manejos (Lima, 2015; Freitas et al., 2020; Peçanha et al., 2021; Peçanha., 2023; Carmo, et al., 2024). Apesar de importante a

nutrição das plantas na produção dos óleos essenciais, não há uma regra estabelecida para todas as culturas, devendo ser estudada e avaliada a nutrição mineral para cada espécie (Dobson e Bernays, 1994; Chrysargyris et al., 2017). A compreensão da influência dos macronutrientes para cada cultura permite alcançar diferentes padrões de biossíntese de óleos essenciais, podendo aumentar a produtividade e alterar a concentração e a qualidade dos óleos essenciais.

2 | INFLUÊNCIA DOS MACRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM ESPÉCIES VEGETAIS

Óleos essenciais são misturas complexas extraídas de plantas medicinais e aromáticas, podendo ser obtidos de flores, folhas, cascas, rizomas e frutos, por metodologias específicas (Figueiredo et al., 2014). A composição dos óleos essenciais são majoritariamente terpenos e/ou seus derivados (Bizzo et al., 2009; Felipe e Bicas, 2017). Os terpenos são formados pela polimerização de unidades de isopreno e esteroide (Sarin, 2005) e são divididos em seis grupos: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos e esteróis, entre os quais estão carotenos, glicosídeos cardiotônicos, taxol, entre outros (Shilpa et al., 2010).

A composição e qualidade dos óleos essenciais pode ser influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos, dentre os fatores abióticos o fornecimento de nutrientes minerais que, em ausência ou em excesso, podem determinar o rumo das rotas metabólicas e conseqüentemente tem extrema importância na produção de biomassa, bem como a produção e qualidade dos óleos essenciais, no entanto, apesar de algumas tendências serem reconhecidas, não é possível estabelecer regras sólidas e estáveis sobre a ação dos nutrientes minerais nessa biossíntese devido à grande especificidade da atuação de cada nutriente no metabolismo secundário das diferentes espécies vegetais (Dobson e Bernays, 1994; Gobbo-Neto e Lopes, 2007; El Gendy et al., 2015; Chrysargyris et al., 2017).

Para que um nutriente seja considerado essencial, este deve estar envolvido no metabolismo da planta, não pode ser substituído por outro e em sua ausência a planta não completa seu ciclo (Arnon e Stout, 1939). Quatorze elementos químicos essenciais como nutrientes minerais podem ser classificados em dois grupos principais: macronutrientes e micronutrientes, de acordo com as quantidades necessárias para o crescimento das plantas. (Hawkesford et al., 2012). Os macronutrientes incluem nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, enquanto os micronutrientes são ferro, zinco, manganês, cobre, cloro, boro, molibdênio e níquel. Cada um desses nutrientes minerais desempenha funções específicas nas plantas, como a armazenagem e transferência de energia, manutenção estrutural, regulação da abertura e fechamento dos estômatos, síntese e estabilidade da parede celular, além da ativação das enzimas.

Avanços na compreensão da influência dos macronutrientes na regulação da

biossíntese de óleos essenciais, podem contribuir para um aumento na produção e na qualidade de compostos de interesse de diversas espécies medicinais. Segundo Lima et al. (2003) em situações de estresse nutricional, as plantas podem modular rotas biossintéticas para sustentar-se em ambientes adversos. Por fazer parte do metabolismo secundário, a produção de terpenos e consequentemente de óleos essenciais tende a se elevar nessas condições como mecanismo de defesa vegetal.

2.1 Nitrogênio

O Nitrogênio (N) é um dos nutrientes absorvidos em maior concentração pelas plantas e apresenta resposta positiva sobre a produção de biomassa (Souza et al., 2007). Absorvido preferencialmente na forma de nitrato ou amônio (Hawkesford et al., 2012), este elemento desempenha um papel vital no crescimento e desenvolvimento das plantas, como constituinte essencial de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e enzimas (Tripathi et al., 2017). A resposta das plantas a diferentes doses de nitrogênio nem sempre é previsível no que diz respeito à produção de metabólitos secundários (Souza et al., 2007).

A deficiência em nitrogênio pode levar a um acúmulo de carboidratos, fornecendo desta forma substrato para a síntese de metabólitos secundários não nitrogenados, como os terpenos. Entretanto, apesar da produção de terpenóides acontecer em condições de acúmulo de carboidratos, deve-se levar em consideração que a biossíntese de enzimas e a construção de estruturas multicelulares de armazenagem, requerem o suprimento adequado em nutrientes, como nitrogênio, enxofre e fósforo, desta forma o acúmulo de terpenóides pode acontecer em situações de deficiência nutricional, porém somente quando esta é moderada (Gershenzon, 1984).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos com adubação nitrogenada e produção de óleos essenciais, com resultados contraditórios. Amaral et. al. (2008) testaram doses superiores às recomendadas de nitrogênio em plantas de *Chamomilla recutita* e observaram incrementos no rendimento dos óleos essenciais, pois esse nutriente promoveu o aumento da massa seca das plantas e dos capítulos florais, entretanto Souza et al., (2007) observaram em plantas de *Mentha piperita* cultivadas nas maiores doses de nitrogênio decréscimos no rendimento dos óleos essenciais.

Entretanto estudos envolvendo respostas nutricionais em plantas medicinais demonstram a importância do nitrogênio (N) na produção e qualidade de óleos essenciais, como os trabalhos de Sarab et al. (2008), Vilanova et al. (2018) e De Moura Guerra et al. (2020). Esses autores verificaram incremento no teor e rendimento de óleos essenciais em função das maiores doses de N aplicadas em plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). A mesma característica foi observada por Said-Al Ahl et al. (2009) em plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.), entretanto para plantas de satureja (*Satureja hortensis* L.), Skubij e Dzida, (2019) observaram maiores teores de carvacrol na menor dose de nitrogênio

aplicada em plantas, influenciando a qualidade dos óleos essenciais das plantas.

Lima, (2015) estudando as deficiências de macronutrientes e boro em plantas de capim limão (*Cymbopogon citratus*) observou que as plantas de *Cymbopogon citratus* cultivadas sob omissão de nitrogênio tiveram redução no rendimento de óleos essenciais nas folhas intermediárias. Os constituintes dos óleos essenciais de *C. citratus* também foram afetados pela ausência em nitrogênio, os teores de linalol, citronelal, neral e geraniol foram reduzidos. Observou-se também, ausência de mirceno no óleo, além de aumento nos teores de geraniol e citral (Neral+Geraniol)

Os monoterpenos são constituintes dos óleos essenciais do gênero *Cymbopogon* e são formados por duas unidades isoprênicas biologicamente ativas (isopentenil pirofosfato e dimetil difosfato) que se fundem para formar o geraniol difosfato, precursor dos monoterpenos. Estes isoprenoides requerem acetil-CoA, ATP e NADPH para sua síntese. Dessa forma, a biossíntese de óleos essenciais é dependente de nitrogênio, uma vez que este elemento é constituinte da molécula de NADPH, enxofre, na molécula de acetil-CoA e fósforo já que este nutriente está particularmente envolvido na transferência de energia na forma de ATP (Dubey et al., 2003).

Vilanova et al. (2018) avaliando o efeito de doses de nitrogênio e diferentes taxas de aplicação de água, no crescimento e produção de óleos essenciais no manjeriço, observaram que a maior dose de N (160 kg ha^{-1}) e disponibilidade hídrica (110% da capacidade de campo), proporcionou o maior teor (1,58%) e rendimento ($82,9 \text{ mL planta}^{-1}$) de óleos essenciais. Na análise de qualidade foram identificados 20 compostos, com predominância de fenilpropanoides no tratamento mencionado e de monoterpenos nos demais tratamentos. De Moura Guerra et al. (2020) avaliando doses de nitrogênio e duas épocas de corte em plantas de manjeriço, observaram que para o primeiro corte o maior teor de óleos essenciais foi observada na dose de 150 kg ha^{-1} e no segundo corte na maior dose de nitrogênio aplicado (250 kg ha^{-1}).

Bernáth et al. (1986), observaram em experimento com *Mentha arvensis* L. aumento no rendimento dos óleos essenciais em aproximadamente 100% quando fornecido um suprimento maior de nitrogênio e em *Ocimum basilicum* L. Zhejazkov et al. (2008) obtiveram o máximo rendimento de óleos essenciais em manjeriço nas doses médias de nitrogênio. Enquanto Sarab et al. (2008) observaram maior rendimento nas maiores concentrações para a mesma espécie.

2.2 Fósforo

O fósforo (P) é um macronutriente essencial para o metabolismo vegetal, pois desempenha importante função nos processos de respiração e fotossíntese e está presente em componentes estruturais das células, como nos fosfolípidios de membrana, nas moléculas de ácidos nucleicos e também em componentes metabólitos de transferência e

armazenamento de energia, como ATP (Taiz e Zeiger, 2017; Marschner's, 2012).

Os terpenos são sintetizados a partir da junção de moléculas de Isopentenil difosfato (IPP) com dimetilalil difosfato (DMAPP), catalisadas por enzimas fósforo dependentes (Despinasse et al., 2017; Ashraf et al., 2019; Zhang et al., 2019), desta forma o fósforo participa diretamente na síntese dos compostos presentes nos óleos essenciais. A importância da complementação fosfatada em plantas aromáticas e medicinais é ressaltada, sobretudo quando o interesse é voltado para a síntese de linalol e seus derivados, uma vez que é conhecida a importância do fósforo por estar diretamente presente nesta rota metabólica.

Estudando os efeitos de diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* L., cultivada com diferentes doses de fósforo. Freitas et al. (2004) concluíram que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as doses de P influenciam o crescimento, os teores e a composição dos óleos essenciais das plantas de *Mentha arvensis* L.

Rodrigues et al. (2004) avaliando doses de P em duas épocas de coleta, 65 e 95 dias, verificaram aos 95 dias que o teor máximo de óleos essenciais, 2,192 dag kg⁻¹, em menta foi obtido na dose de 19,5 mg L⁻¹ de fósforo, e observaram decréscimo nos teores a partir dessa dose.

David et al. (2006), estudando o rendimento e composição de óleos essenciais em plantas de Menta (*Mentha pulegium* L.) em função das doses de P, verificaram até a primeira colheita, maiores teores de mentona e mentofurano nas maiores dose de P (23 mg L⁻¹) e nas menores doses de P (7,75 mg L⁻¹), respectivamente. David et al. (2007) constataram maior rendimento de óleos essenciais em plantas de *Mentha piperita* L., sob cultivo hidropônico, com decréscimo em 50% da concentração de P, utilizando a solução de Hoagland e Arnon (1950). Ramos et al. (2005) na mesma cultura, não observaram influência de doses do fósforo nos teores de óleos essenciais.

Estudando a influência de concentrações de fósforo (3,75; 7,5; 11,25; 15,0; 22,5 e 30,0 mg L⁻¹) na concentração de terpenos em *Cannabis sativa*, Cockson et al. (2020) observaram incremento na concentração de geraniol nas menores doses de fósforo aplicado, e não verificaram diferença significativa nas concentrações de α-Pineno, Mirceno, Limoneno, Eucaliptol e β-cariofileno para as doses aplicadas.

Peçanha et al. (2021) observaram que os óleos extraídos das plantas de Lavanda (*Lavandula angustifolia*), sem complementação fosfatada (0 mg.dm⁻³ de P), apresentaram qualidade reduzida devido à baixa porcentagem de alguns compostos usados como marcadores de qualidade e que adubação fosfatada é um importante fator para a produção de óleos de lavanda, com maior produção de óleos estimado na dose de 77 mg dm³ do fosforo.

2.3 Potássio

O potássio é capaz de ativar pelo menos 60 diferentes enzimas envolvidas no metabolismo vegetal, sendo assim, a quantidade deste nutriente no tecido da planta interfere na taxa de ativação enzimática e reações químicas (Prajapati e Modi, 2012). O aumento na concentração deste nutriente pode levar ao estímulo de atividades enzimáticas, levando à maior taxa fotossintética, síntese de carboidratos e aumento na produção de óleos essenciais (El-Leithy et al., 2013).

Peçanha (2017) observou redução significativa na porcentagem relativa de espilantol, na cultura do jambu, em cultivo hidropônico sob omissão de potássio. Khalid (2013) observou que os três constituintes majoritários dos óleos essenciais, α -cadinol, γ -cadineno e acadineno foram afetados pelas diferentes doses de potássio empregadas no cultivo, todavia, observou-se que a dose mediana ($173,2 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) proporcionou o maior rendimento. Avaliando o teor de óleos essenciais em função de doses de potássio no híbrido *Mentha x gracilis* Sole, sob cultivo hidropônico, Garlet et al. (2007) verificaram maior teor de óleo na maior dose de K estudada (690 mg L^{-1}), no entanto, na mesma concentração o rendimento por planta e a concentração de linalol foram menores.

Estudando as deficiências de macronutrientes e boro em plantas de capim limão (*Cymbopogon citratus*), Lima (2015) observou redução para três componentes: mirceno, citrionelol e geraniol nos óleos essenciais de plantas crescidas com omissão de potássio.

Hashemabadi et al. (2015) constataram incremento no conteúdo de óleos essenciais nas flores de calêndula sob a maior dose da fertilização com sulfato de potássio. Freitas et al. (2020), avaliando a aplicação de fontes (KCl e K_2SO_4) e doses (50, 100, 150 e 200 mg kg^{-1}) de K em plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.), observaram influência da aplicação de sulfato de potássio no rendimento de óleos essenciais nos frutos e na concentração de linalol. As maiores concentrações foram obtidas em $153,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (0,15 g) e $131,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (0,43 mg), respectivamente, enquanto a aplicação de cloreto de potássio influenciou de forma linear decrescente a concentração de linalol conforme aumento das doses.

Em plantas de orégano, Said-Al Ahl e Hussein (2010) observaram influência da presença de potássio no teor de óleos essenciais. Foram identificados 20 compostos nos óleos através de análise cromatográfica, onde o carvacrol foi o composto dominante, seguido por p-cimeno e γ -terpineno. Khalid (2013) observou incremento nos teores de óleos essenciais em função de doses crescentes de K_2O em *Calendula officinalis*.

Peçanha et al. (2023) testando o desempenho de plantas de *L. dentata* cultivadas sob cinco doses (0, 50, 100, 200 e 300 mg dm^{-3}) de K fornecidas por meio de duas fontes: KCl e K_2SO_4 , observaram que o rendimento do óleo essencial foi maior quando se aplicou K_2SO_4 , sendo o rendimento máximo calculado (1,44%) alcançado quando se aplica a dose máxima estimada de 206 mg dm^{-3} de K na forma de K_2SO_4 .

2.4 Cálcio

O cálcio (Ca) é um nutriente que contribui no crescimento e desenvolvimento vegetal, atuando na melhoria da estrutura da parede celular, incrementando a produção de frutos, além de estimular o crescimento radicular (Karley e White, 2009; Kumar et al., 2017). Alguns trabalhos demonstram a importância do Ca na bioprodução de óleos essenciais, tanto no rendimento, quanto na modificação do perfil químico.

Fazio (2007), avaliando o rendimento de óleos essenciais em função de níveis de Cálcio a partir da solução de Hoagland e Arnon (1950) em *Mentha piperita* L., observou as menores doses de Ca proporcionaram diminuição no rendimento de óleos essenciais. Fazio (2011) observou que a variação de cálcio na solução nutritiva também influenciou no rendimento e composição química dos óleos essenciais em plantas de *Mentha piperita* L. Supanjani et al. (2005), testando diferentes concentrações de cálcio em solução nutritiva, no cultivo de *Chrysanthemum coronarium*, observaram que à medida que os teores de Ca na solução aumentaram, até 40 mM, houve incremento na produção de óleos essenciais. Estudando as deficiências de macronutrientes e boro em plantas de capim limão (*Cymbopogon citratus*), Lima, (2015) observou que o menor rendimento de óleos (%) foi verificado nas plantas crescidas sob deficiência de cálcio, sendo cerca de 45% inferior ao tratamento completo, e ocorreu uma redução nos teores de mirceno e geraniol.

O cálcio além de ser constituinte da lamela média e parede celular e atuar na manutenção da integridade de membranas, também é importante como cofator de enzimas que atuam na hidrólise de ATP e fosfolipídeos, é mensageiro secundário de respostas a sinais ambientais e hormonais e agente regulador de processos metabólicos, quando ligado à calmodulina (Taiz e Zieger, 2017).

Parreiras (2017) observou modificação no perfil químico dos óleos essenciais sob pulverização com cloreto de cálcio em diferentes concentrações em plantas de Atemoia (*Annona x atemoya*), onde das 25 substâncias encontradas, 14 diferiram em função da concentração de CaCl_2 . Danh et al. (2011) não observaram influência de doses de Ca aplicado na forma de CaCO_3 no rendimento e composição química dos óleos essenciais em plantas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.).

2.5 Magnésio

O Magnésio (Mg) é um dos macronutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento vegetal e desempenha várias funções fisiológicas nas células vegetais (Chaudhry et al., 2021). Participa de forma direta do processo de fotossíntese como componente da molécula de clorofila, além de atuar na estabilidade da membrana (Marschner, 2012; Ceylan et al., 2016). Além disso, o Mg tem várias outras funções, atuando também como cofator e modulador alostérico para mais de 300 enzimas, incluindo carboxilases, fosfatases, proteínas quinases, RNA polimerases e ATPases (Hawkesford et al., 2012).

Fávaro et al. (2011) observaram influência do teor de magnésio no rendimento de óleos essenciais em mudas de eucalipto-limão (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L.A.S. Johnson). Szöke et al. (2004) verificaram correlação positiva entre o aumento da concentração de Mg na solução nutritiva e os teores de óleos essenciais em plantas de camomila (*Matricaria recutita* L.).

A produção de óleos essenciais e a produção de mircenol, linalol e geraniol, em *Cymbopogon citratus* foram reduzidos pela ausência de magnésio na solução nutritiva (Lima, 2015). Os terpenos são produzidos através do metabolismo secundário, a partir de compostos do metabolismo primário. A deficiência de magnésio leva à redução da atividade fotossintética, uma vez que este nutriente é constituinte da molécula de clorofila, além de ser importante na ativação de inúmeras enzimas no metabolismo vegetal. Desta forma, a produção destes compostos pode ser reduzida quando sob situações de escassez de nutrientes (Taiz e Zieger, 2017). Muitas reações de fosforilação de compostos precursores estão envolvidas na biossíntese de óleos essenciais e se mostram dependentes de ATP e íons Mg^{+2} (Ranaweera e Thilakaratne, 1992).

2.6 Enxofre

O enxofre (S) faz parte de 0,1% a 0,5% da massa seca das plantas, atuando como constituinte dos aminoácidos cisteína e metionina e, portanto, de proteínas, sendo ambos aminoácidos precursores de outros compostos contendo S, como coenzimas e produtos vegetais secundários, estando também envolvido no acúmulo de óleos (Sfredo e Lantmann, 2007; Hawkesford et al., 2012).

Os monoterpenos podem ser sintetizados a partir de duas rotas: ácido mevalônico (MVA) e metil-eritritol-4-fosfato (MEP). Na rota MVA o IPP é produzido a partir da descarboxilação e pirofosforilação do ácido mevalônico que é produzido a partir da redução de 3 hidroxil-3-metil-glutaril coenzima A (HMG-CoA), oriundo da condensação de três unidades de acetil CoA (Ganjewala e Luthra, 2010; Dubey et al., 2003). O enxofre é componente da molécula acetil CoA, desta forma sua ausência interfere no metabolismo de carboidratos, podendo ocasionar alterações na produção de óleos essenciais no metabolismo secundário (Marschner, 2012). Lima, (2015) estudando as deficiências de macronutrientes e boro em plantas de capim limão (*Cymbopogon citratus*) observou que as plantas de *Cymbopogon citratus* cultivadas sob omissão de enxofre tiveram sua produção de óleos reduzida.

Peçanha (2017) observou maior porcentagem relativa de espilantol nos óleos essenciais de jambu sob omissão de enxofre em relação à solução nutritiva completa. Walia e Kumar (2021) verificaram incremento no rendimento de óleos essenciais em função da adubação com enxofre em plantas de calêndula selvagem (*Tagetes minuta* L.). Zahedifar e Najafian (2015) estudando doses de enxofre em plantas de *Satureja hortensis*

L. observaram variação dos constituintes dos óleos essenciais em função de doses de enxofre, onde as maiores doses incrementaram os teores de carvacrol, enquanto as doses intermediárias foram mais adequadas para os conteúdos de α -tujeno, α -Pineno, mirceno e α -terpineno, com incremento de 43%, 21%, 13% e 27%, respectivamente em relação ao tratamento controle.

3 | PERSPECTIVAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de serem nomeados como secundários, os produtos do metabolismo secundário das plantas apresentam grande importância para os vegetais em diversas funções, como a defesa da planta em situações adversas, apresentando também importância farmacológica medicinal devido a sua composição diversa e suas funcionalidades.

Por conta da grande diversidade de plantas há sempre a necessidade de estudos e pesquisas acerca das culturas para aprimorar as técnicas de nutrição mineral, de forma eficiente para se obter óleos essenciais de alto rendimento e qualidade. Apesar de serem observadas algumas tendências destas relações, não existe um padrão, como ocorre em outros metabólitos como os compostos fenólicos e nitrogenados.

Embora existam diversos trabalhos mostrando a relação entre os níveis de macronutrientes e a regulação da biossíntese de terpenos, que constituem majoritariamente os óleos essenciais, ainda são poucos os estudos que mostram essa importante relação, necessitando de mais estudos dos nutrientes de forma individual, em conjunto com outros nutrientes e com outros fatores ambientais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gustavo et al. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 61, n. 1, p. 4237-4247, 2008.

AMARAL, W. et al. Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila [*Chamomila recutita* (L.) Rauschert] sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 10, n. 4, p. 1-8, 2008.

ARNON, Daniel Isaac; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant physiology**, v. 14, n. 2, p. 371, 1939.

ASHRAF, A.; SULTAN, P.; QAZI, P.; RASOOL, S. Approaches for the genetic improvement of Lavender: A short review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 2, p. 736-740, 2019.

BERNÁTH, Jenó. Production ecology of secondary plant products. In: Herbs, spices, and medicinal plants: **Recent advances in botany, horticulture, and pharmacology**. v. 1, p. 185-234, 1986.

BIZZO, Humberto R.; HOVELL, Ana Maria C.; REZENDE, Claudia M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, p. 588-594, 2009.

- CARMO, A. P. M. do et al. Electrical conductivity of nutrient solutions affects the growth, nutrient levels, and content and composition of essential oils of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen from southeastern Brazil. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 15, p. 100968, 2024.
- CEYLAN, Yasemin et al. Magnesium applications to growth medium and foliage affect the starch distribution, increase the grain size and improve the seed germination in wheat. **Plant and Soil**, v. 406, p. 145-156, 2016.
- CHAUDHRY, Ahmad Hassan et al. Current understandings on magnesium deficiency and future outlooks for sustainable agriculture. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 4, p. 1819, 2021.
- CHRYSGYRIS, Antonios et al. Antioxidant and antibacterial activities, mineral and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) affected by the potassium levels. **Industrial Crops and Products**, v. 103, p. 202-212, 2017.
- COCKSON, Paul et al. Impact of phosphorus on cannabis sativa reproduction, cannabinoids, and terpenes. **Applied Sciences**, v. 10, n. 21, p. 7875, 2020.
- DANH, Luu Thai et al. Effect of calcium on growth performance and essential oil of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) grown on lead contaminated soils. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, n. sup1, p. 154-165, 2011.
- DAVID, E. F. S.; BOARO, C. S. F.; MARQUES, M. O. M. Rendimento e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 4, p. 183-188, 2006.
- DAVID, Evelize de Fátima Saraiva; MISCHAN, Martha M.; BOARO, Carmen Silvia Fernandes. Desenvolvimento e rendimento de óleo essencial de menta (*Mentha x piperita* L.) cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. **Biotemas**, v. 20, n. 2, p. 15-26, 2007.
- DE MOURA GUERRA, Antonia Mirian Nogueira et al. Nitrogênio influencia o acúmulo de biomassa e o rendimento de óleo essencial de manjerição. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24739-24756, 2020.
- DESPINASSE, Y. et al. Bornyl-diphosphate synthase from *Lavandula angustifolia*: a major monoterpene synthase involved in essential oil quality. **Phytochemistry**, v. 137, p. 24-33, 2017.
- DOBSON, Heidi EM. Floral volatiles in insect biology. In: **Insect-Plant Interactions**. p. 47-82, 1993.
- DUBEY, V. S.; BHALLA, R.; LUTHRA, R. An overview of the non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. **Journal Bioscience**, v. 28, n. 5, p. 637-646, 2003.
- EL GENDY, A. G. et al. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 167-174, 2015.
- EL-LEITHY, A. S. et al. Effect of nitrogen and potassium biofertilization on growth, yield and essential oil production of white horehound, *Marrubium vulgare* L. **J. Hortic. Sci. Ornam. Plants**, v. 5, n. 1, p. 46-59, 2013.
- FÁVARO, Érica Alexandrino et al. Boro e magnésio na produção de óleo essencial de *Corymbia citriodora* e teor de clorofila. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 39-46, 2011.

FAZIO, Juliana Leticia. **Cálcio e ethephon no desenvolvimento e produção de óleo essencial de menta (*Mentha Piperita* L.), cultivada em solução nutritiva**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu. 2007.

FAZIO, Juliana Leticia. ***Mentha piperita* cultivada com variação de cálcio. Trocas gasosas e óleo essencial**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu. 2011.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017.

FIGUEIREDO, A. Cristina; PEDRO, Luis G.; BARROSO, José G. Plantas aromáticas e medicinais - óleos essenciais e voláteis. **Revista da APH N.** °, v. 114, p. 30, 2014.

FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 887-894, 2004.

FREITAS, Marta Simone Mendonça et al. Potassium sources and doses in coriander fruit production and essential oil content. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 268-273, 2020.

GANJEWALA, Deepak; LUTHRA, Rajesh. Essential oil biosynthesis and regulation in the genus *Cymbopogon*. **Natural Product Communications**, v. 5, n. 1, p. 1934578X1000500137, 2010.

GARLET, Tânea Maria Bisognin et al. Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 956-962, 2007.

GERSHENZON, Jonathan. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In: **Phytochemical Adaptations to Stress**. Boston, MA: Springer US, 1984. p. 273-320.

GOBBO-NETO, Leonardo; LOPES, Norberto P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381, 2007.

HASHEMABADI, D. et al. Improvement of the yield and essential oils quantitative in calendula (*Calendula officinalis* L.) by using different planting arrangement and potassium fertilizer. **Journal of Ornamental Plants**, v. 2, n. 3, p. 147-154, 2015.

HAWKESFORD, M. et al. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Elsevier Ltda, 2012. p. 135-189.

HOAGLAND, Dennis Robert; ARNON, Daniel Israel. **The water-culture method for growing plants without soil**. 1938.

KARLEY, Alison J.; WHITE, Philip J. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, n. 3, p. 291-298, 2009.

KHALID, Khalid A. Effect of potassium uptake on the composition of essential oil content in *Calendula officinalis* L. flowers. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 3, p. 189, 2013.

KUMAR, Jitendra et al. Influence of foliar application of mineral nutrients at different growth stages of guava. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 5, p. 656-661, 2017.

LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. D. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2003.

LIMA, Thaísa Capato. **Macronutrientes e boro em *Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPF: Composição mineral, sintomas visuais e produção de óleos essenciais**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 684 p.

PARREIRAS, Nathália de Souza. **Aplicação de cálcio em pré-colheita de atemoia 'Thompson': trocas gasosas, óleo essencial de folhas e características físico-químicas dos frutos**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 71 p. 2017.

PEÇANHA, D. A. **Deficiência de nutrientes minerais em *Acmella oleracea*: teores minerais, sintomas visuais, espilantol e compostos fenólicos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 69 p. 2017.

PEÇANHA, D. A. et al. Mineral composition, biomass and essential oil yield of french lavender grown under two sources of increasing potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 3, p. 344-355, 2023.

PEÇANHA, D. A. et al. Phosphorus fertilization affects growth, essential oil yield and quality of true lavender in Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 170, p. 113803, 2021.

PRAJAPATI, K.; MODI, H. A. The importance of potassium in plant growth – A review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v. 1, n. 2-3, p. 177-186, 2012.

RAMOS, S. J. et al. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 1, p. 9-12, 2005.

RANAWEERA, S. S.; THILAKARATNE, W. P. Mineral nutrition of *Cymbopogon nardus* (L) rendle: part I. effects of magnesium and phosphorus nutrition on growth and the yield of essential oil. **Vidyodaya Journal of Science**, v. 4, n. 1, 1992.

REZENDE, Fernanda Mendes et al. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, v. 93, 2016.

RODRIGUES, Carlos R. et al. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 573-578, 2004.

SAID-AL AHL, H. A. H.; AYAD, Hasnaa S.; HENDAWY, S. F. Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals. **Journal of Applied Sciences**, v. 2, n. 3, p. 319-323, 2009.

SAID-AL AHL, H. A. H.; HUSSEIN, M. S. Effect of water stress and potassium humate on the productivity of oregano plant using saline and fresh water irrigation. **Ozean Journal of Applied Sciences**, v. 3, n. 1, p. 125-141, 2010.

- SARAB, D. et al. Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 22, n. 4, p. 850-857, 2019.
- SARIN, Renu. Useful metabolites from plant tissue cultures. *Biotechnology*, v. 4, n. 2, p. 79-93, 2005.
- SFREDO, Gedi J.; LANTMANN, A. F. **Enxofre: nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. 2007. (Relatório técnico).
- SHILPA, K.; VARUN, K.; LAKSHMI, B. S. An alternate method of natural drug production: eliciting secondary metabolite production using plant cell culture. *Journal of Plant Science*, v. 5, p. 222-247, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3923/jps.2010.222.247>. Acesso em: 8 jan. 2025.
- SKUBIŁ, Natalia; DZIDA, Katarzyna. Essential oil composition of summer savory (*Satureja hortensis* L.) cv. Saturn depending on nitrogen nutrition and plant development phases in raw material cultivated for industrial use. *Industrial Crops and Products*, v. 135, p. 260-270, 2019.
- SOUZA, M. A. A.; ARAUJO, O. J.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 41-48, 2007.
- SUPANJANI, T. A. R. M. et al. Calcium effects on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic Chrysanthemum coronarium L. *International Journal of Botany*, v. 1, p. 146-151, 2005.
- SZÖKE, Éva et al. Effect of magnesium on essential oil formation of genetically transformed and non-transformed chamomile cultures. *Journal of the American College of Nutrition*, v. 23, n. 6, p. 763S-767S, 2004.
- TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MOLLER, Ian M.; MURPHY, Arthur. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TRIPATHI, Anuj Kumar et al. Studies on the effect of nitrogen levels and spacing on quality traits of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Kashi Sweta. *International Journal of Chemistry Studies*, v. 5, n. 6, p. 537-540, 2017.
- VILANOVA, Crisálida Machado et al. Effect of different water application rates and nitrogen fertilisation on growth and essential oil of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Industrial Crops and Products*, v. 125, p. 186-197, 2018.
- WALIA, Swati; KUMAR, Rakesh. Nitrogen and sulfur fertilization modulates the yield, essential oil and quality traits of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) in the Western Himalaya. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, p. 631154, 2021.
- ZAHEDIFAR, M.; NAJAFIAN, S. H. **Combined effect of soil applied iron and sulfur fertilisers on monoterpene content and antioxidant activity of *Satureja hortensis* L. extract**. 2015. (Relatório técnico).
- ZHANG, Y.; WANG, J.; CAO, X.; LIU, W.; YU, H.; YE, L. High-level production of linalool by engineered *Saccharomyces cerevisiae* harboring dual mevalonate pathways in mitochondria and cytoplasm. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 134, p. 109462, 2020.

INSETOS-PRAGA DA ORDEM COLEOPTERA DE OCORRÊNCIA NA CULTURA DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.)

Data de submissão: 26/11/2024

Data de aceite: 03/02/2025

Hélia Félix de Moura

Universidade Federal Rural da Amazônia -
UFRA Altamira -PA
<http://lattes.cnpq.br/4882323736580276>

Cláudia Barbosa Cordeiro

Universidade Federal Rural da Amazônia -
UFRA Altamira -PA
<https://lattes.cnpq.br/7034517871947038>

Luiz Carlos Piacentini

Universidade Federal Rural da Amazônia -
UFRA Altamira - Pa
<https://lattes.cnpq.br/6804249806867664>

Ailton Araújo

Universidade Federal Rural da Amazônia -
UFRA Altamira -PA
<https://lattes.cnpq.br/1504070147951457>

Sidevaldo Santana de Jesus

Universidade Federal Rural da Amazônia -
UFRA Altamira -PA
<http://lattes.cnpq.br/3902356083708501>

Ivy Laura Siqueira Saliba Machado

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7917119821946050>

Telma Fátima Vieira Batista

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/8251281115341075>

RESUMO: Um dos principais problemas que comprometem a produção e a produtividade na cultura do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é a ocorrência de pragas e doenças, causando perdas e danos econômicos às regiões produtoras. Dentre os principais insetos praga da ordem Coleoptera de ocorrência, destacam-se as vaquinhas (*Percolaris ornata* e *Taimbezinhia theobromae*), a broca dos frutos (*Conotrachelus humeripictus*), o manhoso (*Steirastoma breve*), carneirinho (*Lasiopus cilipes*, *Lordops aurosa* e *Naupactus bondari*), os escolitídeos (*Xilusandrus morigerus* e *Theoborus villosulus*) e pragas de armazenamento. De modo geral, esses insetos prejudicam a fisiologia e o desenvolvimento da planta, a produtividade e a produção final. O manejo dessas pragas pode ser realizado através de vários métodos de controle, destacando-se os mecânicos, culturais, químicos e os

biológicos que juntos, compõem o Manejo integrado de pragas - MIP. O controle mecânico ocorre através da remoção de partes atacadas da planta ou preventivamente por tratamentos culturais, catação manual e eliminação dos insetos-praga. O controle químico, um dos mais utilizados, é somente recomendado quando, pelo menos, 10% das plantas apresentarem-se infestadas. Em amêndoas armazenadas utiliza-se a técnica da fumigação com fosfina e ozônio, controle biológico e inseticidas botânicos de forma preventiva. O controle biológico é realizado através da introdução de inimigos naturais, como microrganismos entomopatogênicos, predadores e parasitoides.

PALAVRAS-CHAVE: cacau, besouros, controle de pragas.

INSECT-PEST OF THE ORDER COLEOPTERA OF OCCURRENCE IN THE COCOA CROP (*Theobroma cacao* L.)

ABSTRACT: One of the main problems that compromise production and productivity in cocoa crops (*Theobroma cacao* L.) is the occurrence of pests and diseases, causing economic losses and damage to producing regions. Among the main insect pests of the Coleoptera order, the following stand out: the cowpea beetle (*Percolaris ornata* and *Taimbezinhia theobromae*), the fruit borer (*Conotrachelus humeripictus*), the stingless beetle (*Steirastoma breve*), the ram (*Lasiopus cilipes*, *Lordops aurosa* and *Naupactus bondari*), the bark beetle (*Xilusandrus morigerus* and *Theoborus villosulus*), and storage pests. In general, these insects harm the physiology and development of the plant, productivity and final production. These pests can be managed using various control methods, including mechanical, cultural, chemical and biological methods, which together make up Integrated Pest Management (IPM). Mechanical control is achieved by removing affected parts of the plant or preventively by cultural treatments, manual picking and elimination of insect pests. Chemical control, one of the most widely used methods, is only recommended when at least 10% of the plants are infested. In stored almonds, fumigation with phosphine and ozone, biological control and botanical insecticides are used preventively. Biological control is achieved by introducing natural enemies, such as entomopathogenic microorganisms, predators and parasitoids.

KEYWORDS: cocoa, beetles, pest control.

1 | INTRODUÇÃO

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie nativa das florestas tropicais úmidas do continente americano, pertencente à família Malvaceae e centro de origem está na região amazônica (MAPA/CEPLAC, 2020). É uma planta cauliflora (ARAÚJO et al., 2020), que pode atingir até 20 metros de altura, no entanto, sob condições de cultivo, seu porte varia entre 2,5 à 5 metros (MAPA/CEPLAC, 2020). Seu fruto é um excelente produto, e sua semente é a matéria-prima para a produção de chocolate (SOUZA & DIAS, 2001), desde produção artesanal até aos chocolates finos e refinados.

O estado do Pará é um dos principais representantes do cultivo de cacau na Amazônia, com total de 205 mil hectares de cacaueiros híbridos plantados em sistemas agroflorestais, de acordo com o MAPA (2022), do total de hectares plantados, apenas

150 mil hectares estão produtivos, apresentando produtividade de 960 kg/ha. Atualmente, concentra a maior produção nacional, ocupando a primeira posição, com 145.991 toneladas até o mês de julho e área planta de 152.832 hectares, o que movimenta R\$ 1,8 bilhões de reais, correspondendo a 50% do total movimentado a cultura no país, no ano de 2020 (IBGE, 2023).

A região da Transamazônica recebe destaque no estado do Pará, apresenta solos de média a alta fertilidade e as amêndoas produzidas são conhecidas por seu sabor peculiar, teor de gordura diferenciado, ponto de fusão e pigmentos, levando a produção de chocolates de alta qualidade (MAPA, 2022). O valor acrescentado pela economia do cacau na região Transamazônica, representa 98% para a economia do estado (COSTA et al., 2021).

A cacaucultura no Território da Transamazônica e Xingu¹ é conhecida por ser uma potência econômica e produtiva, tendo o Município de Medicilândia como principal produtor e detém 34,7% da produção estadual (Venturieri et al., 2022), segundo os autores, a expansão da economia cacaueira, no estado do Pará, tem sido associada por alguns estudiosos a sistemas de produção ambientalmente sustentáveis, pois o estado, apresenta estimativa de que 68,57% dos cultivos, estejam situados em sistemas de agricultura familiar, buscando integrar a produção em sistemas agroflorestais (SAFs) com a conservação da vegetação nativa (BLASER et al., 2017). Santos et al., (2020) descreve maior aproveitamento dos recursos naturais e da restauração ambiental visando maior produtividade de maneira sustentável.

Os SAFs fornecem a diversidade de espécies e mecanismos de proteção, com grande potencial de enriquecimento das áreas de vegetação secundária, favorecendo o sombreamento à cultura por espécies florestais, a ciclagem de nutrientes, proteção do solo, e manutenção da cobertura vegetal, tornando a espécie menos suscetível a pragas e doenças. (DAND, 2011; IBGE, 2017; SEDAP, 2020; FOLHES e SERRA, 2023).

No entanto, a produção de cacau enfrenta desafios significativos que comprometem a produção e a produtividade da cultura, devido a ocorrência de pragas e doenças, causando perdas e danos econômicos às regiões produtoras (BRAGA et al., 2022). Segundo Souza & Dias (2001), em regiões tropicais, caracterizadas pelo clima quente e úmido, em períodos de estiagem, há o aumento significativo do ataque de pragas à cultura, impedindo o desenvolvimento. Trevisan et al. (2016) e Mendes (2020), relataram que a cultura está associada a grande variedade de grupos de insetos incluindo os polinizadores de flores, entretanto, os ataques por insetos-praga podem causar perdas significativas, incluindo brocas, desfolhadores, sugadores e ácaros.

A ordem Coleoptera tem grande importância econômica e é conhecida devido

1 O Território da Transamazônica e Xingu fica localizado as margens da Rodovia Transamazônica – BR 230 e no baixo Rio Xingu, no Centro Oeste paraense abrangendo os municípios de Altamira, Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Uruará, Vitória do Xingu, todos no Estado do Pará.

possuir muitas espécies consideradas pragas agrícolas e florestais, causando danos parciais até a destruição total de todas as partes da planta (GALLO, 2002). A broca-dos-frutos (*Conotrachelus humeropictus* Fiedler), por exemplo, na fase larval se desenvolve no interior dos frutos, alimentando-se da polpa e destrói totalmente as amêndoas, causando impactos direto à cultura (MENDES et al., 1988; TREVISAN et al., 2016).

Os métodos de controle são alternativas aplicadas com a finalidade de prevenir ou erradicar a ocorrência de pragas ou doenças. Os controles utilizados estão atrelados ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), que reúne a junção de métodos integrados de controle, visando a manutenção da biodiversidade, a economia e a menor contaminação ao aplicador, meio ambiente (PARRA, 2014), produtor e aos animais. Os produtos biológicos, que utilizam organismos vivos ou de substâncias derivadas destes organismos, se destacam por atenderem aos princípios do MIP.

Diante disso, pragas e doenças resultam em prejuízos significativos nos rendimentos das culturas, que causam várias perdas econômicas, que pode chegar até 50% de dano na produção. Como forma de evitar essas perdas são utilizados métodos de controle com finalidade de combater as pragas e doenças, como exemplo o tratamento químico (agrotóxicos), não obstante, esse método coloca em risco o equilíbrio ambiental e a saúde humana, incidindo assim, em altos custos, em geral (RENZI et al., 2019). Com o aumento de problemas na agricultura, sem soluções viáveis, atrelado a melhorias das legislações no controle de qualidade, faz com que os produtos biológicos sejam uma realidade eficiente no campo, no combate as pragas na agricultura (GUIMARÃES et al., 2019). Segundo (PONTES et al., 2018) no Brasil, existe cerca de 30 empresas produzindo biológicos, entretanto seguindo a tendência mundial, empresas nacionais e internacionais estão interessados nesta tecnologia.

Dessa forma, objetivou-se realizar levantamento bibliográfico, documental, sobre os principais insetos-praga da ordem Coleoptera de ocorrência na cultura do cacau, buscando identificar suas características, ciclo de vida, danos causados às plantações e estratégias eficazes de manejo e controle, através de registros científicos publicados em livros, revistas científicas e periódicos.

2 | HISTÓRICO DA CACAUCULTURA NO ESTADO DO PARÁ

A Amazônia foi alvo de exploração desde a descoberta do Brasil em 1500. A partir de 1540 as primeiras expedições à região foram iniciadas, em 1637 ocorreu a primeira grande expedição ordenada por Portugal, onde havia cerca de 2 mil pessoas e denominada de Pedro Teixeira, subindo o rio Amazonas até Quito no Peru, nesta expedição foi realizada a exploração de frutos como cacau e castanha, que passaram a ganhar grande conotação comercial (TAVARES, 2008). Segundo Martins (2013), o fruto se tornou o principal produto de exportação da Amazônia, na época.

A exploração do fruto iniciou a ocupação da Amazônia, ao fim do século XVI e início do século XVII, com o objetivo de instalar uma economia baseada na extração das *drogas do sertão* que incluía o cacau, salsaparrilha, urucum, cravo, canela, anil e baunilha, entre outras. Porém, não havia políticas de exploração e cultivo para estes produtos, as técnicas de exploração envolviam o corte predatório que se aplicava às plantas extraídas, inclusive o cacau (VIANA, 2020).

Deste modo, através da Carta Régia, em 1677, foi autorizado o cultivo do cacau pelos colonizadores que iniciaram os plantios em suas terras na província do Grão-Pará (SODRÉ, 2007). O incentivo à introdução da lavoura cacauzeira no estado do Pará, foi estratégia da Coroa Portuguesa para obtenção e ocupação do território (VIANA, 2020).

A contribuição do cacau à economia foi ponto importante para a formação metropolitana de Belém, sendo observada a formação cultural e territorial da cidade. De acordo com CONESA (2012), ressaltou a construção da Catedral da Sé, a Casa de Ópera e o Palácio dos Governadores, tornando a capital da Província do Grão-Pará, importante centro cultural da época. O cacau era visto como moeda no período colonial e ficou conhecido como “moeda da terra” na província do Grão-Pará, sendo mantenedor da economia da região e do interesse na troca de mercadorias entre os indígenas (POMPEU, 2023).

O cultivo do cacau trouxe grande visibilidade para a região amazônica, e a partir de 1730 foi considerado a principal mercadoria de exportação da Amazônia (POMPEU, 2023). Em 1740 era tão valioso quanto o cravo e o açúcar, e apesar da grande epidemia de varíola que ocorreu em 1749 atingindo os indígenas e escravos trabalhadores das lavouras, o cacau não deixou de ser produzido, ultrapassando 100 arrobas em 1780 (VIANA, 2020).

Em 1746 as sementes foram levadas ao sul da Bahia, por possuir solos férteis e clima favorável ao desenvolvimento da espécie, levando o Brasil a condição de maior produtor e exportador mundial de cacau em amêndoas até a década de 1870 (VIANA, 2020; INFOAMAZONIA, 2023).

Políticas e programas de incentivo ao plantio de cacau no Brasil foram estabelecidos entre 1960 e 1970, de maneira estratégica para o desenvolvimento do país e a integralização da região Amazônica com o lema “Integrar para não Entregar”, acelerando o desenvolvimento da região, a exploração e a abertura de estradas. Em 1957, a criação da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) favoreceu a atividade econômica com a participação de técnicos qualificados na orientação dos produtores, de forma notável e de maneira racional sobre o cultivo do cacau (VIANA, 2020).

Devido a intensa produção no estado da Bahia, o cacau ganhou destaque onde foram registradas as grandes safras no país nos anos de 1975 a 1986, atingindo a produção de 356 mil toneladas (FIORAVANTI e VELHO, 2011). Em 1989, a grande crise da lavoura cacauzeira se instala no país, devido o aparecimento do fungo *Moniliophthora perniciosa*, nas lavouras do sul da Bahia, causador da vassoura-de-bruxa que provoca a deformação,

apodrecimento e morte das partes afetadas do cacauzeiro, conferindo à planta a aparência de velha, afetando a fotossíntese e a produção de novos frutos, reduzindo a produção em 50% a 90% (FIORAVANTI e VELHO, 2011; VALENTE, 2012; OLIVEIRA e ASSIS, 2023). A redução da produtividade das lavouras e o aumento no custo de produção fez com que os produtores de cacau se endividassem e a produção baiana entrasse em declínio substancial (OLIVEIRA e ASSIS, 2023).

Diante deste cenário, o estado do Pará avança na produção do cacau no estado, com novos hectares de plantios, e em 2017 consegue ultrapassar a Bahia, ocupando o lugar de maior estado produtor do Brasil, retomando o lugar de maior produtor de cacau do país, pois aumentou substancialmente a produção (VIANA, 2020; OLIVEIRA e ASSIS, 2023).

Atualmente o Pará possui cinco regiões cacauzeiras, destacando-se: O Sudeste, Nordeste, Região das Ilhas, Transamazônica e região Oeste. O município de Tomé-Açu se destaca pela produção de cacau diferenciado, atendendo a demanda de consumidores asiáticos, sendo hoje o maior exportador de cacau fino e de aroma do Brasil, e a região da Transamazônica é a mais importante da cacauicultura Paraense, pois concentra a produção na parte central do Estado, cortando a Floresta Amazônica e contribuindo fortemente para a economia do estado (MAPA, 2022).

2.1 COLEOPTEROS DE OCORRÊNCIA NA CULTURA DO CACAUEIRO

Vaquinhas

As vaquinhas são pequenos besouros capazes de causar danos significativos ao cultivo de cacau, entre essas espécies, destacam-se *Colaspis* spp., *Taimbenzinha theobromae* (Bryant, 1924) e *Percolaspis ornata* (Germar, 1824).

Medem aproximadamente de 3 a 5 mm de comprimento e o surgimento na cultura do cacau está intimamente relacionado com o lançamento de folhas novas, de coloração avermelhada, apresenta pico populacional dois meses após o lançamento das folhas novas (GALLO, 2002). Podem atacar os ponteiros, retardando o desenvolvimento ou até mesmo, morte das plantas.

É necessário adotar práticas integradas para o controle dessas pragas com fins de atenuar os danos causados, adotando práticas assertivas, como o uso de variedades resistentes, o monitoramento regular e a utilização de controle biológico, além de inseticidas químicos recomendados (SODRÉ, 2017).

Vaquinha verde

A vaquinha verde, *P. ornata*, pertencente à família Chrysomelidae. O adulto atinge cerca de 4 a 5 mm de comprimento e apresentam os élitros em tons verde-metálicos. As antenas

possuem formato filiformes castanho-escuros, e as pernas castanho-claro. A oviposição é realizada no solo, e as larvas alimentam-se de raízes de plantas hospedeiras (SODRÉ, 2017).

Na fase adulta, estes insetos alimentam-se, predominantemente de folhas novas, causando o rendilhamento, ou seja, furinhos no limbo foliar, diminuindo área fotossintética, danificam os bilros, pequenos frutos de cacau que não se desenvolvem, e os frutos do cacaueiro (SODRÉ, 2017; MACEDO et al., 2003), (PACHEPSKY & ACOCK, 1996) e, compromete total desenvolvimento e crescimento da planta.

A densidade populacional do inseto é maior quando há emissão foliar do cacaueiro, pois se alimentam com grande voracidade (SODRÉ, 2017), principalmente nos períodos de emissão dos brotos novos.

Vaquinha preta

A vaquinha preta *T. theobromae*, pertencente à família Chrysomelidae. O inseto adulto é pequeno com 3,5 a 4 mm de comprimento, élitros brilhantes. Apresentam coloração preta com reflexos metálicos, cabeça castanho-escura e antenas filiformes. Fazem oviposição no solo e as larvas se alimentam das raízes (SODRÉ, 2017).

Na fase adulta, se alimentam de folhas das plantas, causando a destruição de todo o limbo e extremidade apical dos ramos. Também possuem densidades populacionais nos períodos de emissão foliar (SODRÉ, 2017).

As infestações desses insetos na cultura do cacaueiro, são favorecidas preferencialmente, devido as altas temperaturas e baixa precipitação, pois, Alves-Júnior et al. (2017), avaliaram a ocorrência de insetos nocivos, inimigos naturais e o nível de doenças em sistema roça sem queima, em roças de cacau em dois períodos na região de Medicilândia, Pará, e observaram que a maior ocorrência de vaquinhas, nos plantios, ocorreram nos períodos das estiagens.

Métodos de Controle

Recomenda-se monitoramento com amostragens em intervalos de 10 dias na renovação foliar, visando identificar os adultos na área.

Dividir em blocos de 5 hectares a área, conforme sombreamento e idade da cultura. Cada bloco, amostrar 20 plantas com danos rendilhamento.

Altas temperaturas e a baixa pluviosidade favorecem a infestação, o sombreamento adequado pode reduzir o ataque, devido as temperaturas amenas nas plantações (SODRÉ, 2017).

Quando detectadas vaquinhas ao nível de danos à cultura, média 10 insetos por planta, é recomendado aplicação de inseticidas, alternado, sempre obedecendo o intervalo indicado na bula. Suspender as aplicações quando for diagnosticada a redução populacional (SODRÉ, 2017).

Broca-dos-frutos

A broca dos frutos *Conotrachelus humeropictus* (Fiedler, 1940) pertencente à família Curculionidae, ataca o fruto do cacau. Registrado pela primeira vez em cacau, na década de 1980, seguida no cultivo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Willd. ex Spreng.) K. Schum.) (TREVISAN e MENDES, 1991).

Segundo Thomazini (2000), foi observado que a preferência do adulto está relacionada com a cultura onde foram desenvolvidas as larvas. Atualmente está presente em todos os estados da Amazônia que cultiva cacau e cupuaçu (TREVISAN et al., 2016).

O *C. humeropictus* recebe o nome de “broca dos frutos”, devido as atividades desenvolvidas pelo inseto na fase larval, onde após eclosão das larvas, esta penetra no fruto em direção ao centro destruindo a polpa, o fio placentário e até as sementes. Segundo Trevisan et al., (2016) pode ocorrer a fermentação da polpa devido à eliminação de excretas e movimentação das larvas (TREVISAN, 2013).

O adulto possui hábito noturno, e durante o dia fica imóvel abrigando-se entre as folhas da planta e quando percebe ameaça se joga no solo e se finge de morto. Atividades de acasalamento e postura ocorrem ao anoitecer (TREVISAN et al., 2016). O adulto tem 09 a 10 mm, coloração castanho escura, e na fase jovem coloração castanho claro.

A postura é realizada pela fêmea numa cavidade no fruto do cacau ou cupuaçu, após dois meses o desenvolvimento dos frutos (TREVISAN et al., 2016). A eclosão das larvas ocorre após 4 a 6 dias, a qual penetra no fruto e permanece por 31 dias se alimentando das sementes, o desenvolvimento tem 4 instares larvais. A fase de pupa é no solo (MENDES et al., 1997).

O orifício formado com a saída da larva funciona como local de postura de insetos dípteros e porta de entrada para microrganismos decompositores, e pequenos insetos que aceleram o apodrecimento do fruto (LAKER et al., 1993; TREVISAN et al., 2016).

No solo, a larva penetra de 2 a 20 cm de profundidade e desenvolve a câmara pupal, essa fase dura em média 20 dias (THOMAZINI, 2000). Os adultos se alimentam de folhas novas e pedaços de frutos, as fêmeas vivem em média 105 dias, depositando aproximadamente 108 ovos ao longo da vida reprodutiva, enquanto os machos possuem ciclo de vida cerca de 64 dias (MENDES et al., 1997; TREVISAN et al., 2012b; TREVISAN et al., 2013c).

Segundo Trevisan (2013), a broca dos frutos é uma praga endêmica da Amazônia Brasileira.

Métodos de Controle

O controle é complexo, o ciclo biológico é dentro do fruto e fase de pupa no solo, o que dificulta a ação de inseticidas químicos (TREVISAN et al., 2016). Não existem produtos registrados pelo Ministério da Agricultura.

É recomendado método cultural, baseado na colheita, tornando mais frequente, aplicando cuidados aos casqueiros, mantendo lona para que a larva não alcance o solo, e aplicando a prática do sacolejo nas plantas para captura dos adultos (TREVISAN, 1998). O sacolejo deve ser vigoroso, firme e súbito por 5 segundos, para que o besouro caia e possa ser recolhido, contabilizado e eliminado manualmente. Essa prática é viável somente para áreas pequenas (TREVISAN, 1989).

Recomenda-se poda fitossanitária anual, para o manejo da vassoura-de- bruxa, criando ambiente mais arejado e menos preferido pelos insetos (TREVISAN et al., 2016).

O controle biológico com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals), *Metarhizium anisopliae* (Metsch), *Fusarium moniliforme* e *Aspergillus fumigatus* apresentam potencial de controle da broca e podem ser incorporados em programas de manejo (TREVISAN et al., 2016). *B. bassiana* e *M. anisopliae* foram observados nas larvas e adultos do *C. humeropictus* e se apresentaram eficientes ao controle. Em pesquisa realizada em Ouro preto do Oeste – RO, Mendes et.al. (2001) alcançou mortalidade de 42% com aplicação de *M. anisopliae*, aplicando $3,93 \times 10^{10}$ conídios/ml.

Segundo Simi et. al., (2018) em pesquisa para controle de *C. humeropictus* com agentes entomopatogênicos, foram avaliados o fungo *B. bassiana* e o nematóide *Steinernema brasiliense* de forma isoladas e associadas. Foi observado que *B. bassiana* promoveu 15,6% de mortalidade e *S. brasiliense* 60% de mortalidade, e o mix dos entomopatógenos causaram 65,6% de mortalidade.

Manhoso

O manhoso *Steirastoma breve* (Sulzer, 1776), família Cerambycidae, é conhecido popularmente como “manhoso”, devido na fase adulta, se joga no solo, ao sentir ameaçado. O besouro apresenta coloração cinza e tamanho de 20 mm comprimento (NAKAYAMA e ENCARNÇÃO, 2012 & TREVISAN, 2013; TREVISAN et al., 2016).

No estado do Pará, o inseto apresenta ciclo de 104 dias para os machos e 139 dias para as fêmeas. Ovos 3 a 4 dias de incubação, 55 dias de fase larval e 10 dias de estágio de pupal (TREVISAN, 2013).

É considerado uma das pragas mais severas da cacauicultura em alguns países como Trinidad e Tobago, Suriname, Venezuela e Equador e na Amazônia brasileira, ocorre nos estados do Amazonas, Rondônia, Mato Grosso e Pará (TREVISAN et al., 2016). Na Amazônia é onde mais provoca prejuízos, especialmente no Pará, Mato Grosso e Rondônia. Possui também como plantas hospedeiras, o cupuaçu, quiabo, paineiras, castanha-do-maranhão e pau balsa (TREVISAN et al., 2011; TREVISAN et al., 2016).

O dano é pela ação da larva que penetra pelas regiões do coleto e bifurcação dos ramos principais, se aloja na entrecasca, a qual vai sendo destruída. Quando a planta é jovem pode ocorrer o roletamento da entrecasca. No final da fase larval, as galerias

são profundas, onde pupam na região do córtex, logo abaixo da casca (NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO, 2012 & TREVISAN, 2013; TREVISAN et al., 2016).

A presença de serragem, fermento e exsudação gomosa são sinais da presença do inseto. As galerias causadas em cacaueiros novos podem causar deformação na copa e morte da parte superior da planta (NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO, 2012 & TREVISAN, 2013). Plantas até aos três anos de idade são mais preferidas e galerias causadas pelos insetos favorece a entrada de agentes patogênicos e infecções à planta (TREVISAN et al., 2011).

Métodos de Controle

Segundo Trevisan (2013) e Trevisan et al., (2016), o controle do *S. breve* pode ser: mecânico, cultural, químico e comportamental com armadilhas.

Os Autores recomendam o controle mecânico, com inspeção frequente na área, visando identificação dos ataques e eliminação das larvas no interior dos caules e/ou ramos, assim como captura dos adultos pela catação manual e eliminação dos besouros. É necessário tratar a região com pasta à base de cal para prevenir a penetração de patógenos. O controle cultural é através da manutenção do sombreamento provisório e definitivo, por maior tempo possível, e a eliminação de ramos atacados. O controle químico somente quando pelo menos 10% das plantas estiverem com sintomas de ataque.

O controle com plantas armadilhas é feito com plantio do quiabeiro, hospedeiro preferido que atrai o inseto para alimentação, acasalamento e postura. E o controle é realizado com catação manual do inseto ou queima das plantas quando estas estiverem infestadas (NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO, 2012 & TREVISAN, 2013). Importante programar o plantio da planta armadilha, para que esta esteja adulta no período de estiagem (TREVISAN et al., 2013).

Carneirinho

O carneirinho *Heilipodus clavipes* (Fabricius, 1801), é um besouro da família Curculionidae, conhecido como “bicudo” ou “gorgulho do cacaueiro” (SODRÉ, 2016). Possui bico alongado, hábito noturno, coloração marrom-escuro com pontos brancos, e faixa esbranquiçada, transversalmente aos élitros e 10 mm de comprimento. Possui pouca agilidade para voar, sendo praticamente inativo durante o dia, quando ameaçado ou tocado finge-se de morto e se joga no chão, abrigando-se em refúgios, normalmente em orifícios dos frutos, rachaduras dos troncos ou solo (SÁNCHEZ, 2011).

O bicudo é fitófago, tanto na fase larval quanto adulto, mastiga, corta, perfura e tritura as partes vegetais, reduzindo a capacidade fotossintética da planta; reduz a produtividade; causa emponteramento (secamento das gemas apical), causa desequilíbrio fisiológico e morte das plantas; eleva o custo de produção e são disseminadores de doença. Os danos

podem induzir a morte de toda a ramificação, e não apenas ao local do ataque. O sintoma é de “vassouras” com rebentos secos (SÁNCHEZ, 2011).

Ataca as folhas deixando orifícios assimétricos, gema apical, casca dos frutos causando atrofia, bilros e frutos fazendo orifícios por toda a casca, que ressecam e necrosam. Os bilros atacados são abortados. (EMARC/CEPLAC, 1990).

Métodos de Controle

Inspeções quinzenais da área cultivada e verificação de sintomas de ataque em bilros e frutos (SODRÉ, 2017).

É recomendado a utilização de árvores para a promoção de sombramento às plantas de cacau (TREVISAN et al., 2016).

Controle com inseticidas químicos a base de deltametrina e malation, conforme Sodré (2017). É recomendado aplicações alternadas, a cada 21 dias. Devido ao hábito crepuscular e noturno, as aplicações deverão ser efetuadas ao entardecer ou pela manhã. Não foram encontrados relatos de uso de controle microbiano para esta praga.

Na revisão, foi observado que os ataques deste inseto têm semelhança com ataques do monalônio (*Monalonia bondari*) e do tripes do cacaueiro (*Selenothrips rubrocinctus*). Esses últimos são abundantes na região da Transamazônica, com ataques severos nas plantações de cacau, necessitando, portanto, de maior investigação para verificar se há presença do carneirinho contribuindo com os danos causados nos cacaueiros cultivados.

Broca do cacaueiro

A broca do cacaueiro *Xylosandrus morigerus* (Blanford, 1894), pertencente à família Scolytidae, tamanho de 2 mm de comprimento e coloração castanho avermelhada. Ciclo de 21 dias e longevidade das fêmeas de 35 dias (SODRÉ, 2017).

De acordo com Sodré (2017), o ataque ocorre no caule da planta, podemos ser visualizados pequenos orifícios com exsudação esbranquiçada e internamente formação de galerias, habita o xilema e floema da planta.

As fêmeas causam perfurações nos galhos verdes e penetram na área lenhosa dos ramos, os machos não saem das galerias. As fêmeas constroem galerias e levam o fungo *Ambrosiaemyces zeilanicus* Trot., que se desenvolvem e serve de alimento (SERMEÑO-CHICAS, et al., 2019) e possui relação simbiótica com o fungo, conservado pela fêmea em órgão entre segundo e terceiro segmentos torácicos.

A fêmea oviposita 6 a 12 dias após perfuração, os ovos são microscópicos e medem 0,5 mm, depositados em pequenas câmaras contendo o fungo simbiótico, as larvas eclodem após 6 a 8 dias após postura, cada fêmea oviposita de 14 a 22 ovos; a fase larval dura de 7 a 10 dias e 4 instares; a pupa dura de 8 a 10 dias até a emergência do inseto adulto, com longevidade de 30 a 40 dias para fêmeas e 8 a 15 dias para macho; as fêmeas têm asas

membranosas e ausentes nos machos (VÉLEZ-ÁNGEL 1997; SERMEÑO- CHICAS, et al., 2019).

O ataque do *X. morigerus* é associado a presença de fungos fitopatogênicos como *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia theobromae* e *Ceratocystis*, que causam doenças em plantas e frutas, causando podridões (SERMEÑO- CHICAS, et al., 2019).

Métodos de Controle

É recomendado práticas de manejo cultural, como nutrição das plantas e limpeza com podas e remoção de galhos, principalmente o excesso de ramos chupões.

O controle deve ser realizado quando mais de 1% das plantas de cacau estão com ataque (NAKAYAMA & VIEIRA da ENCARNAÇÃO, 2012). Danos causados por insetos são menores em comparação com o extenso ataque de fungos que podem causar morte da planta (VÉLEZ-ÁNGEL, 1997).

O controle químico pode ser realizado com o uso Deltametrina em intervalos de 15 dias (SODRÉ, 2017).

O controle biológico pode ser com inimigos naturais: parasitóides, *Prorops nasuta* Wtst. (Hymenoptera: Bethyridae), *Tetrastichus xyleborus* (Hymenoptera: Eulophidae) e o fungo entomopatogênico *Beauveria* sp. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) (VÉLEZ-ÁNGEL, 1997).

Pragas de amêndoas de cacau armazenado

O cacau armazenado sofre ataques de inúmeros insetos, causadores de danos que contaminam as amêndoas com excrementos, odores desagradáveis, cadáveres e outros fragmentos que serão adicionados ao produto, o chocolate (NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO, 2012). Quando o propósito do lote de cacau é a produção de cacau superior, os insetos causam danos à qualidade, tornando as amêndoas desclassificadas por apresentarem até 3% de amêndoas infestadas ou danificadas por insetos, segundo a Norma ISO2451:2014 (SAITO, 2019)

Rotineiramente, a produção de cacau é armazenada em sacos inapropriados por longos períodos. Facilitando a entrada dos insetos-pragas nos depósitos e, conseqüentemente, nos sacos contendo as amêndoas. É recomendado que a estocagem na propriedade não ultrapasse 90 dias, caso contrário, corre risco do surgimento de fungos mofadores, insetos e roedores (SENAR, 2018).

As pragas de produtos armazenados são consideradas severas, ou seja, a densidade populacional está sempre acima do nível de dano econômico, pois não possuem inimigos naturais e interferências climáticas, nesses locais.

Possuem diferentes preferências alimentares e são responsáveis por perdas em grãos e produtos industrializados destinados ao armazenamento, comercialização e

consumo (LORINI, 2008).

Quase todos os nichos ecológicos dentro do ecossistema de armazenamento, podem ser ocupados por várias espécies de coleopteros. Por exemplo, os insetos podem ser pragas primárias, secundárias, vetores de fungos, bactérias e responsáveis diretos e indiretos pela deterioração dos grãos, micetófagos, predadores e até a perfuração da madeira que compõem a estrutura armazenadora (HAINES, 1991).

Insetos-praga da ordem Coleoptera configuram-se entre os principais responsáveis pelos danos aos produtos armazenados (HASHEM et al., 2012).

Não é diferente para amêndoas de cacau armazenadas inadequadamente. Alguns desses insetos se alojam nas amêndoas ainda em processo de secagem e se reproduzem dentro dos depósitos.

Destacam-se os seguintes besouros: Besouro-do-fumo (*Lasioderma serricorne*), Besouro castanho (*Tribolium castaneum*) e o besouro estrangeiro (*Ahasverus advena*). Este último, embora não ataque diretamente a amêndoa, pode ser encontrado em grande quantidade em cacau mofado (NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO, 2012).

L. serricorne (F.), vulgarmente conhecido como besourinho-do-fumo, é uma praga cosmopolita, que se desenvolve em produtos armazenados deterioráveis, entre os quais destacam-se os frutos secos, grãos, farelos, farinhas e rações. Tais características possibilitam a dispersão em todas as fases do ciclo, principalmente durante o transporte de contêineres preenchidos com commodities agrícolas (BLANC et al., 2006).

O *L. serricorne* é o principal inseto que ataca o cacau armazenado e, é comum observar a presença do besouro em depósitos que armazenam cacau por período maior que 45 dias. Umidade inadequada, porcentagem de impureza junto ao grão no momento do armazenamento, ação de pragas e temperatura em torno de 30°C (HAGSTRUM & SUBRAMANYAM, 2006) estão entre as principais causas da deterioração dos grãos durante a armazenagem. É considerada praga primária externa, pois é capaz de romper a parede externa dos grãos íntegros e sadios para atingir o endosperma. Nesse caso, a praga se alimenta da porção externa do grão, podendo alimentar da parte interna após o rompimento da externa (FARONI et al., 2006).

Outro inseto-praga importante é o besouro castanho (*Tribolium castaneum*) (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae), cuja praga pode causar perdas em diversos produtos armazenados, que alimenta tanto as larvas quanto aos adultos, incluindo cereais e seus produtos, nozes, especiarias, café, cacau, frutas secas e ocasionalmente oleaginosas (PERREIRA, 2006). A infestação destes insetos causa odor desagradável devido a secreção de benzoquinona de glândula abdominal. Esses insetos estão entre as pragas mais importantes em produtos armazenados, principalmente em farinhas e grãos de cereais, causando consideráveis perdas; esta espécie possui altos índices de crescimento populacional registrados para produtos armazenados (ASTUTI et al., 2020).

O *T. castaneum* é um inseto-praga secundário, pois se desenvolve exteriormente

aos grãos e se alimenta destes quando previamente danificados pelas pragas primárias, ou quando trincados, quebrados, com defeitos na casca e com infecção fúngica, podendo também se alimentar dos resíduos dos grãos.

Métodos de Controle

Alguns fatores impossibilitam o controle de pragas de produtos armazenados, pois podem contaminar os produtos, descaracterizar o sabor, aroma e coibir ação de insetos benéficos à conservação dos produtos (FARONI et al., 2006). Existem tratamentos físicos, químicos e biológicos para o controle e combate de insetos-pragas de armazenamentos.

O tratamento químico é feito por meio de fumigação, com fosfina (PH₃), o mais utilizado no Brasil para controlar os insetos-praga de produtos armazenados. O uso contínuo e indiscriminado desde a década de 70 tem ocasionado, porém, o surgimento de populações resistentes em várias regiões do País. Lorini et al. (2007); Agrafioti et al. (2019) e Pimentel et al. (2007) constataram que população de *T. castaneum* coletada no município de Bom Despacho, MG, foi 186 vezes mais resistente que a população padrão de susceptibilidade, coletada no município de Água Boa, MT. Ainda na classe dos produtos químicos destaca-se o uso inseticidas protetores, aplicados em grãos armazenados no Brasil, como os piretróides deltametrina, bifentrina e permetrina, e os organofosforados pirimifós-metílico, fenitritiona e malationa (FARONI et al., 2006).

Outro método é a fumigação com ozônio (O₃). Por ser oxidante, o ozônio é altamente tóxico para fungos, bactérias, vírus, protozoários e insetos. Basicamente, o ozônio atua promovendo danos às membranas celulares ou desencadeando a morte celular em diversos organismos vivos mediante estresse oxidativo (OLIVEIRA et al., 2003).

As primeiras investigações com ozônio em insetos-praga de produtos armazenados, só foi publicada no início dos anos 1980, onde foram realizados estudos prévios sobre a toxicidade do ozônio (45 ppm) para larvas, pupas e adultos de *T. castaneum* (PEREIRA, 2006).

Algumas das vantagens do ozônio no controle de insetos pragas são: a) pode ser gerado no próprio local de uso; b) altamente viável economicamente; c) ausência de resistência cruzada com a fosfina; d) apresenta alta toxicidade para os insetos em temperaturas comuns em regiões de clima tropical; e) não modifica a qualidade dos grãos (PEREIRA, 2006).

Com relação ao controle biológico, um dos mais importantes predadores em grãos armazenados é o ácaro *Cheyletus eruditus* (Schränk), comum em ambientes de armazenamento e ampla distribuição geográfica. Esse ácaro pode se alimentar de fases jovens de insetos, além de diversos outros ácaros-praga, como *Acarus siro* L. (FARONI et al., 2006).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* e a vespa *Anisopteromalus calandrae* são potenciais inimigos naturais de insetos-praga de grãos armazenados. Por exemplo,

A. lacunatus apresenta elevado potencial de parasitismo sobre ovos de *Rhyzopertha dominica*, enquanto, *A. calandreae* é um importante parasitóide de larvas deste coleóptero (OLIVEIRA et. al., 2003). Uma das restrições ao controle biológico em armazenamento é a possível contaminação dos produtos por fragmentos dos próprios agentes depois de mortos. Outra desvantagem é que os inimigos naturais, na maioria das vezes, só aparecem em números significativos após algum produto ter sido infestado e danos sérios já terem ocorrido. (SCHOLLER, 1998).

Outro controle é a base de inseticidas botânicos, destaque para os óleos essenciais (EOs), de citronela (*Cymbopogon* spp.), piperáceas e eucaliptos. Vale lembrar que extratos botânicos, aquosos e etanólicos de folhas e sementes do neem (*Azadirachta indica*), repelem espécies de *T. castaneum*, *T. granarium* e *R. dominica* (FARRONI et. al., 2006).

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a quantidade de insetos da ordem Coleoptera que foram identificados nesta pesquisa, e a importância destes para a cacauicultura brasileira, e apesar de muitos pesquisadores dedicarem seus estudos a insetos praga do cacau, o referido estudo não identificou muitos trabalhos com o uso do controle microbiano nas referidas pragas estudadas.

A metodologia de controle dos besouros que atacam o cacau ainda está muito baseada nos inseticidas químicos, com necessidade de pesquisas e produtos comerciais de base microbiana, bem como a utilização de inimigos naturais, como os parasitóides e predadores. Os métodos existentes ainda são poucos conhecidos e divulgados aos produtores. Identificamos a necessidade de que a prática e adoção do controle biológico precisa ser mais difundida, em todas as áreas tradicionalmente produtoras de cacau no Brasil.

REFERÊNCIAS

AGRAFIOTI, P.; ATHANASSIOU, C.G.; NAYAK, M.K. Detection of phosphine resistance in major stored-product insects in Greece and evaluation of a field resistance test kit. **Journal of Stored Products Research**, v. 82, p. 40-47, 2019.

ALVES-JUNIOR, M.; CELESTINO FILHO, P.; AUGUSTO, S. G. **Ocorrência de insetos nocivos, inimigos naturais e avaliação do nível de doenças em sistema roça sem queimar de produção de cacau**. Cadernos de Agroecologia – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF, v. 13, n. 1, jul, 2018.

ARAUJO, A; BOSCHILIA, S. M.; SILVA, M. M. **Cultura do cacau na Amazônia paraense: implantação, manejo e consórcio com espécies nativas**. Belém: GCOM Gráfica e editora, p. 71, 2020.

ASTUTI, L. P.; LESTARI, Y. A.; RACHMAWATI, R.; MUTALA'LIAH. Preference and development of *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) on whole grain and flour form of five corn varieties. **Biodiversitas**, East Java, Indonesia, p. 21, 2020.

- BLASER, W.J., OPPONG, J., YEBOAH, E.; SIX, J. Shade Trees Have Limited Benefits for Soil Fertility in Cocoa Agroforests. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 243, p. 83-91, 2017.
- BRAGA, D.P.P; GANDARA, F.B; GONÇALVES, E.T; NACHTERGAELE, M.F. Sistemas agroflorestais com cacau: conceitos e motivações. Piracicaba - SP: Imaflora, p. 28, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cacau do Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. – Brasília: MAPA/CEPLAC, p. 12, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cartilha de boas práticas na lavoura cacaueira no estado do Pará**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. – Belém: MAPA/CEPLAC, p. 64, 2020.
- CEPLAC/SUEPA. **Manual técnico do cacaueiro para a Amazônia brasileira**. Belém, PA. p. 180, 2013.
- CONESA, Alfred. Du cacao et des hommes: Voyage dans le monde du chocolat. **Sète: Nouvelles Presses du Languedoc**, 2012.
- COSTA, F. A., CIASCA, B.S., CASTRO, E.C.C., BARREIROS, R.M.M., FOLHES, R.T., BERGAMINI, L.L., SOLYNO SOBRINHO, S.A., CRUZ, A., COSTA, J. A., SIMÕES, J., ALMEIDA, J.S., SOUZA, H.M. Bioeconomia da sociobiodiversidade no estado do Pará. Brasília, DF: **The Nature Conservancy (TNC Brasil)**, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Natura, IDB- TN-2264, 2021.
- D'ARCE, M. A. B. R. **Pós-colheita e armazenamento de grãos**. Texto compilado para a disciplina LAN 2444 - Tecnologia de Produtos Agropecuários II. Acesso em 18 de junho de 2017.
- DAND, R. The International Cocoa Trade. **Elsevier Ltd.**, Amsterdam, 2011.
- DIAS, L.A.S. Origem e dispersão de *Theobroma cacao* L.: um novo cenário. In: DIAS, L.A.S. (Ed.). **Melhoramento genético do cacaueiro**. Viçosa: Funape, p.81-127, 2001.
- EMARC/CEPLAC. **Culturas Regionais (cacau)**, Curso técnico de Agropecuária da EMARC – Itapetinga, BA. 1990.
- FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos praga de produtos armazenados. In: ALMEIDA, F.A.C.; DUARTE, M.E.M.; MATA, M.E.R.M.C. **Tecnologia de Armazenagem em sementes**. Campina Grande: UFCG, p. 371-402, 2006.
- FIORAVANTI, C. H.; VELHO, L. Fungos, fazendeiros e cientistas em luta contra a vassoura-de-bruxa. **Sociologias**. Porto Alegre, ano 13, n. 27, p. 256- 283, mai./ago, 2011.
- FOLHES, R. T.; SERRA, A. B. Os efeitos da concorrência de trajetórias tecnológicas na economia cacaueira paraense sobre as promessas de sustentabilidade do setor: um estudo a partir da transamazônica, Pará, Brasil. **Paper do NAEA**, v. 1, n. 1 (Edição 555), p.1–23, 2023.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ, p. 920, 2002.

GUIMARÃES, R.; SILVA, J.C.P.; MEDEIROS, F.H.V. Mercado de produtos biológicos: Uma visão atual da aplicação no território brasileiro. Lavras – MG. **Simpósio internacional de manejo de doenças de plantas fitossanidade no agronegócio tropical**, 2019.

HAGSTRUM, D. W.; SUBRAMANYAM, B. Fundamentals of storedproduct entomology. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, p. 300, 2006.

HAINES, C. P. (Ed.). **Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification**. 2. ed. Chatham, Kent: Natural Resources Institute, p. 246, 1991.

HASHEM, M. Y.; AHMED, S. S.; EL-MOHANDES, M. A.; GHARIB, M. A. Susceptibility of different life stages of saw-toothed grain beetle *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) to modified atmospheres enriched with carbon dioxide. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 46-51, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006/2017: Estabelecimentos e Produtores Agropecuários**. Eletrônica, 2017. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_estabelecimentos_agropecuarios.pdf>. Consultado em <agosto/2023>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <Tabela 1618: Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras (ibge.gov.br)>. Consultado em: <agosto/2023>.

INFOAMAZONIA. A história do cacau na Amazônia da chegada ao Brasil à alternativa para a bioeconomia local. Por Adele Santelli. Disponível em <A história do cacau na Amazônia da chegada ao Brasil à alternativa para a bioeconomia (infoamazonia.org)> Consultado em <novembro/2023>.

LAKER, H. A.; TREVISAN, O.; BEZERRA, J. L. Fungi associated with pods of cocoa *Theobroma cacao* L. attacked by the borer *Conotrachelus humeropictus* Fielder in Rondonia State, Brazil. **Tropical Agriculture**, v. 70, n. 4, p.332 -336, 1993.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento** – série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2009. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 73)

MACEDO, T. B.; BASTOS, C. S.; HIGLEY, L. G.; OSTLIE, K. R.; MADHAVAN, S. Photosynthetic responses of soybean to soybean aphid (Homoptera: Aphididae) injury. **Journal of Economic Entomology**. College Park MD, v. 96, p. 188-193, 2003.

MENDES, A. C. B.; GARCIA, J. J. S. Biology of the cacao beetle, *Striatostoma breve* (Coleoptera, Cerambycidae). **Revista Theobroma**, v. 14, n. 1, p. 61-68, 1984.

MENDES, A. C. B.; MAGALHÃES, B. P.; OHASHI, O. S. Biologia de *Conotrachelus humeropictus* Fieldler, 1940 (Coleoptera, Curculionidae), praga do cacauzeiro e do cupuaçuzeiro na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 27, p.135 – 144, 1997.

MENDES, A. C. B.; MAGALHÃES, B. P.; OHASHI, O. S.; BASTOS, C. N. Infecção de *Conotrachelus humeropictus* FIEDLER (coleoptera: curculionidae) por *Betarhizium anisopliae* (METSCH.) SOR. E *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. no solo. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 4, 2000.

MENDES, A. C.; RIBEIRO, N. C.; GARCIA, J. J. S.; TREVISAN, O. Danos de *Conotrachelus humeropictus* Fieldler, 1940 (Coleoptera, Curculionidae): nova praga do cacau na Amazônia brasileira. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 17, p.19 – 28, sup I., 1988.

MENDES, F.A.T; MULLER, M.W; ALBUQUERQUE, P.S.B. **Cartilha de boas práticas na lavoura cacaueira no estado do Pará**. Belém – PA. Mapa/CEPLAC, p. 64, 2020.

NAKAYAMA e ENCARNAÇÃO. Principais pragas do cacau e seu controle.p.135-185. VALLE, R. R. **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. Brasília, DF: Ceplac/Cepec/Sefis. 2ª edição. 2012.

NAKAYAMA, K; VIEIRA da ENCARNACAO, A.M. Principais pragas do cacau e seu controle. **Ciencia, Tecnologia e Manejo do Cacau**. CEPLAC/CEPEC, Itabuna, Bahia, Brasil, p.135-160, 2012.

OLIVEIRA, B.; ASSIS, P. R. Do cacau ao chocolate: uma análise dos desafios encontrados por empreendedores do ramo da agroindústria do cacau no sul da Bahia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.9., n.09, p. 18, 2023.

OLIVEIRA, C. R. F. de, L. R. A. FARONI, R. N. C. GUEDES & A. PALLINI. Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. *Biocontrol* n. 48, p. 503-513, 2003.

PACHEPSKY, L. B.; ACOCK, B. A model 2DLEAF of leaf gas Exchange: development, validation, and ecological application. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 93, p. 1-18, 1996.

PEREIRA, J. L; CRUZ, P. F. N. da. **Novas técnicas no controle de doenças e pragas do cacau**. Ilhéus, BA. CEPLAC/MA, Boletim Técnico 124, p. 23, 1984.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R. **Identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados a produtos armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.

POMPEU, A. J. S. As drogas do sertão na Amazônia colonial e a construção de um modelo de economia Atlântica-sertaneja (séculos XVII e XVIII). **Locus: Revista de História**, Juiz de Fora, v. 29, n. 1, 2023.

PONTES, R.G.M.S; PRAÇA, L.B; SILVA, E.Y.Y; MONTALVÃO, S.C.L; MARTINS, E.S; SOARES, C.M.S; QUEIROZ, P.R. **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* para uso na agricultura**. Brasília – DF. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2018.

RENZI, A; HENZ, A.P; ZIDORA, C.B.M; SHIKIDA, P.F.A. Evolução do controle biológico de insetos e pragas no setor canavieiro: uma análise na perspectiva econômica. Maringá – PR. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 2019.

SAITO, S. Entendendo o Relatório de Classificação de Amêndoas. 6p. 2019. Disponível em < Nota_tecnica_1_Como_e_feita_a_classificacao_no_CIC.pdf (pctsb.org) > Consultado em <setembro/2023>.

SÁNCHEZ, RAÚL E. M. **Cacau e graviola: descrição e dano das principais pragas-de-insetos**/ Raúl E. M. Sánchez. Ilhéus: Editus, p. 147, 2011.

SCHOLLER, M. **Integration of biological and non-biological methods for controlling arthropods infesting stored products**. *Postharv. News Inf*, n. 9, p. 15-20, 1998.

SERMEÑO-CHICAS, J. M.; PÉREZ, D.; SERRANO-CERVANTES, L.; PARADA-JACO, M. E.; JOYCE, A. L.; MALDONADO-SANTOS, E. J.; ALVANES-LEIVA, Y. de los; RODRÍGUEZ-SIBRIÁN; GIRÓN-SEGOIVA, C. D.; GRACÍA-SÁNCHEZ, D. A.; HERNÁNDEZ-LEÓN, C. E.; RIVAS-NIETO, F.; RIVERA-MEJÍA, F. A.; PARADA-BERRÍOS, F. A.; RODRÍGUEZ-URRUTIA, E. A.; VÁSQUEZ-OSQUEDA, E. A.; LOVO-LARA, L. M. Insectos como plagas potenciales del cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Salvador. **Revista Minerva**, San Salvador, El Salvador, C.A., v. 2, n. 2, p. 117-134, julio-diciembre, 2019.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cacau: produção, manejo e colheita** / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Brasília: Senar, 2018

SIMI, L. D.; Leite, L. G.; TREVISAN, O.; COSTA, J. N. M.; OLIVEIRA, L. E.; SCHMIDT, F. S.; BUENO, R. N. S.; BATISTA FILHO, A. **Mortality of *Conotrachelus humeropictus* in response to combined application of the nematode *Steinernema brazilense* and the fungus *Beauveria bassiana*.** AGRICULTURAL ENTOMOLOGY / SCIENTIFIC ARTICLE. Arq. Inst. Biol., v. 85, p. 1-9, 2018.

SODRÉ, G. A. A espécie *Theobroma cacao*: novas perspectivas para a multiplicação de cacauero. **Revista Brasileira Fruticultura**. Jaboticabal, v. 29, n. 2, 2007.

SODRÉ, G. A. **Cultivo do Cacauero no estado da Bahia**. Ilhéus, BA, MAPA/Ceplac/Cepec. p. 126, 2016.

SOUZA, C. A. S.; PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; COELHO, R. L.; GASPARINI JUNIOR, A. J.; CAO, J. R.; BRAGA, T. Z.; SIQUEIRA, P. R. Influência do silício sobre o crescimento, a fluorescência da clorofila a e na incidência de insetos pragas em genótipos de cacau. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 1, n. 24, p. 31–40, 2012.

TAVARES, M. G. C. (Orgs.). **Cidades ribeirinhas na Amazônia: mudanças e permanências**. Belém: EDUFPA, 27- 47 p., 2008.

THOMAZINI, M. J. **A broca do cupuaçuero, *Conotrachelus Humeropictus* FILDER**. Comunicado Técnico 113, EMBRAPA, p. 4, 2000 .

TREVISAN, O. Comportamento da broca dos frutos do cacau *Conotrachelus humeropictus* Fieldler, 1940 (Coleoptera, Curculionidae) em Rondônia. 57 f. **Dissertação (Mestrado)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

TREVISAN, O. Dinâmica populacional de *Monalonion annulipes* Signoret, 1858 (Hemiptera: Miridae) em cacaueros de Ariquemes, RO. 60 f. **Tese (Doutorado)** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

TREVISAN, O. Manejo de pragas do cacauero. In: SILVA NETO, P. J.; MATOS, P. G. D de. MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. **Manual técnico do cacauero para a Amazônia brasileira**. Belém, CEPLAC/SUEPA, p. 72-96, 2013.

TREVISAN, O.; RODRIGUES, M. A. C. M.; MOURA, J. I. L.; LEMOS, W. P.; COSTA, ZUCCHI, R. A. (Ed.) **Pragas Agrícolas E Florestais na Amazônia**. – Brasília, DF: Embrapa, p. 74-93, 2016.

TREVISAN, O.; LEITE, L. G.; PEREIRA, F. P.; OLIVEIRA, L. E. Longevidade e comportamento de *Conotrachelus humeropictus* (Coleoptera, Curculionidae) broca dos frutos de cacau e do cupuaçu. In: Simpósio de Controle Biológico, 13, Bonito. Resumos... Bonito: SEB, CD-ROM, 2013c.

TREVISAN, O; MENDES, A. C. B. Ocorrência de *Conotrachelus humeropictus* Fieldler, 1940 (Coleoptera, Curculionidae) em frutos de cupuaçu *Theobroma grandiflorum* Schum (Sterculiaceae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 13, Recife. Resumos... Recife: SEB, v. 1, p. 137, 1991.

TREVISAN, O; MOURA, J. I. L.; DELABIE, J. H. B.; MENDES, A. C. B. Manejo das pragas do cacau da região amazônica. In: VALLE, R. E. (Ed.) **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**. 2 ed. Itabuna: CEPLAC, p. 161- 185, 2012b.

VALENTE, Andréa de Melo. Estudo da potencialidade de registro de indicação geográfica a produção de cacau no município de Medicilândia/PA. **Dissertação (Mestrado)**. PPGEDAM/ NUMA/ UFPA, Belém – PA, 2012.

VÉLEZ ÁNGEL, R. **Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado**. 2da Edición, Ciencia y tecnología, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 478p, 1997.

VENTURIERI, A., OLIVEIRA, R.R.S., IGAWA, T.K., FERNANDES, K.A., ADAMI, M., OLIVEIRA JÚNIOR, M.C.M., ALMEIDA, C.A., SILVA, L.G.T., CABRAL, A.I.R., PINTO, J.F.K.C., MENEZES, A.J.A. AND SAMPAIO, S.M.N.

The Sustainable Expansion of the Cocoa Crop in the State of Pará and Its Contribution to Altered Areas Recovery and Fire Reduction. **Journal of Geographic Information System**, n. 14, p. 294-313, 2022.

VIANA, A. L. N. A travessia dos saberes tradicionais Amazônicos: um estudo centrado na cultura do cacau de várzea no Território do Baixo Tocantins – PA. 140 f. **Dissertação (Mestrado)**. PPGEDAM/ NUMA/ UFPA, Belém – PA, 2020.

RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO EM ÁREAS SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO PECUÁRIA

Data de submissão: 16/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Everton Martins Arruda

Universidade do Estado de Mato Grosso
Nova Xavantina – Mato Grosso

Rômulo Augusto de Assis Júnior

Universidade do Estado de Mato Grosso
Nova Xavantina – Mato Grosso

Silvio Yoshiharu Ushiwata

Universidade do Estado de Mato Grosso
Nova Xavantina – Mato Grosso

Renata Rossi Del Carratore

Universidade do Estado de Mato Grosso
Nova Xavantina – Mato Grosso

Marcos Paulo dos Santos

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
Nova Andradina – Mato Grosso do Sul

Risely Ferraz Almeida

Universidade do Estado da Bahia
Conceição do Coité – Bahia

Kevein Ruas Oliveira

Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho
Jaboticabal – São Paulo

Dhiego César Oliveira Riva Neto

Universidade Estadual Paulista
Ilha Solteira – SP

RESUMO: A compactação do solo é um problema que reduz a porosidade do solo, impactando negativamente a circulação de ar, água e o fluxo de nutrientes, além de dificultar o crescimento radicular das espécies forrageiras. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência do solo à penetração em áreas sob sistemas de produção em atividade pecuária. Foram estudadas cinco áreas com os usos do solo com: (i) *Urochloa brizantha* (Braquiária brizantha; Braquiário), (ii) *Urochloa humidicola* (Braquiária humidícola; Quicuí), (iii) *Megathyrus maximus* (BRS Zuri), (iv) área em conversão para agricultura com o primeiro ano de produção de soja, (v) área de Cerrado natural. O monitoramento foi baseado em quatro repetições. Nas áreas monitorou a qualidade física do solo usando a resistência do solo à penetração nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Resultados demonstraram que as áreas de *Megathyrus maximus*, soja em primeiro ano e o Cerrado apresentaram baixos valores de resistência do solo a penetração, indicando ausência de compactação. A área de *Urochloa brizantha* demonstrou altos valores de resistência do solo a penetração nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm, enquanto que a área de *Urochloa humidicola*

apresentou altos valores de resistência à penetração somente na camada 40-60 cm. Com base nos resultados, conclui que as áreas de *Urochloa* apresentam sinais de compactação do solo, podendo resultar em limitações ao crescimento radicular, à absorção de nutrientes e ao desenvolvimento de espécies forrageiras.

PALAVRAS-CHAVE: Compactação; Pisoteio Animal; Pastagens; Forrageiras.

SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN AREAS UNDER LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT: Soil compaction is a problem that reduces soil porosity, negatively affecting air and water circulation and nutrient flow, as well as hindering the root growth of forage species. Therefore, the objective of this research was to evaluate soil penetration resistance in areas under production systems involving livestock. Five areas with different soil/land uses were studied: (i) *Urochloa brizantha* (*Brachiaria brizantha*; Braquiaraão), (ii) *Urochloa humidicola* (*Brachiaria humidicola*; Quicuí), (iii) *Megathyrsus maximus* (BRS Zuri), (iv) an area transitioning to agriculture with the first year of soybean production, and (v) a natural Cerrado area. Sampling was based on monitoring each area four times (four repetitions). The physical quality of the soil was assessed in these areas using soil penetration resistance at the following depths: 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm. Results showed that the *Megathyrsus maximus*, first-year soybean, and natural Cerrado areas had low soil penetration resistance values, indicating no compaction. The *Urochloa brizantha* area exhibited high soil penetration resistance values at depths of 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm, while the *Urochloa humidicola* area showed high penetration resistance values only at the 40–60 cm layer. Based on these results, it is possible to conclude that the *Urochloa* area showed signs of soil compaction, which may result in limitations to root growth, nutrient uptake, and the development of forage species.

KEYWORDS: Compaction; Animal trampling; Pastures; Forage.

1 | INTRODUÇÃO

A atividade pecuária demanda de análises detalhadas no sistema de produção para garantir um aproveitamento máximo das forrageiras e evitar perdas significativas de produtividade. Entre os desafios que se destacam, a compactação dos solos tem sido preocupante, sendo importante adotar estratégias de manejo para mitigar os efeitos negativos, buscando evitar a ocorrência em níveis prejudiciais (REICHERT et al., 2007).

A compactação do solo é um problema que ocorre quando há uma diminuição na porosidade do solo, resultando na redução do espaço para circulação de água, ar e nutrientes. Esse fenômeno pode ser causado por uma série de fatores, incluindo o tráfego de máquinas e implementos de forma inadequada, além do pisoteio dos animais (BITENCOURT JUNIOR et al., 2021).

As áreas de pastagens podem ser afetadas pela compactação do solo de várias maneiras, dependendo de fatores como o manejo do pasto, o tipo de solo e as condições

climáticas (GURGEL et al., 2020). A compactação ocorre quando a pressão exercida sobre o solo é maior do que a capacidade do solo de suportar a pressão, resultando em diminuição do espaço poroso (SILVA; CABEDA, 2006).

O pisoteio constante de animais, como os bovinos podem contribuir para a compactação do solo, especialmente em áreas de pastejo intensivo. Essas atividades afetam diretamente a estrutura do solo, comprimindo os espaços porosos e reduzindo a capacidade de retenção de água, circulação de ar e troca de nutrientes (VZZOTTO et al., 2000).

Outro ponto importante é quando há um excesso de animais em uma determinada área, podendo ocorrer o que denominamos de superpastejo, no qual os animais consomem a vegetação de forma intensa e contínua, deixando pouca cobertura vegetal no solo. Isto resulta em aumento da pressão exercida pelos cascos dos animais sobre o solo, levando à compactação e à degradação da estrutura (NERY et al., 2017).

A identificação da compactação do solo pode ser realizada por meio do uso do penetrômetro de impacto (CORDEIRO et al., 1998). Este equipamento consiste em uma haste metálica com um cone na extremidade inferior, que é inserida verticalmente no solo com um golpe de impacto. A profundidade até onde o cone penetra no solo é registrada e utilizada como uma medida da resistência do solo à penetração (STOLF et al., 2014).

A compactação do solo representa um risco para produtividade dos animais na pecuária, as perdas são representadas pela redução na produção de biomassa e menor qualidade nutricional das forrageiras, prejudicando o ganho de peso e reduzindo a taxa de lotação. A compactação do solo pode até levar à degradação das pastagens, tornando-as mais suscetíveis à erosão e ao surgimento de plantas invasoras (LANZANOVA et al., 2007; TASSI et al., 2021).

O solo compactado também dificulta a penetração das raízes das forrageiras, limitando o acesso aos nutrientes e a água disponível no solo. Isso pode resultar em um sistema radicular superficial e menos desenvolvido, o que torna as plantas mais vulneráveis a condições de estresse, como períodos de seca ou chuvas intensas (SOUZA et al., 2020).

Diante dessas informações é necessário conhecer as modificações físicas que podem ocorrer nos solos em relação ao manejo adotado. Estas pesquisas são importantes para prevenir possíveis reduções de produtividade das forrageiras no bioma Cerrado. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência do solo à penetração em áreas sob sistemas de produção em atividade pecuária.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em março de 2023, na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT, situada entre as coordenadas 13°53'44" sul e longitude 52°17'10" oeste, com altitude de 350 m. O clima local é classificado como tropical e possui duas estações bem

definidas (verão chuvoso e inverno seco). O índice pluviométrico anual varia entre 2000 a 2200 mm e a temperatura média anual é de 30 °C. Esta região pertence ao bioma Cerrado. O solo desta propriedade é um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2018).

Foram avaliadas cinco áreas na propriedade rural, apresentando os respectivos sistemas de produção pecuária: (i) *Urochloa brizantha* (Braquiária brizantha; Braquiarão), (ii) *Urochloa humidicola* (Braquiária humidícola; Quicuio), (iii) *Megathyrus maximus* (BRS Zuri), (iv) área em conversão para agricultura com o primeiro ano de produção de soja, (v) área de Cerrado natural, em quatro repetições por área, conforme Tabela 01:

Área de estudo	Histórico de uso e manejo
<i>Urochloa brizantha</i>	Esta pastagem apresentava sinais de degradação, alta taxa de lotação de animais (4 UA/hectare), ausência de correção da acidez do solo e adubação ao longo dos anos. Não houve preparo de solo e a última reforma da pastagem ocorreu a aproximadamente 10 anos. A criação é de animais da raça Nelore em sistema extensivo de produção e a atividade explorada é da fase cria. A área possui cerca de 98 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
<i>Urochloa humidicola</i>	Esta pastagem apresentava boa oferta da forrageira, baixa taxa de lotação animal (0,5 UA/hectare), ausência de correção da acidez do solo e adubação ao longo dos anos. Não houve preparo de solo e a reforma da pastagem ocorreu a aproximadamente 10 anos. A criação é de animais da raça Nelore em sistema extensivo de produção e a atividade explorada é da fase cria. A área possui cerca de 60 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
<i>Megathyrus maximus</i>	Esta pastagem apresentava boa oferta da forrageira. A taxa de lotação animal de 1 UA/hectare. É realizada adubação anual com fertilizante mineral N-P-K aplicados a lanço. A criação é de animais com aptidão para pecuária leiteira da raça girolando e também animais mestiços em fase de recria. A área possui cerca de 20 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
Cerrado	É uma área destinada para conservação ambiental, contendo vegetação natural preservada com espécies predominantes do bioma Cerrado. Está área não apresentava interferência antrópica. A área possui cerca de 40 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila
Soja (1º ano)	É uma área em primeiro ano de produção de grãos de soja. Anteriormente estava em pastagens de <i>Urochloa brizantha</i> em sinais de degradação. Foi realizado o preparo do solo utilizando uma grade de 34 polegadas, em seguida foi realizada aplicação de 4 toneladas de calcário calcítico e 3 toneladas de calcário dolomítico. A área possui cerca de 80 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.

Tabela 01: Histórico de uso e manejo do solo em áreas de sistemas de produção pecuária na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Para realização da coleta dos dados, utilizou-se um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf. A profundidade em que o penetrômetro foi inserido no solo é de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. O peso do aparelho que provoca a penetração foi de 4 kg, tendo uma queda livre de 400 mm. A penetração no solo é lida na própria haste do penetrômetro, que é graduada em centímetros. A grandeza definida para estimar a compactação do solo por meio da Resistência do solo a penetração é o MPa.

A conversão dos dados para MPa teve sua estimativa de acordo com as recomendações de penetrometria, conforme recomendações de Stolf (1983). Os índices de resistência à compactação do solo são classificados de acordo com Staff (1993) da

seguinte maneira: extremamente baixa < 0,01, muito baixa 0,01 a 0,1, baixa 0,1 a 1,0, moderada 1,0 a 2,0, alta 2,0 a 4,0, muito alta 4,0 a 8,0 e extremamente alta > 8.

Para fazer a coleta das amostras de umidade do solo utilizou-se um trado holandês para coletar amostras de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Em cada tratamento foram coletadas quatro amostras de solo das profundidades citadas, em seguida colocou-se as amostras de cada profundidade em um balde, realizou-se a homogeneização destas amostras, e logo após estas foram colocadas em sacos plásticos para levar até o laboratório.

No laboratório, utilizou-se uma balança analítica para mensurar a massa seca do solo em copos de alumínio, que posteriormente foram tarados e identificados. Foram designadas 100 gramas de amostras úmidas nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm de cada tratamento para efetuar a pesagem; em seguida, as amostras de solos foram colocadas em uma estufa a 105° durante 24 horas, e após esse período as amostras foram retiradas da estufa e submetidas a uma nova pesagem, para quantificar o peso do solo seco. Depois da pesagem foram realizados os cálculos de umidade do solo (LIER, 2010), conforme Tabela 02.

Profundidade (cm)	Sistemas de Cultivo				
	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa humidicola</i>	<i>Megathyrus maximus</i>	Soja 1º ano	Cerrado
0 – 20	16,5	20,3	24,6	23,2	17,0
20 – 40	21,4	20,1	20,9	23,8	17,2
40 – 60	23,0	20,9	22,0	23,0	17,5

Tabela 02: Umidade do solo (%) em áreas de produção de forrageiras, soja em primeiro ano e Cerrado natural na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (Teste de F) e quando os resultados apresentaram diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR (Sistema de Análises Estatísticas, versão 5,6) (FERREIRA, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de Resistência do Solo à Penetração (RP) oscilaram entre 0,9 a 3,1 MPa, apresentando diferenças significativas tanto para comparações entre as profundidades do solo como em relação aos sistemas de produção pecuária (Figura 01).

A área de conversão para soja em primeiro ano de cultivo apresentou os menores valores de RP (0,9 MPa) entre os tratamentos para profundidade de 0-20 cm, embora não tenha demonstrado diferença significativa em comparação com a área de *Megathyrus maximus*. No entanto, a área de soja em primeiro ano diferiu das áreas de *Urochloa*

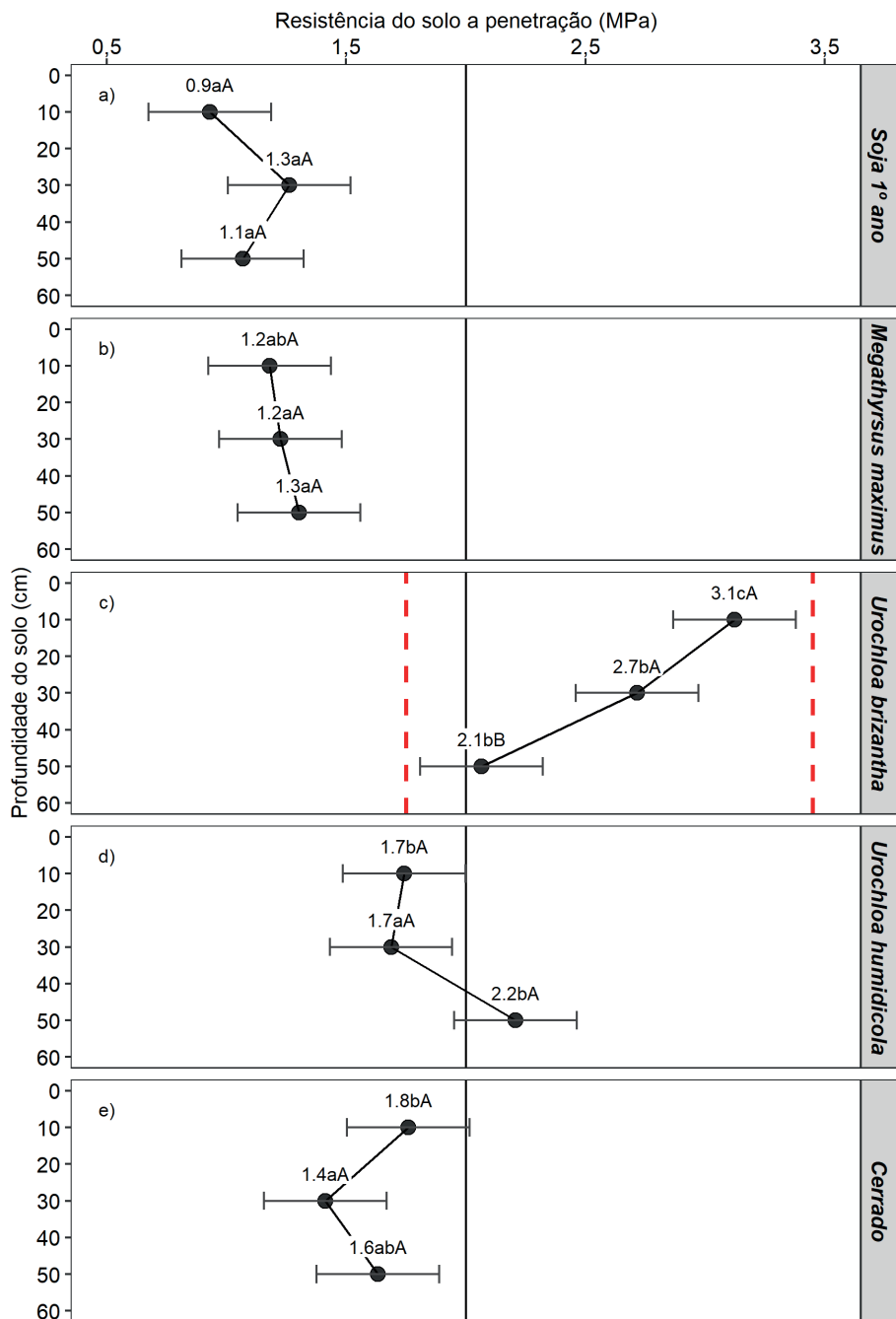
brizantha, *Urochloa humidicola* e Cerrado natural, indicando que em comparação com essas áreas, no cultivo de soja em primeiro ano ocorreu menor compactação do solo.

Os valores de RP observados na área de soja de primeiro ano são decorrentes das práticas agrícolas empregadas, incluindo o manejo do solo como a gradagem, pois o revolvimento do solo reduz os valores de RP, resultando em menor compactação do solo. Após a colheita da soja, foi realizada a segunda safra com semeadura de milho e *Urochloa ruziziensis*, contribuindo com a adição de palhada no solo por meio dos restos de colheita e das plantas de cobertura.

As práticas de manejo do solo como a gradagem e o controle de tráfego de máquinas são práticas recomendadas para manter a estrutura do solo favorável ao crescimento das raízes (STEFANOSKI et al., 2013; SOUZA et al., 2020). Também tem sido relatado que a adoção do sistema de plantio direto, rotação de culturas com o uso de gramíneas e a correção da acidez do solo têm contribuído para baixos valores de RP (ARRUDA et al., 2024).

De acordo com Embrapa (2016), a inserção do milho nos sistemas de produção agrícola traz benefícios para estrutura do solo, aumentando a porosidade do solo. Essa melhoria na porosidade do solo é importante para o desenvolvimento das raízes, permitindo maior crescimento das plantas. A maior porosidade também facilita a infiltração de água e aeração do solo, fatores que são determinantes para a eficiência do uso da água pelas plantas.

A área de *Urochloa brizantha* apresentou os maiores valores de RP nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, sendo valores de 3,1 e 2,7 MPa, respectivamente, indicando compactação do solo e apresentando diferença estatística em relação aos demais sistemas de produção, conforme a Figura 1.



Letras minúsculas distintas diferem entre si nos sistemas de cultivo.

Letras maiúsculas distintas diferem entre si nas profundidades avaliadas.

Figura 1: Resistência do Solo à Penetração (RP) em áreas de soja 1º ano (A), *Megathyrsus maximus* (Zuri) (B), *Urochloa brizantha* (C), *Urochloa humidicola* (D) e Cerrado natural (E), nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Na área com *Urochloa brizantha* foram verificados sinais de degradação, devido à alta taxa de lotação de animais e à ausência de práticas de manejo, como adubação das forrageiras e pastejo rotacionado, ao longo de aproximadamente dez anos. Esses fatores contribuíram para os elevados valores de RP.

A elevada taxa de lotação animal em áreas de pastagens leva ao superpastejo, que reduz a cobertura vegetal para a proteção do solo contra erosão. A falta de vegetação expõe o solo à erosão hídrica e eólica, removendo a camada superficial rica em nutrientes. O pisoteio animal intensifica a compactação do solo, reduzindo a porosidade e a capacidade de infiltração de água, dificultando o desenvolvimento das raízes das plantas e aumentando o escoamento superficial (LIMA et al., 2023).

A pressão exercida pelo pisoteio animal pode alterar as características do solo quando não se respeita a pressão mínima de pré-consolidação, o que geralmente leva à sua compactação (PARENTE; MAIA, 2011). Esse processo pode resultar em altos níveis de resistência do solo à penetração, os quais são difíceis de reverter e, consequentemente, contribuem significativamente para degradação das pastagens (VZZOTTO et al., 2000).

Na profundidade de 20-40 cm, tivemos quatro tratamentos que não apresentaram diferenças significativas entre si, incluindo a área de soja em primeiro ano, *Megathyrsus maximus*, *Urochloa humidicola* e Cerrado natural.

Na profundidade de 40-60 cm é possível notar que os valores médios de RP variaram de 1,1 até 2,2 MPa, sendo a área de soja no primeiro ano de cultivo e *Megathyrsus maximus* apresentaram valores similares quando comparadas a área de Cerrado natural. Todavia, as áreas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa humidicola* apresentaram valores elevados de RP em torno de 2,1 e 2,2 MPa, respectivamente, os quais ultrapassaram as médias de 2,0 MPa, sendo considerado um alto nível de RP (STAFF, 1993). Ainda que essas áreas sejam consideradas moderadamente compactadas, esses valores indicam um grau de compactação que pode impactar negativamente o desenvolvimento radicular das plantas (LIMA et al., 2023).

Em relação às profundidades de avaliação, não houve diferenças significativas para RP ao comparar as profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm na área de soja de primeiro ano. A ausência de diferenças nestes resultados entre as profundidades pode estar relacionada às práticas de manejo adotadas na área, como o uso de gradagem durante o preparo do solo.

O sistema de produção com *Megathyrsus maximus*, *Urochloa humidicola* e o Cerrado natural também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para RP entre as profundidades de solo 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. A ausência de diferença estatística entre as profundidades nas áreas de *Megathyrsus maximus* e *Urochloa humidicola* podem ser atribuídas a maior oferta de biomassa verde e menor taxa de lotação de animais nestes sistemas de produção. E, na área de Cerrado natural, provavelmente devido ao fato de que está área não é submetida às práticas agropecuárias.

4 | CONCLUSÃO

As áreas de *Megathyrus maximus*, soja em primeiro ano e de Cerrado apresentam baixos valores de resistência do solo à penetração, indicando ausência de compactação.

A área de *Urochloa brizantha* demonstra altos valores de resistência do solo à penetração nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, enquanto que a *Urochloa humidicola* apresenta valores de resistência à penetração elevados somente na profundidade 40-60 cm. Estas áreas apresentam sinais de compactação dos solos e podem resultar em limitações para o crescimento radicular, absorção de nutrientes e o desenvolvimento das espécies forrageiras.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, E. M.; RIBEIRO, R. G.; USHIWATA, S. Y.; SANTOS, M. P.; ALMEIDA, R. F.; SOUZA, M. E.; RIVA NETO, D. C. O.; ZARPELLON, C. S. S. Resistência do solo a penetração em sistemas de produção de soja. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 08, p. 01-15, 2024.

BITENCOURT JUNIOR, D. B.; SUZUKI, L. E. A. S.; PAULETTO, E. A.; BAMBERG, A. L.; NUNES, M. R.; PERAZZOLI, D. Estrutura e água disponível de um Cambissolo submetido a períodos de pastejo rotacionado. **Agroamazon**, v. 1, n. 1, p. 50-59, 2021.

CORDEIRO, D. G.; BATISTA, E. M.; AMARAL, E. F. Utilização do equipamento penetrômetro de cone para identificação dos níveis de compactação do solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro de pesquisa Agroflorestal do Acre**. n. 15. p. 1-2. 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo de Milheto. Sete Lagoas: **EMBRAPA Milho e Sorgo**, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. Rio de Janeiro: **EMBRAPA Solos**, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GURGEL, A. L. C.; SANTANA, J. C. S.; THEODORO, G. F.; DIFANTE, G. S.; ALMEIDA, E. M.; ARCANJO, A. H. M.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; FERNANDES, P. B. Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 1, p. 13-29, 2020.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LIER, Q. J. V. Física do solo. 1 Edição. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

LIMA, A. F. L.; BRITO FILHO, E. G.; CAMPOS, M. C. C.; BONDADE, B. B.; ALMEIDA, R. G.; PINHEIRO, E. N.; CAVALCANTE, E. C.; OLIVEIRA, F. P. Pastagens amazônicas: uma revisão sobre o avanço da pecuária sobre as terras amazônicas. **Revista Valore**, v. 8, p. 37-50, 2023.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SOUSA, A. G.; SANTOS, F. F. C.; NERE, D. E. R. Infiltração da água nos solos cultivados com palma forrageira e pastagem no IFCE campus Crato. **Revista Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 2, n. 1, p. 56-61, 2017.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 03-15, 2011.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 921-930, 2006.

SOUZA, J. F. D.; BONINI, C. S. B.; MATEUS, G. P.; SOUZA, C. T.; PERUSSO, R. L. S.; PEDRO, F. G.; OLIVERIO, G. L. Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020.

STAFF, S. S. Soil survey manual. Washington, **USDASCS. U. S. Gov. Print. Office**, 1993.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Piracicaba: **IAA/PLANALSUCAR**, Boletim n. 1, 1983, 9 p.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F.; MARGARIDO, L. A. C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 774-782, 2014.

TASSI, C. J.; LANZANOVA, M. E.; SOUZA, E. L.; SILVA, D. M.; REDIN, M.; RAMIRES, M. F. Compactação do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**. v. 6, n. 2, p. 1-20, 2021.

VZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 965-969, 2000.

DIAGNÓSTICO HISTOPATOLÓGICO DE CARCINOMA RENAL EM FELINO

Data de submissão: 06/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Adriano Silvio Neto

Elizabeth Dutra Vasconcelos

Danielly Dias Moreira

RESUMO: O carcinoma renal é uma neoplasia rara em pequenos animais com incidência estimada entre 0,2% e 0,5% das neoplasias que afetam felinos. Trata-se de um tumor maligno de origem epitelial, com comportamento infiltrativo e alto potencial metastático. Objetivo: Relatar o caso de um felino diagnosticado com carcinoma renal em rim e ureter direito. A paciente, fêmea, de 15 anos, sem raça definida, 2,9 Kg, castrada, atendida no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Viçosa apresentava sinais clínicos inespecíficos como vômito, diarreia crônica, prostração e emagrecimento progressivo. Inicialmente, foram realizados exames de hemograma, bioquímica sérica para avaliação dos perfis renal e hepático e ultrassonografia abdominal. Os exames laboratoriais e de imagem foram sugestivos de uma massa renal e, portanto, foi realizada a análise do tecido renal. Os achados histopatológicos do rim direito revelaram perda da distinção

entre córtex e medula devido à proliferação neoplásica epitelial maligna expansiva e infiltrativa, composta por células renais organizadas predominantemente em túbulos e ácinos, com citoplasma eosinofílico e pouco delimitado, núcleos com cromatina de frouxa a condensada, pleomorfismo moderado e de um a dois nucléolos proeminentes, sendo essas características compatíveis com carcinoma renal tubular. Na análise histopatológica do ureter direito, observou-se lúmen com proliferação neoplásica epitelial maligna e expansiva, constituída por formações císticas preenchidas por material homogêneo eosinofílico e hemácias moderadas e revestidas por camadas de células epiteliais, que possuíam citoplasma eosinofílico e pouco delimitado, núcleo redondo, cromatina frouxa, um a dois nucléolos proeminentes e pleomorfismo discreto, sendo compatível com carcinoma renal multicístico. Conclui-se que a citologia desempenhou um papel importante ao sugerir uma avaliação mais aprofundada, levando à indicação da cirurgia para remoção do rim e do ureter direitos e a retirada de fragmentos para histopatologia. Portanto, o diagnóstico final da paciente só foi estabelecido de forma conclusiva através

da avaliação histopatológica.

PALAVRAS-CHAVE: Citologia; felino; histopatologia; neoplasia.

ABSTRACT: Renal carcinoma is a rare neoplasm in small animals with an estimated incidence of 0.2% to 0.5% of neoplasms affecting felines. It is a malignant tumor of epithelial origin, with infiltrative behavior and high metastatic potential. Objective: To report the case of a feline diagnosed with renal carcinoma in the right kidney and ureter. A 15-year-old female patient, of mixed breed, weighing 2.9 kg, neutered, treated at the Veterinary Hospital of the Federal University of Viçosa presented nonspecific clinical signs such as nausea, chronic diarrhea, prostration and progressive weight loss. Initially, blood count, serum biochemistry to evaluate renal and hepatic profiles and abdominal ultrasonography were performed. Laboratory and imaging tests were suggestive of a renal mass and, therefore, an analysis of the renal tissue was performed. The histopathological findings of the right kidney revealed loss of distinction between cortex and medulla due to the expansive and infiltrative malignant epithelial neoplastic bone marrow composed of renal cells organized predominantly in tubules and acini with eosinophilic cytoplasm and poorly delimited nuclei with loose to condensed chromatin, moderate pleomorphism and one to two prominent nuclei, these characteristics being compatible with tubular renal carcinoma. In the histopathological analysis of the right ureter, a lumen with expansive malignant epithelial neoplastic was recommended, presented by cystic formations filled with homogeneous eosinophilic material and moderate red blood cells and lined by layers of epithelial cells, which had eosinophilic and poorly delimited cytoplasm, round nucleus, loose chromatin, one to two prominent nuclei and discrete pleomorphism, being compatible with multicystic renal carcinoma. It is concluded that the performance of cytology plays an important role in suggesting a more in-depth evaluation, leading to the indication of surgery to remove the right rim and ureter and the removal of fragments for histopathology. Therefore, the patient's final diagnosis was only conclusively predicted through histopathological evaluation.

KEYWORDS: Cytology; feline; histopathology; neoplasia.

1 | INTRODUÇÃO

O carcinoma renal felino (CRF) é uma neoplasia rara em pequenos animais com incidência estimada entre 0,2% e 0,5% das neoplasias que afetam felinos. Trata-se de um tumor maligno de origem epitelial, com comportamento infiltrativo e alto potencial metastático. O carcinoma renal felino (CRF) é uma neoplasia que pode ocorrer de forma primária ou secundária, sendo a primária do tecido epitelial enquanto a secundária ou metastática a partir de uma formação tumoral (DALECK et al., 2008).

Dos tumores primários o mais comum é o de células renais. O carcinoma de células transicionais, células escamosas, oncocitoma renal e adenoma renal são os mais raros (OSBORNE et al., 1995). O carcinoma epitelial se subdivide em tubular, papilar e sólido, nesta última, apresenta anaplasia das células epiteliais renais (DALECK et al., 2016). O CRF pode acometer igualmente o rim direito ou esquerdo ou ser bilateral (CHEW et al., 2011). Esta enfermidade é raramente encontrada na medicina veterinária felina. Estima-se

que sua prevalência é menor que 1% comparado a outros carcinomas.

O CRF pode ocorrer em todas as raças e sexo, geralmente gatos de meia idade a idosos são mais afetados (CHEW et al., 2011). Os sinais podem ser variados, entre os sinais mais comuns está a anorexia, letargia, depressão, hematúria, sinais neurológicos, distensão abdominal e dor abdominal (HENRY et al., 1999). É possível observar o CRF através de ultrassonografia, o carcinoma apresenta uma massa esférica ou ovoide, geralmente bem demarcada, podendo chegar ao ureter, pelve renal, veias renais e linfáticos hilares podendo causar aderências e formar uma massa intra-abdominal (CHEW et al., 2011; DALECK et al., 2016) Com o crescimento do tumor pode ocorrer metástase no fígado, adrenais e pulmão (DALECK et al., 2016).

2 | RELATO DE CASO

Uma paciente, fêmea, de 15 anos, sem raça definida, 2,9 Kg, castrada, atendida no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Viçosa apresentava sinais clínicos inespecíficos como vômito, diarreia crônica, desidratação, prostração e emagrecimento progressivo. Inicialmente, foram realizados exames de hemograma, bioquímica sérica para avaliação dos perfis renal e hepático e ultrassonografia abdominal. Os exames laboratoriais revelaram alterações como eritrocitose, leucocitose, hiperproteinemia, proteinúria, piúria, bacteriúria e tempo de protrombina aumentado (Figura 1 e 2).

ERITROGRAMA		Referência
		Felino
Eritrócitos	17,1	5 a 10 x10 ⁶ /μL
Hemoglobina	20	8 – 15 g/dL
Hematócrito	59	24 – 45 %
VCM	34,5	39 – 55 fL
CHCM	33,9	31 – 35 g/dL

LEUCOGRAMA			Referência	
			Felino	
Leucócitos totais	20.100		5.500 – 19.500/μL	
	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto
Bastonetes	0	0	0 – 3 %	0 – 300/μL
Segmentados	49	9849	35 – 75 %	2.500 – 12.500/μL
Linfócitos	30	6030	20 – 55 %	1.500 – 7.000/μL
Monócitos	02	402	0 – 4 %	0 – 800/μL
Eosinófilos	19	3819	0 – 12 %	0 – 1.500/μL
Basófilos	0	0	0 – 1 %	0 – 200/μL

Plaquetas	318.000	150.000 a 700.000/μL
-----------	---------	----------------------

Figura 1. Hemograma do paciente felino diagnosticado com carcinoma renal
Fonte: autoria própria (2024)

URINÁLISE

ANÁLISE FÍSICA

Variável	Resultado	Valor de referência*
Cor	Amarelo	Amarelo
Aspecto	Ligeiramente turvo	Límpido
Densidade	>1,050	Cão: 1,020 – 1,045 Gato: 1,020 – 1,050
pH	6,5	5,0 – 7,0

ANÁLISE QUÍMICA

Variável	Resultado	Valor de referência*
Proteína	+++	Negativo a uma +
Corpos Cetônicos	-	Negativo
Leucócitos	++	Negativo
Glicose	-	Normal
Sangue	-	Negativo
Bilirrubina	-	Negativo a uma +

SEDIMENTOSCOPIA

Variável	Resultado	Valor de referência*
Cilindros	Granulosos raros	Hialino até 0,3 por campo
Células epiteliais	raras	–
Bactérias	++	Raras por campo
Leucócitos	42p/C	Até 5 por campo
Hemácias	3p/C	Até 5 por campo
Muco	-	–
Espermatozoides	-	Ausente

Figura 2. Urinálise do paciente felino diagnosticado com carcinoma renal

Fonte: autoria própria (2024)

A ultrassonografia detectou uma massa amorfa e intensamente vascularizada em rim direito. Foi realizada uma punção da massa renal, guiada por ultrassom, com material enviado para análise citológica a fim de elucidar o caso. A citologia revelou a presença de células pleomórficas com núcleos lateralizados, apresentando anisocariose, cromatina grosseira, nucléolos evidentes, citoplasma altamente vacuolizado com conteúdo basofílico e enegrecido. Além disso, foram observadas células mitóticas e multinucleadas, presença de cristais de hematóidina e células gigantes multinucleadas fagocíticas. Baseando-se nesses achados, levantou-se a suspeita de neoplasia renal, levando à decisão pela nefroureterectomia unilateral direita, o rim e o ureter, foram então, submetidos à avaliação histopatológica. Os achados histopatológicos do rim direito revelaram perda da distinção entre córtex e medula devido à proliferação neoplásica epitelial maligna expansiva e infiltrativa, composta por células renais organizadas predominantemente em túbulos e ácinos, com citoplasma eosinofílico e pouco delimitado, núcleos com cromatina de frouxa a condensada, pleomorfismo moderado e de um a dois nucléolos proeminentes, sendo essas

características compatíveis com carcinoma renal tubular. Na análise histopatológica do ureter direito, observou-se lúmen com proliferação neoplásica epitelial maligna e expansiva, constituída por formações císticas preenchidas por material homogêneo eosinofílico e hemácias moderadas e revestidas por camadas de células epiteliais, que possuíam citoplasma eosinofílico e pouco delimitado, núcleo redondo, cromatina frouxa, um a dois nucléolos proeminentes e pleomorfismo discreto, sendo compatível com carcinoma renal multicístico (Figura 3).

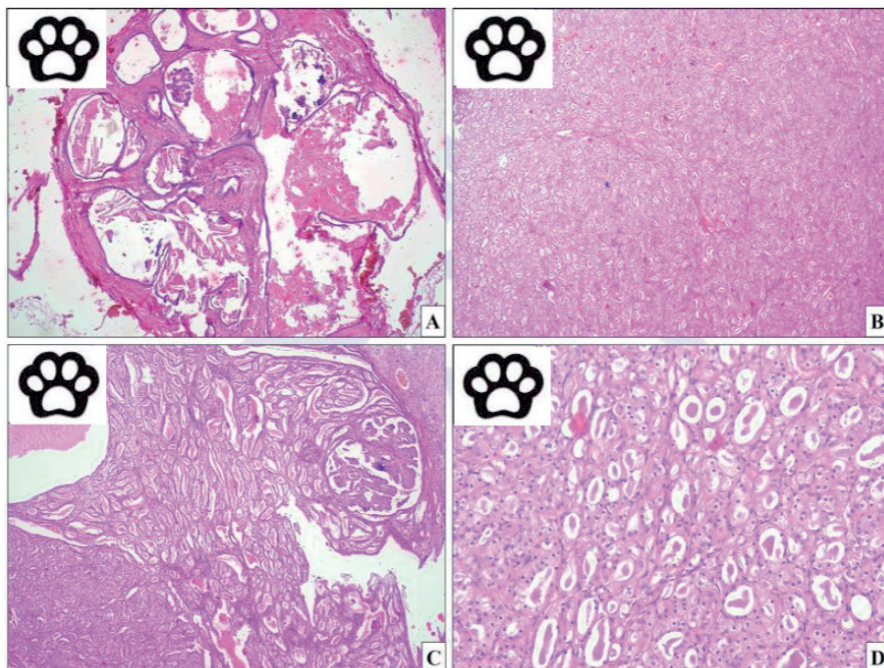


Figura 3. Fotomicrografias do paciente felino diagnosticado com carcinoma renal

Fonte: autoria própria (2024)

Legenda: Achados microscópicos. **A** Lúmen com proliferação neoplásica epitelial maligna e expansiva constituída por formações císticas preenchidas por material homogêneo eosinofílico e hemácias moderadas e revestidas por camadas de células epiteliais. **B, C e D.** Perda da diferenciação cortico-medular por proliferação neoplasia epitelial maligna expansiva e infiltrativa constituída por células renais arranjadas predominantemente em túbulos e ácinos, por vezes com conteúdo eosinofílico no lúmen (predomínio em região cortical e medular) com áreas papilares e sólidas (pelve) (fig. **B**). **D.** As células têm citoplasma eosinofílico, pouco delimitado. Núcleo redondo, cromatina frouxa a condensada, um a dois nucléolos proeminentes e pleomorfismo moderado.

3 | DISCUSSÃO

Segundo Matsumoto et al., (2018) o carcinoma renal é uma neoplasia rara em cães, cavalos, primatas e felinos e, na maioria das vezes, surge em animais idosos, mas em cães podem acometer animais de até três anos de idade. Nesse relato em questão, o tumor foi desenvolvido em um felino idoso de quinze anos de idade, corroborando as informações

já descritas na literatura. Os principais sinais clínicos apresentados são perda de peso, anorexia, êmese, diarreia, poliúria, desidratação e melena (CARTAGENA et al 2019). Apenas melena, dos sinais inespecíficos citados, não foi desenvolvido, provavelmente isso deve-se a particularidade fisiopatológica de cada animal.

Knapp e Macmillan (2013) descrevem que o exame radiográfico e a urografia excretora contribuem para o diagnóstico do carcinoma renal, enquanto para outros pesquisadores a utilização da ultrassonografia renal é imprescindível. Meuten et al., (2020) descrevem a importância da realização do exame histopatológico para o diagnóstico definitivo dos tumores do trato urinário. Para a realização da histopatologia é necessário submeter o animal a uma laparotomia exploratória seguida de nefrectomia e exérese das estruturas adjacentes acometidas pelo tumor.

Kenny et al., (2023) ao realizar um estudo retrospectivo concluiu que a taxa de sobrevivência entre os felinos diagnósticos com CR foi de 203 dias e que a nefrectomia é uma opção de tratamento adequada, porém, são necessários estudos adicionais para identificar casos de risco no período perioperatório e aqueles com probabilidade de desenvolver recidiva precoce ou metástase.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que a citologia desempenhou um papel importante ao sugerir uma avaliação mais aprofundada, levando à indicação da cirurgia para remoção do rim e do ureter direitos e a retirada de fragmentos para histopatologia. Portanto, o diagnóstico final da paciente só foi estabelecido de forma conclusiva através da avaliação histopatológica.

REFERÊNCIAS

CARTAGENA, J. C. et al. Tumores Renais. Argos, 205. ed., p. 40-42, 2019.

CHEW, DENNIS J.; DIBARTOLA, STEPHEN P.; SCHENCK, PATRICIA A. *Canine and Feline Nephrology and Urology*. 2ª ed. Saunders Elsevier. Cap. 14: Tumors of the Urinary System, p. 434-464. 2011. Disponível em: <<https://sci-hub.ru/10.1016/b978-0-7216-8178-8.10014-4>> Acesso em: 24 de dez. de 2024.

DALECK, C. R., FONSECA, C. S., & CANOLA, J. C. (2016). Oncologia em cães e gatos. Roca. Disponível em: <<https://pdfcoffee.com/oncologia-em-caes-e-gatos-2ed-2016pdf-pdf-free.html>> Acesso de 26 de dezembro de 2024.

DALECK, C. R.; DE NARDI, A. B.; RODIGHIERI, S. M.; MOTTA, F. R. Neoplasia do sistema urinário. In: DALECK, C. R.; DE NARDI, A. B.; RODIGHIERI, S. M. (Org.). *Oncologia em cães e gatos*. v. 1. São Paulo: Roca, 2008.

HENRY, C. J.; TURNQUIST, S. E.; SMITH, A.; GRAHAM, J. C.; THAMM, D. H.; O'BRIEN, M.; CLIFFORD, C. A. Primary renal tumours in cats: 19 cases (1992–1998). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, v. 1, n. 3, p. 165-170, set. 1999. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10832804/>. Acesso em: 21 dez. 2024.

KENNY SA, COOK MR, LENZ JA, MARITATO KC, SKORUPSKI KA, WUSTEFELD-JANSSENS BG, PELLIN MA, SILVEIRA CJ, VEYTSMAN S, SELMIC LE, HUSBANDS BD. *Veterinário Comp Oncol*. Dezembro de 2023; 21(4):587-594. DOI: 10.1111/vco.12921. Epub 2023 19 de julho. PMID: 37464904.

KNAPP, D. W.; MACMILLAN, S. K. Tumors of the Urinary System. *Withrow & MacEwen's Small Animal Clinical Oncology*, 5.ed., p. 572-582, 2013.

MATSUMOTO, I. *et al.* Histopathologic and Immunohistochemistry Findings in Feline Renal Cell Carcinoma. *Veterinary Pathology*, v. 55, n. 5, p. 663–672, 2018.

MEUTEN, D. J. *et al.* Tumors of the Urinary System. *Veterian Key*, 2020.

OSBORNE, CARLA., AND DELMAR R. FINCO. *Canine and feline nephrology and urology*, 1995.

PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL DECENDIAL E LÂMINAS SUPLEMENTARES DE IRRIGAÇÃO PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DO MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG

Data de submissão: 26/11/2024

Data de aceite: 03/02/2025

Álisson Moreira Borges

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Donizete dos Reis Pereira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Josiane Rosa Silva de Oliveira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Cristiano Márcio Alves de Souza

Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Letícia Cibele da Silva Ramos Freitas

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: A crescente demanda de alimentos alinhada com uma produção sustentável requer novas formas de produção agropecuária. A precipitação provável pode contribuir para planejamento e dimensionamento do sistema de irrigação, contribuindo para um manejo mais racional dos recursos hídricos. O objetivo desse trabalho foi comparar as distribuições de probabilidades ajustadas às séries históricas decendiais de precipitação e estimar as precipitações prováveis para o município de Unaí-MG. Foram estudados os meses de janeiro, fevereiro e março, com mais de 20 anos de séries históricas observadas. As lâminas diárias foram totalizadas em períodos decendiais e aplicadas as distribuições log-normal a 3 parâmetros e Gama. O teste de Qui-quadrado foi utilizado para avaliar a adequabilidade das distribuições e a equação de Ven Te Chow foi utilizada para cálculo da precipitação provável a níveis de 75% e 90% de probabilidade. A distribuição

Gama foi a que melhor se ajustou aos dados. As precipitações prováveis a níveis de 75% e 90% de probabilidade não satisfazem completamente as necessidades hídricas das culturas estudadas, mas supre parte considerável. Portanto, o estudo de precipitação provável é um bom recurso para o planejamento da irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição Gama, precipitação provável, planejamento agropecuário, irrigação.

PRECIPITATION PROBABLY DECENDIAL AND SUPPLEMENTAL IRRIGATION LAGES FOR THE MAIN CROPS IN THE MUNICIPALITY OF UNAÍ-MG

ABSTRACT: The growing demand for food aligned with sustainable production requires new forms of agricultural production. Probable precipitation can contribute to the planning and dimensioning of the irrigation system, contributing to a more rational management of water resources. The objective of this work was to compare the probability distributions adjusted to the decennial historical series and to estimate the probable precipitations for the Unaí County, Minas Gerais State, Brazil. The months of January, February and March were studied, with more than 20 years of historical series observed. Daily rainfall depths were totaled in decennial periods and applying Gama and log-Normal 3 parameters probability distribution models. Probability distributions models, were compared with Qui-square statical and the Ven Te Chow equation to calculate the probable precipitation at levels of 75% and 90% probability. The Gamma distribution was the one that best fit the data. Probable precipitation at levels of 75% and 90% probability does not meet the water needs of the studied crops. However, the probable precipitation study is a good resource for irrigation planning.

KEYWORDS: Gama porbability distribution model, probable precipitation, planning agricultural, irrigation.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos alinhada com uma nova preocupação da população com a sustentabilidade ambiental imprime ao meio rural formas mais sustentáveis de cultivo, com manejos mais eficientes e racionais quanto ao uso dos recursos naturais. Assim, o campo precisa produzir mais e gerir melhor seus recursos para atender a essa crescente demanda, tanto em relação à produção como à conscientização ambiental dos consumidores.

Uma possibilidade de aumentar a produção agrícola é por meio da irrigação, que permite realizar safras fora do período das chuvas, ou minimizar os possíveis riscos causados pelos veranicos. O aumento de safras por ano, devido ao plantio fora das águas e com irrigação, leva a um aumento da produção de alimentos, sem a necessidade de abrir novas áreas.

Para um bom manejo da irrigação há a necessidade de se aplicar a lâmina de água no local correto, na forma e na quantidade adequada. A lâmina de água a ser utilizada na irrigação é obtida pela fórmula da evapotranspiração da cultura (ETc), segundo Bernardo et al., (2006), como o somatório dessa lâmina se obtêm a quantidade de água a ser

utilizada. Porém, em dias chuvosos, essa lâmina tende a ser menor, pois deve considerar a precipitação que ocorreu, como demonstrado no trabalho de Ribeiro et al., (2007) que relatou a não necessidade de irrigação para o município de Unai nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para as culturas de milho, feijão e tomate.

Em projetos de irrigação, o conhecimento da precipitação é de suma importância para a sustentabilidade do empreendimento agropecuário. Nesse sentido, a precipitação provável que corresponde a uma lâmina com uma determinada probabilidade de ocorrência, pode ser considerada como a precipitação efetiva em pequenos períodos, como 5, 10 ou 15 dias (Bernardo et al., 2006).

Segundo Ribeiro et al., (2007), o uso de estudo probabilísticos de variáveis climáticas é relevante para o planejamento de atividades como: construção civil, turismo, transporte, agricultura. Estudos dessa natureza estão disponíveis na literatura, entretanto, estudos de comparação de distribuição de probabilidade aplicada à precipitação provável ainda são escassos (Ribeiro et al., 2007).

Considerando que os resultados gerados a partir desses estudos podem contribuir significativamente para um uso mais racional e sustentável dos recursos hídricos, o objetivo desse trabalho foi comparar as distribuições de probabilidades log-normal a 3 parâmetros e Gama aplicadas às séries históricas decendiais, estimar as respectivas precipitações prováveis nos níveis de 75% e 90% de probabilidade nos meses de janeiro, fevereiro e março para o município de Unai, obter as lâminas para as culturas de milho, sorgo e feijão nos períodos estudados, estimar a economia de água com a precipitação provável.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido para o município de Unai, localizado no noroeste de Minas Gerais, uma das regiões mais importantes para o estado em termos de produção de grãos. A Figura 1 destaca a região dentro do estado e do país. A cidade de Unai está localizada nas coordenadas geográficas de 16°15'S a 16°22'30"S e 47°W a 46°52'30"W (Miranda & Coutinho, 2004).

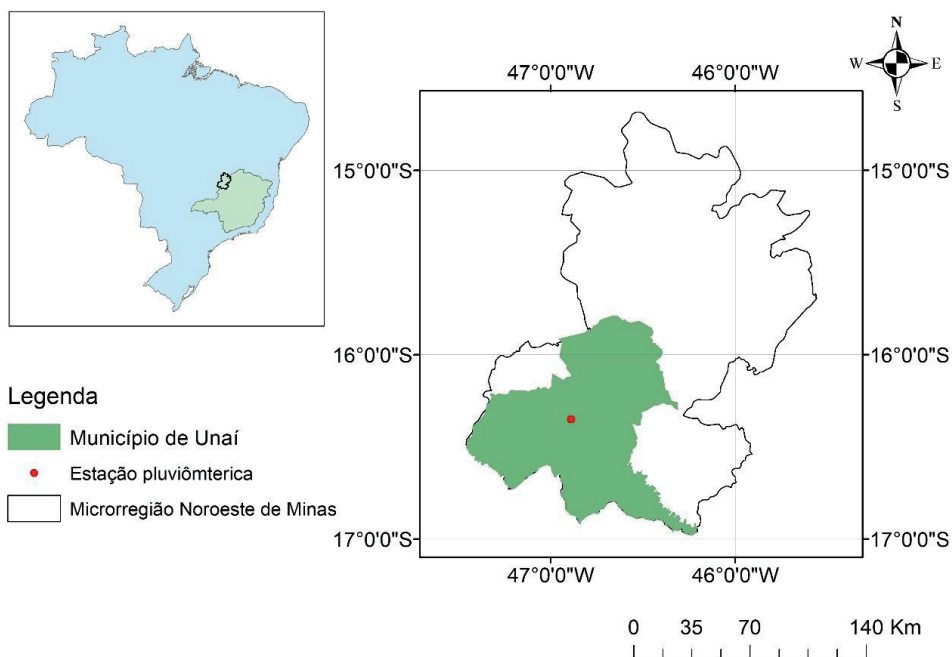


Figura 1: Região de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Silva et al., (2017), estudando o clima da região a classificou como Aw-i (Tropical chuvoso de savana, isotérmico) pelo método de Köppen e Tipo C2-w (Subúmido com déficit de água moderado no inverno) com sufixo A'a' (megatérmico) segundo método de Thornthwaite com evapotranspiração média de $3,74 \pm 0,68$ mm/dia.

Os dados de chuvas foram obtidos no site da ANA (Agência Nacional de Águas/ HIDROWEB) referentes à estação Unaí, código 1646001 (Figura 1). Os meses utilizados durante o trabalho foram janeiro, fevereiro e março, pois são os meses da safrinha, quando, normalmente, a irrigação suplementar é necessária.

Após a obtenção das informações, os dados diários de precipitação foram organizados em períodos decendiais, compondo as séries históricas para o estudo. As essas séries, foram ajustadas as distribuições de probabilidade de Log-normal a 3 parâmetros e a Gama, pois são as mais adequadas para os períodos estudados, de acordo com Júnior et al., (2007) e Sampaio et al., (2007). Para a aplicação das referidas distribuições utilizou-se o software EXCEL com a entrada do comando “DIST.GAMA” para distribuição Gama e “DIST.NORMP.N” para distribuição Log-normal 3 parâmetros. Segundo Mello (2013) a função de densidade de probabilidade Log-normal a 3 parâmetros é dada pela equação 1:

$$f(x) = \frac{1}{(x-\beta) \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-0,5 \left(\frac{x-\beta}{\sigma_n} \right)^2}, \text{ com } x \geq \beta. \quad (1)$$

Sendo os parâmetros obtidos pelas seguintes equações (Mello, 2013):

$$\beta = \bar{x} - \frac{s}{\eta_y} \quad (2)$$

$$\eta_y = \frac{(1-\phi^{2/3})}{\phi^{1/3}} \quad (3)$$

$$\phi = \frac{[-\gamma + (\gamma^2 + 4)^{0,5}]}{2} \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{n}{(n-1) \cdot (n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{S^3} \quad (5)$$

Segundo Ribeiro et al., (2009), o primeiro cálculo a ser feito é o γ (equação 5) que diz respeito à assimetria da distribuição e com o seu valor se calcula o ϕ (equação 4), com o valor de ϕ se calcula η_y (equação 3). Com o valor de η_y se obtém o valor dos parâmetros β , μ_n e σ_n , sendo as equações dos outros dois parâmetros obtidas da seguinte forma (Mello, 2013):

$$\sigma_n = \sqrt{\text{Ln}(\eta_y^2 + 1)} \quad (6)$$

$$\mu_n = \text{Ln} \left(\frac{s}{\eta_y} \right) - 0,5 \cdot \text{Ln}(\eta_y^2 + 1) \quad (7)$$

A equação da função densidade de probabilidade da distribuição Gama é definida, segundo Mello (2013), como:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^v \cdot \Gamma(v)} \cdot x^{v-1} \cdot e^{-x/\beta} \quad (8)$$

Os parâmetros v e β , pelas seguintes equações:

$$v = \frac{(\bar{X})^2}{S^2} \quad (9)$$

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (10)$$

A função Gama de qualquer número pode ser descrita pela equação 11, segundo

(Mello, 2013).

$$f(n) = \left[\frac{\sqrt{2\pi}}{n} * \left(p_0 + \sum_{i=1}^5 \frac{p_i}{n+i} \right) \right] * (n+555)^{n+0,5} * e^{-(n+5,5)} \quad (11)$$

Devendo-se considerar:

$p_0 = 1,000000000190015$; $p_1 = 76,180091729471460$; $p_2 = 86,505320329416770$; $p_3 = 24,014098240830910$; $p_4 = 1,231739572450155$; $p_5 = 1,208650973866179 \cdot 10^{-3}$.

Para avaliar a adequabilidade das distribuições nos períodos estudados, utilizou o teste de aderência de Qui-quadrado a 5% de significância.

Após a verificação da adequação das distribuições de probabilidades, as precipitações prováveis foram estimadas ao nível de probabilidade de 75% e 90% pela distribuição que melhor se ajustou, ou seja, aquela que resultou em um menor valor de Qui-quadrado. A precipitação provável foi estimada segundo a equação de Ven Te Chow, equação 12 (Haan, 2002).

$$X_{TR} = e \quad (12)$$

Em que X_{TR} é o valor da variável hidrológica associada ao tempo de retorno e KTR o fator associado à frequência em função de TR (Mello, 2013).

Posteriormente à determinação da precipitação provável, fez-se um estudo da demanda hídrica para as culturas do milho, sorgo e feijão, que foi verificada pela fórmula da evapotranspiração da cultura, $ETC = ET_0 * K_c$. Onde ET_c é a evapotranspiração da cultura; ET_0 a evapotranspiração de referência e K_c o coeficiente hídrico da cultura que varia de acordo com o estágio fenológico da mesma (Alburquerque; Resende 2021).

As precipitações prováveis com 75% e 90% de probabilidade foram comparadas com a evapotranspiração das principais culturas de Unaí (milho, feijão e sorgo) para encontrar a lâmina a ser suprida pela irrigação suplementar, sendo essa obtida pela diferença entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação provável.

As culturas utilizadas têm relevância para o município, pois o mesmo é o maior produtor de milho, o segundo maior produtor de feijão e um dos maiores produtores de sorgo do estado de Minas Gerais (MAPA 2021). Sendo essas culturas geralmente plantadas na safrinha, visto que a soja é cultivada no período de safra.

Batista (2020), ao comparar vários métodos empíricos de evapotranspiração de referência ao método padrão de Penman-Monteith, para a região de Unaí, obteve valores de evapotranspiração de referência média diária nos meses de janeiro, fevereiro e março iguais a 5,21mm; 4,38mm e 3,93mm, respectivamente. Esses dados são importantes para cálculo da necessidade hídrica da cultura, ou seja, a evapotranspiração da cultura, que é a quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura sob condições normais de cultivo (Bernardo et al., 2006).

Um dos dados adimensionais para calcular a evapotranspiração da cultura é o valor de k_c (coeficiente da cultura), que varia de acordo com o tipo de cultura, estágio

de desenvolvimento e comprimento do ciclo vegetativo da cultura além das condições climáticas locais. Sendo este valor obtido através do estudo com a cultura em questão ao longo do seu desenvolvimento vegetativo.

Bernardo et al., (2006), definiu o K_c da cultura em 4 fases ou estádios de desenvolvimento, sendo elas:

- K_c I (Inicial) – Período que vai da germinação até a cultura cobri 10% da superfície do terreno, ou 10 a 15% do seu desenvolvimento vegetativo.
- K_c II (Secundário ou de desenvolvimento vegetativo) – Período do final do primeiro estágio até a cultura cobrir de 70% a 80% da superfície do terreno ou atingir de 70% a 80% do seu desenvolvimento vegetativo;
- K_c III (Intermediário ou de produção) – Período do final do segundo estágio até o início da maturação.
- K_c IV (Final ou de maturação) – Período do início da maturação até a colheita ou final da maturação.

Os valores de K_c utilizados foram:

- Para cultura do milho: 0,86 para K_{c1} , 0,86 – 1,23 para K_{c2} , 0,97 para K_{c3} e 0,97 – 0,52 para K_{c4} , segundo Souza et al., (2015);
- Para cultura do feijão: 0,68 para K_{c1} , 0,68 – 1,02 para K_{c2} , 1,06 para K_{c3} e 1,06 – 0,63 para K_{c4} , segundo Souza et al., (2015);
- Para cultura do sorgo: 0,45 para K_{c1} , 0,45 – 0,67 para K_{c2} , 0,83 para K_{c3} e 0,83 – 0,64 para K_{c4} , adaptado Guimarães et al., (2020).

O ciclo do feijão utilizado é de 79 dias, segundo estudo de SOUZA *et al.* (2015), sobre os valores K_c s para a cultura. Por isso, não há dados da ET_c do feijão no 3º decêndio de março, visto que esse trabalho serviu como base para cálculo da ET_c do feijão e montagem da demanda hídrica da cultura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados do teste de adequabilidade de Qui-quadrado aplicado às distribuições de probabilidade estudadas em cada período.

Período	Janeiro		Fevereiro		Março	
	Log 3 Parâmetros	Gama	Log 3 Parâmetros	Gama	Log 3 Parâmetros	Gama
1º decêndio	3,85 ^{NA}	1,56 ^A	4,97 ^A	2,64 ^A	9,95 ^{NA}	2,17 ^A
2º decêndio	27,47 ^{NA}	6,85 ^A	11,45 ^{NA}	4,97 ^A	11,57 ^{NA}	6,25 ^{NA}
3º decêndio	6,61 ^{NA}	1,42 ^A	2,1 ^A	0,86 ^A	8,44 ^{NA}	5,75 ^{NA}

Tabela 1: Resultado do teste de Qui-quadrado. NA = Não se aplica e A = Aplica.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observa-se que a distribuição Gama teve uma melhor adequação aos dados de precipitação decendial comparada à Log-normal 3 parâmetros, semelhante à conclusão de SAMPAIO et al., (2007) e RIBEIRO et al., (2007). Duas séries históricas não se adequaram a distribuição Gama representando 22% das amostras e sete não se adequaram a Log-normal 3 parâmetros representando 78% das amostras.

Analisando os valores de Qui-quadrado, percebe-se um menor valor para os 1° e 3° decêndios de janeiro e 3° decêndio de março para a distribuição Gama. Na distribuição Log-normal 3 parâmetros apenas o 1° decêndio e o 3° decêndio de fevereiro se adequaram a ela, segundo o teste de Qui-quadrado. O 2° decêndio e 3° decêndio de março não se adequaram a nenhum dos modelos probabilísticos.

Usou a distribuição Gama como base e calculou a precipitação provável a nível de 75% e 90% de probabilidade, o cálculo foi feito também para os períodos onde não houve adequabilidade. Para esses períodos ela pode servir como uma estimativa. No gráfico 1, apresenta-se os valores das precipitações prováveis aos níveis de probabilidade de 75% e 90% para o município de Unaí, nos decêndios estudados.

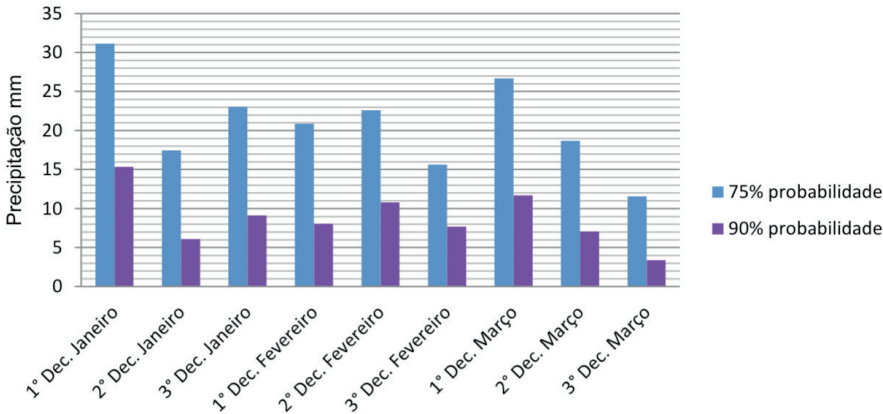


Gráfico 1 – Precipitações prováveis com 75 e 90% probabilidade para a cidade de Unaí.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observando o gráfico 1, para a probabilidade de 75%, as maiores precipitações são nos 1° decêndios de janeiro (31 mm) e março (26 mm). A partir do segundo decêndio de março a precipitação cai, apresentando o menor valor no 3° decêndio de março (11 mm), provavelmente devido ao término do período chuvoso.

Com 90% de probabilidade temos as maiores precipitações nos decêndios de 1° de janeiro (15 mm) e 1° decêndio de março (11 mm), semelhante as maiores precipitações de 75%. O mesmo padrão ocorre para as menores precipitações, sendo 6 mm para 2° decêndio de janeiro e 3 mm para 3° decêndio de março, sendo que nos 3 últimos decêndios a precipitação começa a cair linearmente.

Na perspectiva de 90% probabilidade, os valores são menores quando comparado aos de 75%, devido a precipitação provável sugerir um estudo probabilístico de valores mínimos a serem garantidos, com isso, observa-se que o aumento no nível de probabilidade proporciona uma menor lâmina provável, pois o aumento na confiabilidade da estimativa implica na redução do valor estimado (Ribeiro et al., 2015).

No gráfico 2 há a relação da precipitação provável com as evapotranspirações das culturas estudadas.

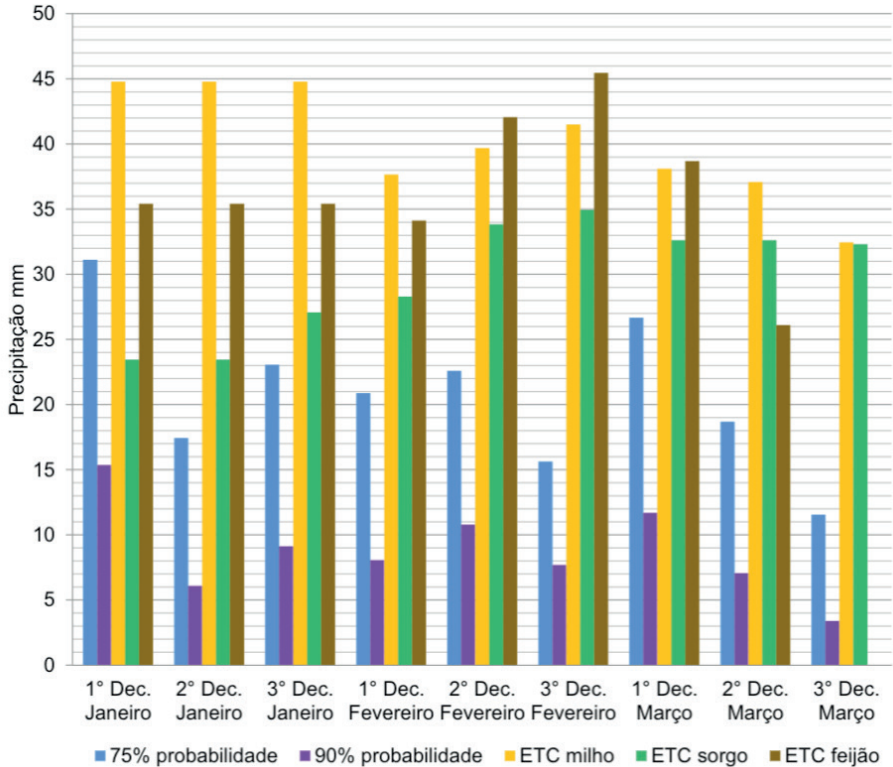


Gráfico 2 – Precipitação provável com 75 e 90% probabilidade juntamente com a evapotranspiração das culturas de milho, sorgo e feijão para o município de Unaí.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observado o gráfico 2, ao nível de 75% de probabilidade, verifica-se que o único decêndio em que a precipitação pode suprir totalmente a demanda da cultura, é o 1º decêndio de janeiro para o sorgo. O milho necessita de uma suplementação de 13 mm de água e o feijão de 4 mm (gráfico 3), o que corresponde a, aproximadamente, 30 e 12% da demanda dessas culturas nesse decêndio, respectivamente, apontando para uma economia de água de cerca de 70 e 88% neste decêndio.

Nos demais decêndios nenhuma ETC foi suprida totalmente, mas a irrigação pode ser feita na forma complementar garantido uma economia razoável de água. Nos três

primeiros decêndios a cultura que mais demanda água é a o milho, com uma necessidade de 44 mm por decêndio, em média, correspondendo a um total de 37,2% da demanda hídrica durante seu ciclo, sendo a mesma suprida em partes pela precipitação provável a 75% e 90% de probabilidade.

O sorgo segundo análise do gráfico 2 é a cultura que demanda uma quantidade menor de água. Entretanto, não tem suas necessidades supridas totalmente na estimativa de 75% de probabilidade, com exceção do 1º decêndio, correspondendo a uma economia de 100% visto que não há necessidade de irrigação. Sua maior demanda hídrica ocorre no 2º e 3º decêndios de fevereiro, correspondendo a 25% (68 mm) da necessidade hídrica ao longo do ciclo, considerando a estimativa de 75% de probabilidade se obtém 55,5% de economia com irrigação nesse período.

O feijão é a cultura que mais demanda água nos 2º e 3º decêndio de fevereiro e no 1º decêndio de março. No 3º decêndio de fevereiro ele apresenta a maior evapotranspiração das 3 culturas nos períodos estudados. Tais períodos demandam 43,11% em média de toda necessidade hídrica da cultura, sendo que o 3º decêndio de fevereiro correspondente a 15,53%, da necessidade hídrica total.

Analisando a precipitação provável ao nível de 90% de probabilidade, nenhum decêndio é suprido. Entretanto, verifica que a mesma corresponde a 22,74% da demanda hídrica do milho para os três primeiros decêndios de janeiro, 26,82% para a cultura do sorgo no seu estágio de maior demanda hídrica é de 21,07% para o estágio de maior demanda hídrica do feijão, os períodos estudados correspondente aos 2º e 3º decêndios de fevereiro.

As maiores estimativas a 90% de probabilidade são para os 1º decêndios de fevereiro e março, nesses períodos se obtém uma economia de 34,26%; 65,48%; 43,33% no decêndio de janeiro e 30,66%; 35,84%; 30,20% para o decêndio de março, para o milho, sorgo e feijão, respectivamente. Segundo Bernardo et al., (2015), para fins de irrigação se utiliza a probabilidade de 75%, ou seja, uma lâmina mínima que se pode esperar de três a cada quatro anos. Apresenta-se no gráfico 3, os resultados do estudo da lâmina de irrigação suplementar.

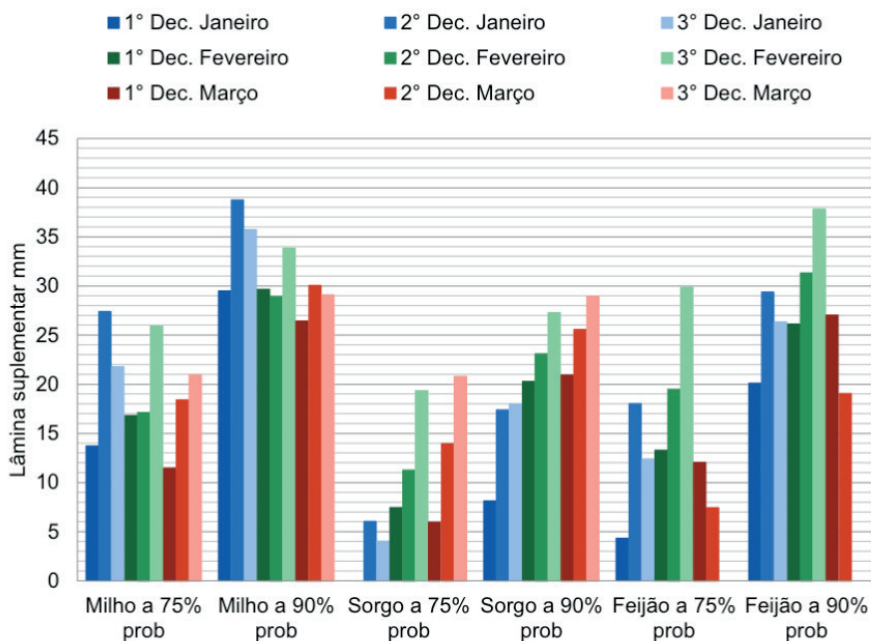


Gráfico 3 – Lâmina de irrigação suplementar para as culturas do milho, sorgo e feijão, para os meses de janeiro, fevereiro e março para a cidade de Unai.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O principal período de demanda hídrica da cultura é durante o desenvolvimento reprodutivo, florescimento e enchimento de grãos, que corresponde ao kc III. Para ambas as culturas o estágio de Kc III inicia no 3º decêndio de fevereiro. Nesse período a cultura que é mais exigente é o feijão, necessitando de uma irrigação suplementar de 29 mm (gráfico3).

A cultura que demanda uma maior quantidade de água a ser suprida por irrigação suplementar é o milho, necessitando de uma lâmina de 173 mm; seguida do feijão com 116 mm e, por último, o sorgo com 88 mm, para os 9 decêndios estudados. O milho necessita de 4 irrigações com uma lâmina superior a 20 mm, sendo eles: 2º e 3º decêndios de janeiro; 3º decêndio de fevereiro e 3º decêndio de março, enquanto o feijão e o sorgo apenas em 1 decêndio, sendo que 3º decêndio de fevereiro e 3º decêndio de março, respectivamente, uma lâmina superior a este valor é requerida. Ressalta-se que essa análise é ao nível de 75% de probabilidade.

Para a análise de precipitação provável a 90% de probabilidade, a necessidade de água da cultura do milho eleva para 281 mm, ou seja, 108 mm a mais que na de 75%; o feijão aumenta 116 mm necessitando de 216 mm e o sorgo necessita de 189,38mm aumento de 100 mm, para todos os decêndios estudados. As lâminas suplementares do milho são todas superiores a 20 mm. O feijão necessita de 7 lâminas de irrigação acima de

20 mm e uma lâmina de 19 mm no 2º decêndio de março. O sorgo necessita de 6 irrigações acima de 20 mm e as outras 3 menores que 20 mm, sendo a menor no 1º decêndio de janeiro, 8 mm.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição Gama foi a que melhor se ajustou aos dados de precipitação decendial pelo teste de Qui-quadrado. Ambas as precipitações prováveis a níveis de 75% e 90% de probabilidade não satisfazem totalmente as necessidades hídricas da cultura do milho, sorgo e feijão ao longo do seu desenvolvimento, sendo necessário o uso de irrigação suplementar no ciclo das culturas, o que promoverá uma significativa economia de água. Com do 1º decêndio de janeiro para a cultura do sorgo ao nível de 75% de probabilidade. Mesmo não satisfazendo a necessidade hídrica das culturas, a precipitação provável pode fornecer 51,97%; 69,84% e 64,07% de economia de água ao milho, sorgo e feijão respectivamente, ao nível de 75% de probabilidade. Ao nível de 90% de probabilidade essa economia é de 21,94%; 29,49% e 27,06%.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, PAULO EMÍLIO PEREIRA DE; RESENDE, MORETHSON. Cultivo do milho. Irrigação. Sistema de produção 2. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, ISSN 1679-012x versão eletrônica- 3ª edição. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69853/1/Irrigacao-1.pdf>> Acessado em 12 de agosto de 2021 às 22:08.

ÁVILA, LÉO F.; MELLO, CARLOS R. D;E VIOLA, MARCELO R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, v.13 (suplemento), p. 906 – 915, 2009.

Balanço do agronegócio de Minas Gerais 2020. MAPA. Minas Gerais. 2020. Disponível em: <http://agricultura.mg.gov.br/images/documentos/Balanco_Agronegocio_2020.pdf> .Acesso em 15/09/2021 às 20:25.

BATISTA, LUAN BARBOSA. Comparativo entre o método padrão de evapotranspiração com modelos empíricos e determinação da lâmina de irrigação para a microrregião de Unaí, noroeste de Minas Gerais. 2020, pg. 38. UFV, florestal, 2020.

BAÚ, ANTÔNIO LUIZ; GOMES, BENEDITO MARTINS; QUEIROZ, MANOEL MÓISES FERREIRA DE; OPAZO, MIGUEL ANGEL URIBE; SAMAPAI, SILVIO CÉSAR. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da mesoregião oeste do estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, ISSN 1808-3765, p. 150-168, abril-junho, 2006.

BERNARDO, SALASSIER; SOARES, ANTÔNIO ALVES; MANTOVANI, EDUARDO CHARTANI. Relação solo-água-planta atmosfera. **Manual de irrigação**. Editora UFV, Viçosa- MG, 2006, pg. 45 a 98.

BORGES, LIDIANE APARECIDA; PEREIRA, RAFAEL MENEZES; FERREIRA, ELIZABETH; DANTAS, AUGUSTO AGUILAR DANTAS. Uso de geoestatística no mapeamento da evapotranspiração do estado de Minas Gerais e estimativa da variação do consumo de água por pivô central no município de Unai – MG, entre 1998 e 2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, n.16, 2009, Belo Horizonte.

GUIMARÃES, DANIEL PEREIRA E LANDAU, ELENA CHARLOTTE. Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.21, n.222. ISSN 1679-0154, p.64, dezembro 2020.

GUIMARÃES, DANIEL PEREIRA; LANDAU, ELENA CHARLOTTE; MENEZES, CÍCERO BESERRA; TARDIN, FLÁVIO DESSAUNE. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) para o sorgo granífero no Brasil. **Documento 254**. EMBRAPA milho e sorgo, Sete Lagoas, ISSN 1518-4277, novembro, 2020.

HAAN, C. T. Statistical Methods in Hydrology. Ames: The Iowa State University Press. 2ª Edição, 2002, 377p.

JÚNIOR, JOSÉ ALVES JUNQUEIRA; GOMES, NATALINO MARTINS; MELLO, CARLOS ROGÉRIO DE; SILVA, ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: Modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência agrotec.**, Lavras, v.31, n.3, p.842-850, maio-junho, 2007.

Luenenberg, Zaul Alfredo Vieira; Neto, Pedro Henrique Weirich; Garbuio, Paulo William; Delalibera, Hevandro Cololhese. Consumo e custo da aplicação de água or irrigação. **Ambiência** – Revista do setor de ciências agrárias e ambiental. Guarapuava. v.5, n.2, p.292 – 300, ISSN 1808-0251. maio-ago, 2009.

MELLO, CARLOS R. DE. “Hidrologia estatística: Conceitos e aplicações”. Texto de apoio à unidade curricular de Hidrologia do programa de Pós graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA. 2013, pgs.105.

MIRANDA, E. E.; COUTINHO, A. C. (Coords.). Brasil visto do espaço. Campinas, Embrapa monitoramento por satélite, 2004. Disponível em: <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/cdbrazil/mg/htm0/mg12_38.htm> Acessado em: 18 de fevereiro de 2021 às 20:29.

RIBEIRO, BRUNO TEIXEIRA; AVANZI, JUNIOR CESAR; MELLO, CARLOS ROGÉRIO DE; LIMA, JOSÉ MARIA DE; SILVA, MARX LEANDRO NAVES. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena – MG. **Ciênc. agrotec**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, set./out., 2007.

SAMPAIO, SÍLVIO CÉSAR; CÔRREA, MARCUS METRI; BÔAS, MÁRCIO ANTÔNIO VILAS; OLIVEIRA, LUIZ FERNANDO COUTINHO DE. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v.4, n.2, p.210-213, 2000.

SAMPAIO, SÍLVIO CÉSAR; QUEIROZ, MOISÉS DE FERREIRA; FRIGO, ELISANDRO PIRES; LONGO, ADAIR JOSÉ; SUSEK, MORGANA. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o estado do Paraná. **Irriga**. Botucatu, v.12, n.1, p.38-53, ISSN 1808-3765, janeiro-março,2007.

SILVA, DANIEL VIEIRADA; CUNHA, FERNANDO FRANÇA DA; VICENTE, MARCELO ROSSI; ALENCAR, CARLOS AUGUSTO BRASILEIRO DE; SOUZA, IVAN PEREIRA DE. Análise de precipitação, balanço hídrico climatológico e classificação climática no município de Unai – MG. **Brazilian geographical journal: geosciences and humanities research** médium, Ituiutaba, v.8, n.1, ISSN 2179-2321, p. 68-82, janeiro – junho, 2017.

SOUZA, LUCIANA SANDRA BASTOS DE; MOURA, MAGMA SOELMA BESERRA DE; SEDIYAMA, GILBERTO CHOHAKU; SILVA, THIERES GEORGE FREIRE DA. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivos e consorciado. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 28, n.4, ISSN 0100-316X, p. 151 -160, out – dez, 2015.

LA GANADERÍA DE LECHE Y EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DEL CANTÓN MEJÍA

Data de submissão: 13/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Francisco Iván Caiza de la Cueva

Produbiogensa

Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-9020-6971>

María Verónica Taipe Taipe

Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias INIAP

Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-0507-715X>

Helena Sophia Caiza Nebbiai

Droit , Culture Juridique Environment,

Faculte Jean Monent, División Orsay,

Universite, París – Saclay

Francia

<https://orcid.org/0009-0009-0057-5756>

Cómo citar: Caiza de la Cueva , F. I., Taipe Taipe , M. V., Molina Pérez, P. L., & Dazzini Langdon, M. M. (2024). La ganadería de leche y el desarrollo socioeconómico del cantón Mejía. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(2). <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.188>

RESUMEN: La ganadería de leche, es un pilar fundamental de la metamorfosis del valle de Machachi. Se analizaron tres generaciones de productores ganaderos, la información primaria se obtuvo a través de

encuestas y entrevistas semi-estructuradas con el fin de establecer la relación entre la dinámica de la actividad ganadera y la transformación del paisaje socio-económico, considerando los cambios en la producción desde siglo XX hasta nuestros días. La dinámica de cambio, parte de un sistema de producción extensivo a principios del siglo pasado a un sistema de producción intensivo, con el máximo aprovechamiento de los recursos, fomentada por ganaderos profesionales, que aplican nuevas tecnologías, que sin duda se correlaciona directamente con la transformación del paisaje con alto impacto. Estos cambios, han provocado una transformación en la vida de los habitantes que es altamente positiva desde una perspectiva económica y social, pues se incrementó la rentabilidad y con ello mejoró la calidad de vida de sus habitantes. La transformación en los sistemas de producción es de vital importancia para dinamizar la economía de las unidades de producción y de la sociedad. Se concluye que hay una relación directa entre los modos de producción y el paisaje socio-económico.

PALABRAS CLAVE: Ganadería; leche; socio-económico; Machachi; Ecuador

DAIRY FARMING AND THE SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT OF THE MEJÍA CANTON

ABSTRACT: Dairy farming is a fundamental pillar of the metamorphosis of the Machachi valley. Three generations of livestock producers were analyzed, the primary information was obtained through surveys and semi- structured interviews in order to establish the relationship between the dynamics of livestock activity and the transformation of the socio-economic landscape, considering the changes in the production from the 20th century to the present day. The dynamics of change, starting from an extensive production system at the beginning of the last century to an intensive production system, with the maximum use of resources, promoted by professional ranchers, who apply new technologies, which undoubtedly correlates directly with the landscape transformation with high impact. These changes have caused a transformation in the lives of the inhabitants that is highly positive from an economic and social perspective, since profitability increased and thus improved the quality of life of its inhabitants. The transformation in production systems is of vital importance to boost the economy of production units and society. It is concluded that there is a direct relationship between the modes of production and the socio-economic landscape.

KEYWORDS: Cattle raising; milk; socioeconomic; Machachi; Ecuador

INTRODUCCIÓN

La tercera parte del territorio nacional ecuatoriano se destina a las actividades relacionadas con el campo, de ello, más de la mitad (63%) corresponde a la producción de ganado, en especial, el ganado bovino tanto de carne como de leche, lo que equivale al 19% de la superficie dedicada a esta actividad (Brassel e Hidalgo, 2007).

Según datos de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Centro de Industrias Lácteas (CIL), la producción de leche diaria en el Ecuador es de 4.982.370,00 litros, de los cuales 2.662.560 litros son procesados, y dentro de esa cantidad el 31% corresponde a queso, 27% a leche en funda, 20% a leche en cartón, el 11% a leche en polvo, el 10% a yogurt y el 1% a otros productos derivados (Alvarado Morales, 2016).

En Ecuador, la importancia de la ganadería de leche reside en la generación de empleo directo e indirecto, valor agregado y espacio territorial, lo que dinamiza la economía del país, contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria y genera ingresos seguros y crecientes a los pequeños productores (Brassel e Hidalgo, 2007).

Las 300 mil ganaderías que producen y comercializan la leche generan 1.200.000 empleos y representan el 14% del Producto Interno Bruto (PIB) agroalimentario, lo que evidencia el grado de impacto en la economía del país (Lácteos Latam, 2020). La distribución porcentual de la producción láctea según las regiones en el Ecuador corresponde a un 73% en Sierra andina, 19% en la Costa y el 8% en la región Amazónica. De las provincias de la sierra, la de mayor aporte a la producción es la provincia de Pichincha con un 20% (La Hora, 2004). El cantón Mejía es considerado como la capital productora de leche del país

pues aporta con 240.000 litros por día, distribuidos en las parroquias de Machachi, Alóag, Tambillo, Aloasí, Cutuglahua, Uyumbicho y El Chaupi (Flores Zaruma, 2009).

La ganadería de leche en el Valle de Machachi modificó los entornos rurales y periurbanos produciendo cambios notables, en los aspectos socio económicos: reestructuración de las familias, generación de empleo, circulación de dinero. La incorporación de tecnologías, tales como, la inseminación artificial, transferencia de embriones, ordeño mecánico, implementación de la cadena de frío y otras, permitieron la transición de los sistemas de producción tradicional hacia una amplia modernización, ocasionando una metamorfosis permanente (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2013).

La ganadería de leche es una unidad económica que combina factores tales como: unidad territorial y mano de obra para producir leche y sus derivados, por lo tanto, una unidad de control y de toma de decisiones que como toda empresa tiene un sistema de organización que cambia con el tiempo. Dichos cambios se desarrollan sobre la base explícita del conocimiento y de la incidencia de las variables exógenas (leyes gubernamentales, precio de la leche y sus derivados) y endógenas (capacidad de carga, sistemas de producción, alimentación) donde el ser humano desempeña un papel fundamental en la transformación antrópica del paisaje en sus niveles estructurales y funcionales (Yepes, 2001).

De hecho, la ganadería de leche es una de las mayores transformadoras territoriales. Es un proceso de grandes impactos, sociales y económicos que fomenta el desarrollo del país, (Murgueitio, 2003 y Murgueitio y Chará, 2005). Si bien es cierto la producción tradicional era amigable con el ambiente, no obstante, tuvieron ciertas desventajas como bajos márgenes de utilidad, debido al inadecuado manejo, ausencia de innovación tecnológica, ineficiencia administrativa, nula o baja capacitación y capitalización (Espinosa et al., 2010; Centeno et al., 2012, Rangel et al., 2017).

Ante este escenario, esta investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿De qué manera impactó la transformación de producción de la ganadería de leche del siglo XX a nuestros días en el paisaje socio económico del valle de Machachi, Ecuador? Es por ello que se planteó el siguiente objetivo: Analizar la transformación del paisaje cultural producido por los cambios en la producción de la ganadería de leche desde el siglo XX hasta nuestros días, en las zonas de estudio ubicadas en el valle de Machachi.

METODOLOGÍA

Ubicación.- Machachi, también conocida como Santiago de Machachi, es una ciudad ecuatoriana, cabecera cantonal del Cantón Mejía, provincia de Pichincha (EruditosWiki, 2014), con una altitud entre los 800 – 5248 m.s.n.m., a 78° 32'30.5" de longitud Oeste y 00° 31' 55.5" latitud Sur (Google Maps, 2021).

Limita: al norte con el cantón Rumiñahui; al sur con la provincia de Cotopaxi; al este con la provincia de Napo y al oeste con las parroquias de Alóag y Aloasí. De acuerdo a la

clasificación regional del clima, Machachi está ubicado en un clima mesotérmico húmedo, la temperatura y precipitación promedio anual es de 11.9°C y 1300 mm respectivamente, los meses más secos son junio, julio y agosto con precipitaciones promedio de 30 a 37 mm, la humedad relativa promedio es de 83%, los meses con menor humedad son de junio a septiembre (INAMHI, 2021).

Método.- Este estudio, se desarrolló mediante un método integrado, multidisciplinar, que combina las ciencias como: paisajismo, urbanismo, sociología, economía y pecuaria. En consecuencia, para determinar como la transformación de producción de la ganadería de leche del valle de Machachi impacta sobre aspectos sociales y económicos se han aplicado los siguientes métodos:

- a. De observación directa (trabajo de campo) el cual permitió obtener información primaria gracias al uso de técnicas (encuestas y entrevistas) dirigidas a los propietarios y/o Gerentes de las haciendas ubicados en el valle de Machachi; de modo que permitió elaborar una base de datos cualitativos y cuantitativos, para determinar cómo se transformó la ganadería en sus tres generaciones
- b. Exploratorio, se actualizó la base de datos existente, a través del levantamiento de la información in situ.
- c. Descriptivo, para el conocimiento general del territorio, los componentes que conforman la estructura y los procesos que involucran la producción de leche, para ello, se utilizó la información recabada a través de encuestas y entrevistas.
- d. Analítico, ya que permitió analizar como la transformación de la ganadería de leche cambió los aspectos sociales y económicos en el entorno del productor y de la comunidad local.

Para la recolección de la información, se inició con el diseño del instrumento, se aplicó a nueve ganaderos dedicados a la producción de leche, en las fincas que siguen tres generaciones, ubicadas en el Valle de Machachi, Cantón Mejía a través de: Encuestas, para el efecto se elaboró un banco de preguntas cerradas y Entrevistas, se utilizó un banco de preguntas abiertas con la finalidad de conocer las opiniones propias, percepciones y juicios de valor de la ganadería de leche y su impacto sobre el paisaje socio-económico. La información se organizó en una hoja de Excel, se ejecutó un análisis de correspondencia utilizando el software estadístico SPSS, aplicando la prueba Chi² para determinar la correspondencia de las variables con las generaciones en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar los cambios que se suscitaron en las tres generaciones se inició identificando los periodos para cada generación, es así que la primera generación transcurre desde 1900 hasta 1944 considerando el inicio de la primera generación hasta el inicio de la segunda, la segunda generación desde 1944 hasta 1964 considerando el inicio de la

segunda generación hasta el inicio de la tercera generación y la tercera generación desde 1964 hasta nuestros días considerando el inicio de la tercera generación hasta la fecha, clasificación establecida en base a la cronología brindada por los encuestados.

Cambios en la producción de la ganadería de leche

Sistemas de producción

Se observó correspondencia de la generación con los sistemas de producción, por su significación estadística $\chi^2 = 0,001$. En la primera generación trabajaban con sistemas extensivos, en la segunda generación con sistemas extensivos y semi-intensivos y en la tercera generación, con sistemas semi- intensivos e intensivos. Los sistemas extensivos se caracterizan por tener elevada superficie para la explotación, especies con genotipos autóctonos adaptados a los factores medioambientales limitantes y un número limitado de animales por unidad de superficie (Martín et al., 1997) características relacionadas con la primera generación que comprende entre los años 1900 a 1944 cuando el hacendado era dueño de grandes extensiones de tierras y los animales se criaban solo con la provisión de pastos y algunos cuidados zootécnicos. Con la fragmentación de la tierra por el traspaso a los herederos (segunda y tercera generación), estos se ven obligados a maximizar los recursos por lo que implementan los sistemas semi- intensivos e intensivos. En los sistemas semi - intensivos prima el uso racional de los potreros con su respectiva división, el mejoramiento de pastos, la suplementación y la adopción del semi-confinamiento (Marion, 2010), es decir en el día los animales se mantenían en el potrero y en la noche se los llevaba a los corrales donde se les proporcionaba un suplemento (balaceado, silo de maíz, henolaje, etc.) y agua. En el sistema intensivo se adopta el confinamiento de los animales donde se les provee alimento y agua a voluntad (De Sousa Bizi, 2018), para el efecto se intensifica el cultivo de pastos y mezclas forrajeras, donde el riego y la fertilización es fundamental (Marion, 2010).

Manejo de potreros

En el Manejo de potreros en la ganadería de leche, se consideró las variables: división de potreros, utilización de cerca eléctrica, capacidad de carga y carga animal para observar los cambios en cada generación. Se encontró no significación estadística para: división de potreros ($\chi^2 = 0,746$) y carga animal ($\chi^2 = 0,060$) lo que quiere decir que estas variables no tienen correspondencia con la generación. Para la variable cerca eléctrica se observa significación estadística con $\chi^2 = 0,011$. En la primera generación no utilizaban cerca eléctrica, en la segunda generación, un pequeño grupo de ganaderos utilizaban cerca eléctrica, mientras que en la tercera generación ya se incorporó la cerca eléctrica. La ganadería de leche atravesó diversas etapas de desarrollo, el sector tuvo que buscar alternativas, para optimizar los espacios reducidos y hacer una explotación

ganadera productiva. Las cercas eléctricas son una alternativa para realizar la división de potreros, así como para controlar los animales y garantizar el cumplimiento del período de descanso de los pastos. Así también se empezó a determinar la producción de forraje y la capacidad de carga para cada lote a fin de darle un buen manejo al ganado, al pasto y al suelo.

Para la variable capacidad de carga se observa significación estadística con $\text{Chi}^2 = 0,004$. En la primera generación no calculaban la capacidad de carga animal, en la segunda generación un grupo reducido calculaba la capacidad de carga animal y en la tercera generación si calculan la capacidad de carga animal. Para que la ganadería de leche sea eficiente en la producción es necesario, conocer el área, estimar la producción de forraje, aforos (productividad) y determinar la capacidad de carga de cada potrero, generando información en diferentes épocas del año (Paternina Herazo, 2018). Utilizar alta carga animal con el menor tiempo de ocupación posible, con el consumo de casi todo el forraje, y el descanso óptimo de la pradera, propicia la distribución homogénea del estiércol, la orina y el pisoteo, lo que en conjunto se convierte en un dinamizador de vida en el suelo, genera un rebrote vigoroso de la nueva pastura, esto permite mejorar la capacidad de carga del predio y al mismo tiempo liberar áreas para la conservación y otros usos (Robledo y Garnica, 2021).

Producción

Para conocer los cambios en la producción de leche en las tres generaciones se planteó preguntas en base a: vacas en producción, producción de leche en litros por vaca por día y en litros por vaca por lactancia, los litros de leche comercializados y los sistemas de reproducción en cada época.

No hubo significación estadística ($\text{Chi}^2 = 0,686$) para vacas en producción, ($\text{Chi}^2 = 0,125$) para producción de leche en litros por vaca por día, ($\text{Chi}^2 = 0,473$) en litros por vaca por lactancia y ($\text{Chi}^2 = 0,106$) para los litros de leche comercializados.

Sin embargo, se puede observar las diferencias en producción de leche en litros por vaca por día, así por ejemplo en la primera generación un grupo mayoritario tenía una producción entre 6 y 10 litros/vaca/día, en la segunda generación mejoró la producción a valores entre 11 y 15 litros/vaca/día y en la tercera generación a producciones entre 16 y 25 litros/vaca/día.

Así también en la producción en litros por vaca por lactancia, un buen grupo de la primera generación tenía producciones entre 61 a 100 litros/vaca/lactancia, en la segunda generación se observan producciones entre 101 a 2000 litros/vaca/lactancia y en la tercera generación se registran producciones entre 2001 a mayor de 5000 litros/vaca/lactancia.

Cabe recalcar que en la primera generación se trabajaba con sistemas extensivos, generalmente con pasturas naturales y razas bovinas criollas, por ello las bajas producciones

(6-10 litros/vaca/día), en la segunda generación al trabajar en sistemas semi-intensivos, se tuvo que mejorar los pastizales y el manejo de potreros, especialmente se trabajó con división de potreros y para el efecto se utilizó cerca eléctrica, además con la importación de vacas, como la Holstein se lograron hacer cruces obteniendo un buen mestizaje, incrementando la producción (11-15 litros/vaca/día) y la resistencia de los animales y en la tercera generación al trabajar con sistemas semi-intensivos e intensivos, se mejoró la producción de pastos, en muchos de los casos cultivando pastos de corte y la incorporación de animales de alto valor genético como la Holstein, Brown Swiss y Jersey, con lo que se logra obtener producciones entre 16-25 litros/vaca/día.

La producción de leche en promedio en el estrato de pequeños productores está en 13,5 l/vaca/día, en la mediana va desde el 8,3 a 14,3 l/vaca/día y en el estrato grande la producción va desde 6,5 hasta 15,9 l/vaca/día. El incremento en la producción lechera se debe al uso de suplementos como la melaza, las sales minerales, balanceado, heno, ensilaje, así como la inversión en insumos agrícolas (Bonifaz, 2012 como se citó en GADCM, 2020)

Es importante señalar, que, para producir leche, es necesario que la vaca tenga una cría, de ahí la importancia de los sistemas de reproducción, por ello se hizo la pregunta ¿Cómo era/es el sistema de reproducción en la época?

Del análisis de correspondencia para sistemas de reproducción, se observa significación estadística ($\chi^2=0,001$), es decir hay correspondencia con la generación, en la primera generación prevalecía la monta libre, en la segunda generación la monta dirigida y en la tercera generación se trabaja con inseminación artificial y transferencia de embriones.

En la primera generación al tener un sistema de monta libre en la reproducción, tenía otras complicaciones, como por ejemplo: la vida reproductiva del toro era reducida, no tenían registros de monta ni sabían la fecha del parto, no podían verificar la fertilidad del toro, con frecuencia el toro cubría hembras que no tenían ni el peso ni la edad reproductiva. no llevaban un control sanitario especialmente de aquellas enfermedades de transmisión sexual con la consecuencia de la caída en la producción de leche (Gasque Gómez, 2016). Aspectos que se mejoran en la 2da y 3ra generación con los sistemas de reproducción de monta dirigida, inseminación artificial y transferencia de embriones, con lo que se logra tener un ternero por año y con esto producciones elevadas y un ingreso contante de dinero por concepto de venta de leche.

Prácticas en el ordeño

Para observar los cambios en las prácticas en el ordeño se formuló las siguientes preguntas: ¿Tenía/tiene un área específica para el ordeño?, ¿El área para el ordeño era/es?, ¿El sistema de ordeño era/es?, ¿Cómo era/es el sistema de almacenamiento de la

leche de la época? ¿Se mantenía/mantiene el aseo personal del ordeñador, así como de los utensilios utilizados y del sitio de ordeño?, ¿Cuál era/es el método de limpieza de la sala de ordeño?, ¿Cuántas veces al día ordeñaba/ordeña?, ¿Cuánto tiempo se tardaba/tarda en ordeñar una vaca? (en minutos) y ¿Cuántas vacas promedio ordeñaban/ordeña al día?

Del análisis de correspondencia, se observó no significación estadística para: ¿Tenía/tiene un área específica para el ordeño? con $\chi^2 = 0,720$; ¿Cuántas veces al día ordeñaba/ordeña? con $\chi^2 = 0,558$ ¿Cuánto tiempo se tardaba/tarda en ordeñar una vaca? con $\chi^2 = 0,121$ (en minutos) y ¿Cuántas vacas promedio ordeñaban/ordeña al día? con $\chi^2 = 0,995$.

Se observa significación estadística ($\chi^2 = 0,013$), es decir que hay correspondencia entre el área de ordeño y la generación, en la primera generación el área de ordeño era en el campo o establo, mientras que en la segunda y tercera generación ya se disponía/ dispone de sala de ordeño. El área de ordeño es fundamental para preservar la calidad de la leche, debe mantenerse limpia y ordenada, disponer de suministro de agua, tener luz, ventilación y regulación de temperatura (FAO y FIL, 2012) condiciones adquiridas en la tercera generación.

Para sistemas de ordeño se denota el grado de correspondencia con $\chi^2 = 0,001$, en la primera generación el sistema de ordeño era manual, en la segunda generación el sistema de ordeño era mecánico y en la tercera generación el sistema de ordeño es automatizado. En el sistema de ordeño manual la población mantenía el becerro al pie de la madre para que realice el amamantamiento, además realizaba masajes suaves en la ubre para estimular la bajada de la leche (NotiAgro, 2017), sin duda alguna esta práctica presentaba mermas en la producción y el requerimiento de mayor mano de obra. Con la implementación del ordeño mecánico se logra extraer la leche de forma eficiente e higiénica.

Con $\chi^2 = 0,008$ (significación estadística) se determina la correspondencia entre generación y el sistema de almacenamiento de leche, donde se observa que, en la primera generación, almacenaba la leche en bidones, en la segunda generación utilizaban para el efecto tanque frío y en la tercera generación se implementó el tanque frío inteligente. Los bidones como alternativa de almacenar la leche ayudaban a conservarla por periodos cortos de tiempo y en muchas ocasiones cuando el camión recolector de leche no llegaba a tiempo, provocaba pérdidas de la producción, debido a la proliferación bacteriana. Con la adquisición de los tanques de frío se logró superar este inconveniente ya que el enfriamiento previene el crecimiento bacteriano y con el sistema de refrigeración inteligente el productor ya no tiene la preocupación de regular la temperatura en base a la producción, es así que los avances tecnológicos ayudan a mejorar la calidad del producto hasta que llegue a su destino.

Para el método de limpieza de la sala de ordeño, se observa diferencias estadísticas con $\chi^2 = 0,002$ es decir que esta variable se asocia con la generación. En la primera generación se recogía el estiércol para la composta, en la segunda generación se limpiaba

la sala de ordeño con agua por inundación y en la tercera generación se limpia la sala de ordeño con agua a presión. Acciones que de una u otra manera influyen en la salud ambiental, en la primera generación al recolectar las heces y llevarlos para realizar compost se estaba contribuyendo al reciclaje de nutrientes, es decir que los nutrientes que eran extraídos del suelo a través del pasto que consumían los animales eran devueltos en forma de compost al suelo, constituyendo un ciclo entre suelo, pasto y animal, que es un proceso beneficioso al mantener un equilibrio ambiental, en la segunda y tercera generación se observa procesos de deterioro ambiental al enviar a sus afluentes agua contaminada con estiércol, este hecho puede provocar enfermedades en los animales y en las personas que la consumen.

Se observa diferencias estadísticas con $\chi^2 = 0,017$ para la variable ¿Se mantenía/mantiene el aseo personal del ordeñador, así como de los utensilios utilizados y del sitio de ordeño?, es decir que hay correspondencia con la generación. En la primera generación no se mantenía el aseo personal del ordeñador, ni de los utensilios, ni del área de ordeño. En la segunda y tercera generación se mantenía/mantiene el aseo personal del ordeñador, así como de los utensilios utilizados y del sitio de ordeño. La higiene en general ayuda a reducir la diseminación de enfermedades como la mastitis y a preservar la calidad de la leche (Romero, s.f.).

Tecnologías aplicadas para el mejoramiento de la producción

Para observar los cambios en el uso de tecnologías aplicadas para el mejoramiento de la producción se plantearon las siguientes preguntas: ¿Existían/existen programas de mejoramiento genético?, ¿Cuáles de las siguientes tecnologías aplicaba/aplica para mejorar la genética del ganado de leche?, ¿Qué biotecnologías de la reproducción implementó/implementa en la ganadería de leche?, ¿Utilizaba/utiliza productos hormonales para estimular la producción de leche? y ¿Cómo era/es la crianza de las terneras? No hay significación estadística ($\chi^2 = 0,338$) para ¿Utilizaba/utiliza productos hormonales para estimular la producción de leche? lo que quiere decir que esta variable no tiene correspondencia con la generación. Para la pregunta ¿Existían/existen programas de mejoramiento genético? se observa significación estadística con $\chi^2 = 0,001$ por lo tanto hay correspondencia con la generación. En la primera generación no tenían programas de mejoramiento genético, en la segunda y tercera generación si tenían/tienen programas de mejoramiento genético.

Se observa significación estadística con $\chi^2 = 0,001$ para la pregunta ¿Cuál/cuáles de las siguientes tecnologías aplicaba/aplica para mejorar la genética del ganado de leche?, En la primera generación para la mejora genética se aplicaba selección natural, en la segunda generación se aplicaba la selección de acuerdo al desempeño esperado y en la tercera generación se aplicaba la selección de acuerdo al desempeño esperado y

selección genómica.

Hay correspondencia entre generación y la variable ¿Qué biotecnologías de la reproducción implementó/implementa en la ganadería de leche? con $\chi^2 = 0,004$, en la primera generación no aplicaban biotecnologías de la reproducción, en la segunda generación aplicaban inseminación artificial y en la tercera generación se implementa: sincronización de celos, inseminación artificial, superovulación y transferencia de embriones.

Ante la pregunta ¿Cómo era/es la crianza de las terneras?, se observa la correspondencia con la generación (significación estadística con $\chi^2 = 0,001$), en la primera generación criaban a las terneras al pie de la madre, mientras que en la segunda y tercera generación criaban/crían a las terneras de forma artificial.

Gargano, et. al., (1998) destacan la necesidad de utilizar en forma integrada tecnologías que, aunque conocidas, no son aplicadas ampliamente por los productores para incrementar la productividad de los sistemas ganaderos.

Cambios socio económicos

Empleabilidad y equidad de género

Para observar los cambios que se dieron en cuanto a la empleabilidad y equidad de género, en las diferentes generaciones se planteó las siguientes preguntas: ¿La ganadería de leche aportaba con la generación de empleo directo e indirecto?, ¿Cómo era/es la oferta de mano de obra?, ¿Cuántos empleados tenía/tiene en la ganadería de leche?, ¿Cómo era el contrato de jornaleros?, ¿Los empleados eran afiliados al seguro social o campesino?, ¿Cuántas personas eran afiliadas al seguro social o campesino?, ¿Existía indicadores de desempeño laboral?, ¿Cuántos empleados de sexo masculino tenía/tiene en la ganadería de leche?, ¿Cuántos empleados de sexo femenino tenía/tiene en la ganadería de leche?, ¿Qué actividades realizaban los hombres en la propiedad agropecuaria?, ¿Qué actividades realizaban las mujeres en la propiedad agropecuaria?, ¿Género de la persona que haya tenido/tiene mayor participación en la dirección de la propiedad agropecuaria?, ¿Género del jefe de hogar?, ¿Existía/existe la participación activa de la mujer en la organización, agremiación y fortalecimiento de las asociaciones ganaderas? y ¿Existía/existe participación activa de la mujer en la administración y toma de decisiones relacionadas con la ganadería de leche?

No hay significación estadística para: ¿La ganadería de leche aportaba con la generación de empleo directo e indirecto? con $\chi^2 = 0,374$ ¿Cuántos empleados tenía/tiene en la ganadería de leche? con $\chi^2 = 0,089$; ¿Cuántos empleados de sexo femenino tenía/tiene en la ganadería de leche? con $\chi^2 = 0,424$; ¿Qué actividades realizaban los hombres en la propiedad agropecuaria? con $\chi^2 = 0,965$; ¿Género del jefe de hogar? con $\chi^2 = 1,000$ y ¿Género de la persona que haya tenido/tiene mayor participación en la

dirección de la propiedad agropecuaria? con $\chi^2 = 0,145$.

Para la variable ¿Cómo era/es la oferta de mano de obra?, se observa que en la primera generación era abundante, en la segunda generación era medianamente abundante y en la tercera generación es poco abundante (Significación estadística con $\chi^2 = 0,005$).

Se observa significación estadística ($\chi^2 = 0,001$) para la pregunta: ¿Cómo era el contrato de jornaleros?, en la primera generación se contrataba al personal por día, en la segunda generación se contrataba al personal por semana y en la tercera generación se contrata al personal por mes.

En cuanto a la pregunta: ¿Los empleados eran/son afiliados al seguro social o campesino? se observa significación estadística ($\chi^2 = 0,003$) en la primera generación los empleados no eran afiliados al seguro social o campesino, en la segunda generación ya se empezaba asegurar a los empleados y en la tercera generación los empleados tienen seguro social o campesino.

Se observa significación estadística ($\chi^2 = 0,001$) para la pregunta: ¿Cuántas personas eran afiliadas al seguro social o campesino?, en la primera generación no había ninguna persona afiliada al seguro social o campesino, en la segunda generación ya se tenía a una o dos personas afiliadas y en la tercera generación más de tres personas son afiliadas al seguro social.

En el cantón, 44.885 habitantes no aportan a la Seguridad Social, siendo en su mayoría mujeres, esto como resultado a que sobre la mujer recae la responsabilidad primordial de la salud y el bienestar de la familia, ocupándose en trabajos domésticos no remunerados. Esta realidad no es ajena al cantón, donde el 61% de las mujeres representan a la PEI (UNAM, 2000, como se citó en GADCM, 2020). Únicamente el 35% de la PEA se encuentra afiliada al Seguro Social.

En cuando a la pregunta: ¿Existía indicadores de desempeño laboral? En la primera generación no existía indicadores de desempeño laboral, en la segunda generación algunas empresas ganaderas ya aplicaban los indicadores de desempeño laboral, mientras que en la tercera generación se aplica los indicadores de desempeño laboral por su significación estadística con $\chi^2 = 0,001$

En cuanto a la variable ¿Cuántos empleados de sexo masculino tenía/tiene en la ganadería de leche?, se observa que en la primera generación tenían un número igual o mayor a cuatro empleados de sexo masculino, en la segunda generación, tenían de uno a un número mayor a cuatro empleados de sexo masculino y en la tercera generación tienen entre dos y tres empleados de sexo masculino (Significación estadística con $\chi^2 = 0,043$).

Para la variable ¿Qué actividades realizaban las mujeres en la propiedad agropecuaria? se observa que, para la primera generación, las mujeres realizaban labores de limpieza en la segunda generación ya tenían cargos administrativos, contables y operativos, en la tercera generación las mujeres tienen cargos administrativos, contables, operativos y técnicos (Significación estadística con $\chi^2 = 0,010$).

Antes el trabajo de la mujer era principalmente de apoyo a su esposo en áreas no muy significativas, hoy en día la mujer se caracteriza por ejercer varias tareas a la vez y por poseer un espíritu emprendedor. Las mujeres ganaderas juegan un rol protagónico en el desarrollo social y económico del territorio, como proveedoras de los alimentos para la familia y como generadoras de ingresos para solventar los gastos familiares (alimentos, salud, educación, entre otros). Las mujeres son el pilar que cohesiona la vida familiar y la gestión ganadera, sin dejar a un lado la protección del medioambiente.

Durante las últimas décadas, habido un crecimiento en la participación de la mujer en las empresas de ganadería de leche, desde trabajadoras de la tierra hasta economistas, técnicas, ingenieras, veterinarias, científicas, conservacionistas y propietarias de empresas ganaderas. Además, las mujeres también están a cargo de crear las políticas públicas a favor del sector agropecuario. A todas ellas que con su esfuerzo y trabajo aportan a la ganadería, a la vida rural, por ende, a la sociedad en nuestro país, se le debe otorgar un reconocimiento social que contribuya, en la medida que sea posible a empoderar a la mujer en el ámbito ganadero.

Para la variable ¿Existía/existe la participación activa de la mujer en la organización, agremiación y fortalecimiento de las asociaciones ganaderas? existe correspondencia con la generación (Significación estadística con $\chi^2=0,005$), en la primera generación la mujer no tenía participación, en la segunda y tercera generación la mujer tenía/tiene participación en la organización, agremiación y fortalecimiento de las asociaciones ganaderas. En las últimas décadas, la mujer toma un rol fundamental en diversas actividades económicas y sociales en todo el mundo. Estos cambios también se ven reflejados en el ámbito rural, aunque no siempre de manera visible. Las modificaciones lentas, pero constantes que se incluyen en las dinámicas sociales, han permitido a la mujer incrementar los espacios de participación, protagonismo y liderazgo (Vargas y Monge, 2021).

Ávila (2013) dice que la participación femenina es vital en el desarrollo rural y para ello es necesario realizar acciones para propiciar una distribución equitativa en la toma de decisiones, promover el desarrollo integral de la mujer y facilitarle oportunidades en los procesos del desarrollo. Para la realización de sus funciones dentro de la organización, las mujeres requieren de procesos de capacitación y acompañamiento constante.

La mujer desempeña un rol predominante dentro de las asociaciones que buscan el desarrollo comunitario, triplicando su jornada en muchos casos, pues no solo atienden sus emprendimientos, las labores del hogar y de cuidado, sino que también, son líderes comunales. En esta investigación se identificó la participación de la mujer en la organización, agremiación y fortalecimiento de las asociaciones ganaderas.

Y para la variable ¿Existía/existe participación activa de la mujer en la administración y toma de decisiones relacionadas con la ganadería de leche? con significación estadística ($\chi^2=0,013$) en la primera generación se desconoce de tal situación, en la segunda generación la mujer no tenía participación activa en la administración y toma de decisiones

relacionadas con la ganadería de leche y en la tercera generación la mujer tiene participación activa en la administración y toma de decisiones relacionadas con la ganadería de leche.

La situación de la mujer rural en Ecuador fue una preocupación constante. De acuerdo con Ballara et al. (2012, como se citó en Torres et al. 2016), el principal problema fue la exclusión; las mujeres permanecían en el sector informal de la economía; no accedían a la propiedad de los factores de producción ni participaban en la toma de decisiones. La toma de decisiones estaba dominada por los hombres, apenas en la compra de víveres y en la educación de los hijos la mujer compartía responsabilidad con el hombre. Además, el trabajo de la mujer fue invisibilizado y en gran medida subestimado, tal como se observa en este estudio que tanto en la primera y segunda generación la mujer no tenía un rol protagónico en la administración y toma de decisiones en la ganadería de leche, pero en la tercera generación, el estudio dejó en claro el papel determinante que desempeñan las mujeres en la ganadería de leche, donde participan activamente en la administración y toman decisiones relacionadas con la producción.

Calidad de vida

El desarrollo económico, social y político debe de estar orientado de manera integral al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes (GADCM, 2020). Verdugo et.al., (2007) definían la calidad de vida de un individuo como un estado deseado de bienestar personal, por ejemplo, si la persona considera que sus necesidades básicas están cubiertas y que cuentan con las mismas oportunidades que los demás, para alcanzar sus metas, considerará que goza de una excelente calidad de vida.

Para visualizar los cambios en la calidad de vida de los productores se planteó las siguientes preguntas:

¿La escolaridad era/es? ¿Cuántos miembros de la familia trabajaban/trabajan?
¿Con qué servicios públicos contaba/cuenta la propiedad agropecuaria? ¿La ganadería dedicada a la producción de leche influía/influye en la calidad de vida de los productores?
¿La ganadería de leche aportaba con el desarrollo y bienestar económico de la familia?
¿Cuántos vehículos existían/existen en la propiedad agropecuaria para servicios laborales?
¿La red vial permitía/permite una adecuada transportación de los productos, especialmente de la leche? ¿El promedio de vida era/es? ¿Cómo era la cultura de consumo de leche?
¿Cuál era/es la relevancia de la ganadería de leche en la calidad de vida? ¿Cómo influía/influye la ganadería de leche en la salud de los habitantes?

Se observa la no correspondencia de las variables: ¿La ganadería dedicada a la producción de leche influía/influye en la calidad de vida de los productores? ¿Cuántos vehículos existían/existen en la propiedad agropecuaria para servicios laborales? ¿Cuál era/es la relevancia de la ganadería de leche en la calidad de vida? ¿Cómo influía/influye la ganadería de leche en la salud de los habitantes? y ¿La ganadería de leche aportaba

con el desarrollo y bienestar económico de la familia? con la generación con $\chi^2=0,354$; $\chi^2=0,213$; $\chi^2=0,996$; $\chi^2=0,692$ y $\chi^2=1,000$ respectivamente.

Hay correspondencia entre las variables ¿La escolaridad era/es? y generación con $\chi^2=0,001$ (significación estadística), es así que en la primera generación los productores tenían estudios de primaria, en la segunda generación tenían estudios de secundaria y en la tercera generación tienen estudios de 3er y 4to nivel e inclusive pos-doctorado. La educación se concibe como un derecho humano fundamental y como una obligación ineludible para el Estado, es un área prioritaria de política pública y de inversión estatal. El cantón Mejía es el tercer cantón de la Provincia de Pichincha con mayor tasa de analfabetismo, precedido por el Cantón Quito y Cayambe. Esto último implica un problema, debido a que, la educación constituye la base del desarrollo de una sociedad y al ser una necesidad esencial, el analfabetismo se convierte en una limitación (SENPLADES, 2017, como se citó en PODT, 2020).

Cuanto más bajo es el nivel de estudios más bajo es el nivel de ingresos. El no saber leer y escribir limita, el acceso al mercado laboral, participar en organizaciones comunitarias, acceder a los servicios financieros, de información y demás (UNES, 2020). El nivel de educación de la población mejiese es principalmente primario (36%) y bachillerato (24%), el nivel de escolaridad promedio es de 8 años (INEC, 2010, como se citó en GADCM, 2020).

En la investigación se demuestra que quienes emprendieron con la ganadería de leche tenían estudios, en la primera generación por lo menos terminaron la primaria, en la segunda generación alcanzaron el bachillerato y en la tercera generación se observa personajes con tercer y cuarto nivel y otros con pos-doctorado, lo que ha propiciado el desarrollo económico de la parroquia de Machachi y consecuente del cantón Mejía.

Para la variable ¿Cuántos miembros de la familia trabajaban/trabajan? Se observa significación estadística con $\chi^2=0,006$; en la primera generación trabajaban de 4 a 6 miembros de la familia, en la segunda generación trabajaban de 3 a 5 miembros de la familia y en la tercera generación trabajan 1 a 3 miembros de la familia. El nivel de ingreso familiar es la principal variable que determina el grado de pobreza en una sociedad (Foster et al., 1984 como se citó en Ruboca y Niño, 2010). La pobreza se refiere a un fenómeno multidimensional, que incluye la incapacidad para satisfacer algunas necesidades básicas, como alimentación, vestido, vivienda, salud y educación, así como su influencia limitante en el proceso de aprendizaje de conocimientos y habilidades que conducen al desarrollo del ser humano.

Las familias de cualquier sociedad y sus miembros tienen necesidades que deben ser satisfechas. Las necesidades universales de los individuos, pueden ser o no satisfechas de acuerdo con la disponibilidad de ingresos, Si los integrantes de la familia tienen un empleo bien remunerado entonces alcanzan ingresos suficientes para satisfacer cualquier necesidad que les permiten tener un nivel de bienestar socialmente aceptable.

Para la variable ¿Con qué servicios públicos contaba/cuenta la propiedad agropecuaria? se observa significación estadística con $\chi^2=0,001$, en la primera generación no contaban con servicios públicos, en la segunda generación tenían agua potable, energía eléctrica y teléfono y para la tercera generación cuentan con agua potable, energía eléctrica, teléfono e internet.

Se denomina servicios básicos a aquellos como el agua potable, alcantarillado, energía eléctrica e internet, servicios con los que gozan las familias para poder vivir con un estándar de calidad de vida adecuado. El acceso a los servicios básicos, hacen posible que la población tenga una vida digna, es indicador de condiciones favorables en el bienestar social y, por tanto, en el nivel de desarrollo (GADCM, 2020).

En cuanto a la pregunta: ¿La red vial permitía/permite una adecuada transportación de los productos, especialmente de la leche?. En la primera generación la red vial no permitía una adecuada transportación de los productos, mientras que en la segunda y en la tercera generación, la red vial permitía/permite una adecuada transportación de los productos (Significación estadística con $\chi^2=0,001$).

Para el promedio de vida en cada generación se puede observar que en la primera generación el promedio de vida era mayor a 90 años, en la segunda generación el promedio de vida se encuentra entre 70 y 80 años, mientras que en la tercera generación el promedio de vida es menor a 70 años.

Y para la pregunta: ¿Cómo era la cultura de consumo de leche? se observa que en la primera generación consumían la leche directo de la propiedad, en la segunda generación ya empezaron a adquirir leche procesada y en la tercera generación solo consumían leche procesada.

La cabecera cantonal de Mejía constituye el polo de población más importante del Cantón; y el centro político, administrativo y económico más dinámico del territorio. Machachi cuenta con la mayoría de los servicios básicos: agua, luz, conectividad, teleconectividad, recolección y barrido, transporte público, seguridad, comercio y equipamiento para salud y educación (GADCM, 2020).

Migración

Para observar los cambios que se dieron en cuanto a la migración, se formuló las siguientes preguntas: ¿En qué lugar nació la persona que administraba/administra la ganadería de leche?, ¿Había/hay migración interna que influía/influye en el desarrollo de la propiedad agropecuaria? ¿Había/hay migración externa que influía/influye en el desarrollo de la propiedad agropecuaria?

No hay significación estadística para ¿En qué lugar nació la persona que administraba/administra la ganadería de leche?, ¿Había/hay migración externa que influía/influye en el desarrollo de la propiedad agropecuaria? con $\chi^2= 0.139$ y $\chi^2= 0.376$ respectivamente,

lo que denota que no hay correspondencia con la generación.

Para la variable ¿Había/hay migración interna que influía/influye en el desarrollo de la propiedad agropecuaria? se observó correspondencia con la generación con $\chi^2 = 0,049$ (Significación estadística). En la primera generación no había migración interna, mientras que en la segunda y tercera generación si había/hay migración interna.

En cuanto a la migración externa, en el Cantón Mejía, en el año 2010, se registró que aproximadamente 1.551 personas salieron del país, de las cuales, el 51% eran mujeres y el 49% eran hombres, siendo su principal motivo viaje; el de trabajo, seguido de la unión familiar. El actual país de residencia es España, Estados Unidos e Italia. Para el año 2013 dentro del cantón se identifican 519 habitantes de origen extranjero. Sin embargo, se considera como un grupo minoritario. Esto evidencia que Mejía atrae a muy poca población internacional dadas las condiciones de vida presentes en el cantón.

Al referirnos a la migración interna, el traslado de la población local hacia el resto de las provincias del país ha sido intensiva en el cantón, principalmente por las condiciones de vida, el abandono del campo, falta de vías, equipamientos e incentivos en la producción agrícola. Es así que el 66,7% vive en la provincia de Pichincha, 6,8% en la provincia de Cotopaxi, 6,4% vive en la provincia de Santo Domingo y el 20% en el resto de provincias del país. Así también, experimenta un rápido crecimiento poblacional, con una importante carga de población migrante, dado que se considera al territorio, como punto central donde confluyen los habitantes de la sierra y la costa. La mayor parte de inmigrantes se concentran en el área rural con 29 583 personas, provenientes de Pichincha (32,16%), Cotopaxi (21,05%), Chimborazo (14,11%),

Tungurahua (4,47%), Bolívar (4,53%), Santo Domingo (4,13%), Manabí (3,23%), Loja (3,06%), Carchi (3,19%), Imbabura (2,06%) y el resto de país (8,10%), principalmente como mano de obra en el área agropecuaria (Censo de Población y Vivienda, 2010, como se citó en GADCM, 2020).

CONCLUSIÓN

Toda modificación introducida en el paisaje, provoca una reacción del mismo, cuya magnitud, depende del grado del impacto provocado. Esta reacción desencadena una serie de fenómenos, que actuando a través del tiempo producen los grandes cambios del paisaje sean estos ecológicos, económicos, sociales, culturales y ambientales. La actividad ganadera y la tecnificación en la producción, tiene una influencia significativa en el aprovechamiento y manejo de las tierras y por tanto un papel fundamental en la transformación del paisaje. Los cambios en la actividad ganadera, ha provocado una transformación en la vida de los habitantes del lugar que es altamente positiva desde una perspectiva social y económica, pues se incrementó la rentabilidad y con ello mejoró la calidad de vida de sus habitantes. Dicha transformación en los sistemas de producción es

de vital importancia para dinamizar la economía de las unidades de producción y por ende del valle de Machachi.

REFERENCIAS

Alvarado Morales, R. (2016). Estudio de Mercado “Sector de la leche en el Ecuador”. Superintendencia de Control del Poder Mercado, Quito - Ecuador <http://www.scpm.gob.ec/biblioteca>

Ávila Vargas, G. (2013). Desarrollo rural en Costa Rica: cuatro décadas después. *Perspectivas Rurales Nueva Época*. 11(22), 41-69.

Brassel, Frank e Hidalgo, Francisco. (2007). Libre comercio y lácteos: la producción de leche en el Ecuador entre el mercado nacional y la globalización. Quito: SIPAE. ISBN: 9978-45-690-3 1.

Centeno Bautista, S., Palomera, L.C., Aguilar, J.A., Pérez, M.A., Rodríguez, H.K., Villa, G.A. y Trueta, S.R. (2012). Evaluación económica de dos variaciones de un tratamiento lacto inductor en vaquillas de reemplazo en un sistema de doble propósito tropical. *Veterinaria México*, 43, 295-316.

De Souza Bizi, G. M. (2018). Produção De Bovinos De Corte Da Raça Nelore: Uma Análise Econômica Comparativa Do Sistema Extensivo E Semi-Intensivo. Fundação Universidade Federal De Rondônia – UNIR. [Tesis]. <https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2512/1/TCC%20GEISIANE%20MARIA%20DE%20SOUZA%20BIZI.pdf>

EruditosWiki. (2014). Emblemas de la parroquia Machachi. [http://www.eruditos.net/mediawiki/index.php?title=Emblemas de la parroquia Machachi](http://www.eruditos.net/mediawiki/index.php?title=Emblemas%20de%20la%20parroquia%20Machachi)

Espinosa, J.A., González, T.A., Luna, A.A., Cuevas R. V., Moctezuma López, G., Góngora, S.F., Jolalpa, J.L. y Velez, I. A. (2010). Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA.

Flores Zaruma, N. I. (2004). Proyecto para la instalación de una planta procesadora de lácteos en la parroquia Machachi cantón Mejía. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/1147/T-ESPE-026059.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gargano, A.D., Aduriz, M.A. y Salduragay, M.C. (1998). Sistemas lecheros de la Bahía Blanca y Coronel Rosales, Argentina: cuatro modelos mejorados. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 6:115

Gasque Gómez, R. (2016). Reproducción bovina. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/245-Reproduccion_bovina.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mejía [GADCM]. (2020). Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial 2019-2023. <https://municipiodemejia.gob.ec/assets/PDOT.pdf>

Google Maps, (2021), imágenes tomadas de: <https://www.google.com.ec/maps/place/Machachi/@-0.5149057,-78.5819633,5726m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5a953515be3f3:0xb41782f20311fe43!8m2!3d-0.5114002!4d-78.567019>

INAMHI. (2021). Condiciones metereológicas de Machachi. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/?s=CONDICIONES+METEREOLÓGICAS+DE+MACHACHI>

Instituto Espacial Ecuatoriano [IEE]. (2013). "Generación De Geo información Para La Gestión Del Territorio A Nivel Nacional Escala 1: 25 000". Memoria Técnica del Cantón Mejía. http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINC_HA/MEJIA/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_mejia_socioeconomico.pdf

La Hora. (2004). La producción de leche en Ecuador. <https://lahora.com.ec/noticia/1000217677/la-produccion-lechera-en-el-ecuador>

Lácteos Latam (2020). Ganadería de leche: clave para la reactivación económica del país. <https://www.lacteoslatam.com/sectores/36-leches/4064-industria-l%C3%A1ctea-clave-para-reactivaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-en-ecuador.html>

Marion, J. C. (2010). Contabilidade rural: contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária - imposto de renda pessoa jurídica. São Paulo: Atlas.

Martín, M., Pulido, F. y Escribano, M. (1997). Ganadería extensiva y producciones compatibles. In: La ganadería extensiva en los países mediterráneos de la Unión Europea. Editado por Junta de Extremadura y Consejo Regional de Colegios Oficiales de Veterinarios, p. 13-41.

Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución.

Livestock Research for Rural Development. 15 (10); pg.

Murgueitio, E. y Chará, J. (2005). The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. Livestock Research for Rural Development. 17(2); pg.

NotiAgro. (2017). Ordeño mecánico y manual. <https://www.agromundo.co/blog/ordeno-manual-mecanico/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Federación Internacional de la Leche (FIL). 2012. Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Directrices FAO: Producción y Sanidad Animal. No.- 8. Roma. ISBN 978-92-5-306957-6

Paternina Herazo, C. A. (2018). Montaje de un sistema de rotación de potreros en la finca La Fe Vereda Cayo La Cruz Municipio De San Marcos. Universidad Santo Tomas. [Tesis]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/20309>

Rangel, Q. J., Espinosa, J.A., de Pablos Heredero, C., Barba, C., Velez, I. A., Rivas, J., y García, A. (2017). Adopción de innovaciones y prácticas organizativas de manejo, alimentación y reproducción en pequeñas unidades de producción de vacunos de doble propósito en México. Revista Científica XXVII (1):44-55.

Robledo Salgado, P.A., Garnica Gómez, L.F. (2021). Planificación de la carga animal bovina en función del manejo y rotación de potreros con enfoque sostenible. Publicación CIAT No. 510. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 41 p.

Romero, E. (s.f.). Rutina de Ordeño. http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000018pr.htm

Rucoba García, A. y Niño Velásquez, E. (2010). Ingreso familiar como método de medición de la pobreza: estudio de caso en dos localidades rurales de Tepetlaxtóc. Economía, Sociedad y Territorio, vol. x, núm. 34, 781-812

Torres, Y., Pablos Heredero, C., Morantes, M., Rangel, J., Espinosa, J. A., Angón, E. y García, A. (2016). El papel de la mujer en la explotación de ganado bovino de doble propósito en Ecuador. Arch. Zootec. 65 (251): 309-314.

Vargas Venegas, M. y Monge Hernández, K. (2021). El rol de la mujer en el desarrollo comunitario. Caso Ugrosanta, Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica. Revista Estudios, (42). ISSN 1659-3316

Verdugo, M.A., Schalock, R.L, Gómez, L.E. y Arias, B. (2007). Construcción de escalas de calidad de vida multidimensionales centradas en el contexto: la escala GENCAT. Siglo Cero. Revista española sobre discapacidad intelectual. V. 38(4). N.- 224, pp. 57-72.

Yepes, F. (2001). Ganadería y transformación de ecosistemas: un análisis ambiental de la política de apropiación territorial. En: Palacio, G. Naturaleza en Disputa. Ensayos de Historia Ambiental de Colombia 1850-1995. Bogotá, Colombia.

EL ENGORDE MULTIFASE UNIESPACIAL DE LANGOSTINO, *Litopenaeus vannamei* BOONE EN ALTAS SALINIDADES EN EL DEPARTAMENTO DE PIURA, PERU

Data de submissão: 22/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Salgado-Ismodes, A.

Dpto. de Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Piura

Salgado-Leu, A.

Dpto. de Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Piura

RESUMEN: El engorde de langostino *Litopenaeus vannamei* fue llevado a cabo en Virrila, Piura-Peru, en la estación de verano, (entre los meses de Noviembre y Junio), en las instalaciones pertenecientes al Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Se sembraron en dos oportunidades: 50 mil post-larvas colectadas del medio natural, en Noviembre y 80 mil procedentes de laboratorio en Febrero. Las post-larvas tuvieron una longitud promedio de 9 mm y peso promedio de 0,0017 g. Estas fueron recibidas, dentro del estanque, en un corral de malla de 10 m² y en forma periódica fue agrandándose hasta alcanzar la totalidad del estanque (7500 m²). Esta estrategia es la que se denomina ENGORDE MULTIFASE UNIESPACIAL. El periodo de cultivo alcanzó 220 días. Los parámetros de cultivo fueron:

Temperatura entre 18 a 32°C; salinidad, 38 a 55 ppt; oxígeno disuelto, 1,9 a 12,5 mg/L y pH entre 8,52 y 9,77. El estanque fue fertilizado con 2000 kg de guano de isla/ha/mes. Se suministraron 841 kg de biomasa fresca directa y 1363 kg de alimento inerte elaborado con harina de subproductos de pota (40%), polvillo de arroz (52%) y biomasa fresca de *Artemia* (8%). Su suministro diario se repartió en dos frecuencias: a las 10 y 18 horas. La producción obtenida fue de 842,5 kg de peso entero (1123 kg/ha). La sobrevivencia final fue de 36,32%. El factor de conversión alimenticia fue de 1,7 a 1. Como consecuencia de las dos siembras efectuadas, se obtuvo una composición de colas en la cosecha entre los códigos 21 y 30 (30%), y 46 a 55 (40%).

PALABRAS CLAVE: Penaeidos, *Litopenaeus*, engorde multifase uniespacial, altas salinidades

UNISPATIAL MULTIPHASE
GROWING OUT OF MARINE
SHRIMP, *LITOPENAEUS VANNAMEI*
BOONE IN HIGH SALINITIES IN
PIURA, PERU

ABSTRACT: The growing out of marine shrimp *Litopenaeus* was performed at

Virrilá-Piura-Perú, during summer time (November-June) into Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES) installations. Shrimp postlarvae were seeded and split in two opportunities: 50 thousand pLs collected from nature in November and 80 thousand from lab artificial spawning in February. PLs measured in average, 9 mm length and 0,0017 g weight. These were stabulated into a 10 m² net pen inside the earthen pond. Periodically, size enclosure was enlarged monthly. Up to reach total size pond (7500 m²). This strategy of growth was named as UNISPATIAL MULTIPHASE GROWING OUT. Culturing period was 220 days. Physical-chemical parameters were: Temperature, 18-32°C; salinity, 38 – 55 ppt; dissolved oxygen, 1,9 – 12,5 mg/L and pH, 8,52 – 9,77. Organic fertilization was done with 2000kg/ha/month of marine bird manure. Fresh feeding was supplied with Artemia fresh biomass, 841 kg, produced in the same installation (evaporator ponds) and artificial feeding prepared with ingredients as giant squid by-products (40%), rice bran (40%) and Artemia fresh biomass (8%). Total of 1123 kg of this food was supplied in two daily frequencies: 10 and 18 hours. 842 kg whole shrimps were produced (1123 kg/ha). Final survival was 36,32%. Feeding conversion factor was 1,7:1. As a consequence of the two seedings done, was obtained the following codes of tail sizes: 21-30 (30%) and 46 -55 (40%).

KEYWORDS: Marine shrimps, multiphase grow out, farming, high salinities

1 | INTRODUCCION

El cultivo de langostino en nuestro país esta circunscrito a la especie *Litopenaeus vannamei*, la misma que se ha ido extendiendo no solo en lugares de su distribución natural, sino también a lugares alejados a estos. En este sentido, se debe expresar que siempre se pensó que la única área posible para el cultivo de *L. vannamei* era la zona de influencia de los manglares de Tumbes; sin embargo, la primera experiencia que demostró lo contrario fue en 1989, en la zona de Colán, Piura, consiguiéndose 400 kg de langostinos en 5,500 m² (Salgado, 1989). Posteriormente se continuó tratando de demostrar esta factibilidad, entonces en 1991 se ejecutó en Virrilá una segunda experiencia, consiguiéndose 800 kg en 7,500 m² (Salgado, 1991). A pesar de esto, el sector empresarial no se ha animado a salir decididamente de Tumbes hasta 1995, cuando se establecen unas pocas empresas en la zona sur de Tumbes (Acapulco y Bocapán). No obstante, en ocasión de la presencia de la “enfermedad de la mancha blanca”, se establecieron iniciativas de cultivo de la especie en zonas con disponibilidad exclusivas de agua dulce, con buenos resultados que se mantienen hasta los actuales momentos.

Las experiencias ejecutadas en Piura, se plantean bajo la integración con el cultivo de Artemia (microcrustaceo usado como alimento) (Fig. 1) En esta figura se puede apreciar la forma como se integran y aprovechan ambas actividades, engranándose una con otra. Es en este contexto que el presente trabajo planteó sus objetivos, centrándose en una parte de esta integración, como es el engorde de langostino; proponiendo la estrategia de cultivo denominado ENGORDE MULTIFASE UNIESPACIAL, realizándose en el estanque reservorio del sistema de producción de Artemia. En el cultivo de Artemia, este primer

nivel de estanques permanece independiente (estanque reservorio), cumpliendo la función de almacenamiento en donde se debe generar nutrientes y elevar la salinidad del agua para ser trasladada a los otros estanques subsiguientes (evaporadores). En esta situación es que se aprovechó este espacio generando un producto de mercado competitivo, no afectándose la otra actividad.

2 | MATERIAL Y METODOS

La experiencia se ejecutó en las instalaciones del Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), ubicadas a orillas del estuario de Virrila, en la provincia de Sechura, departamento de Piura-Perú. Estas instalaciones (Fig. 2) se acondicionaron para la producción integrada de langostino-Artemia. El engorde del langostino de la especie *Litopenaeus vannamei* se desarrolló en el estanque reservorio del sistema (E-1), en un área de 7,500 m².

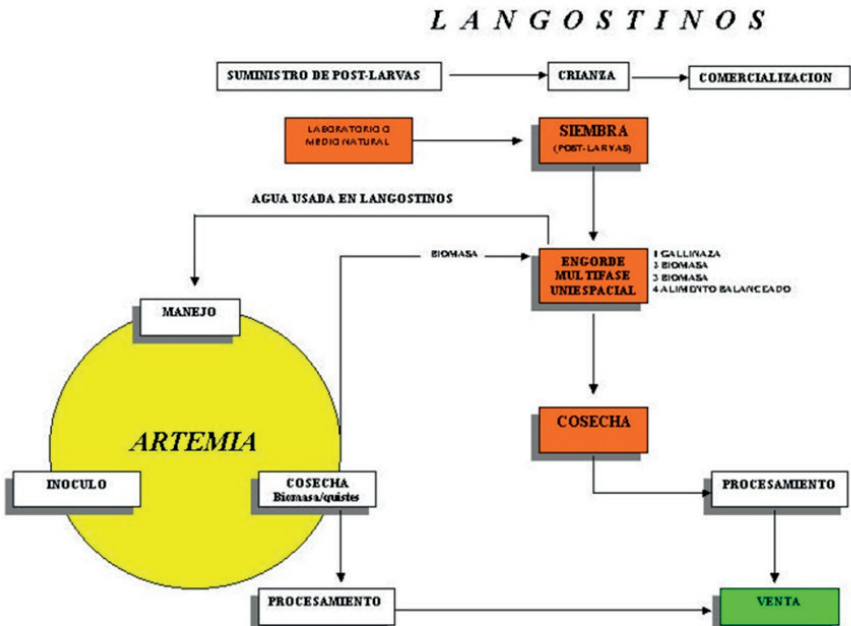


Fig. 1.- Integración Langostino-Artemia

Se efectuaron dos siembras en el mismo estanque. En la primera, se estabularon 50 mil post-larvas, trasladadas del medio natural, de la zona del estero El Bendito, Tumbes; y en la segunda (tres meses después) se estabularon 80 mil post-larvas procedentes de la producción del laboratorio BIOLTECSA-Los Organos, Piura. La longitud promedio fue de 9 mm y el peso promedio 0,0017 g.

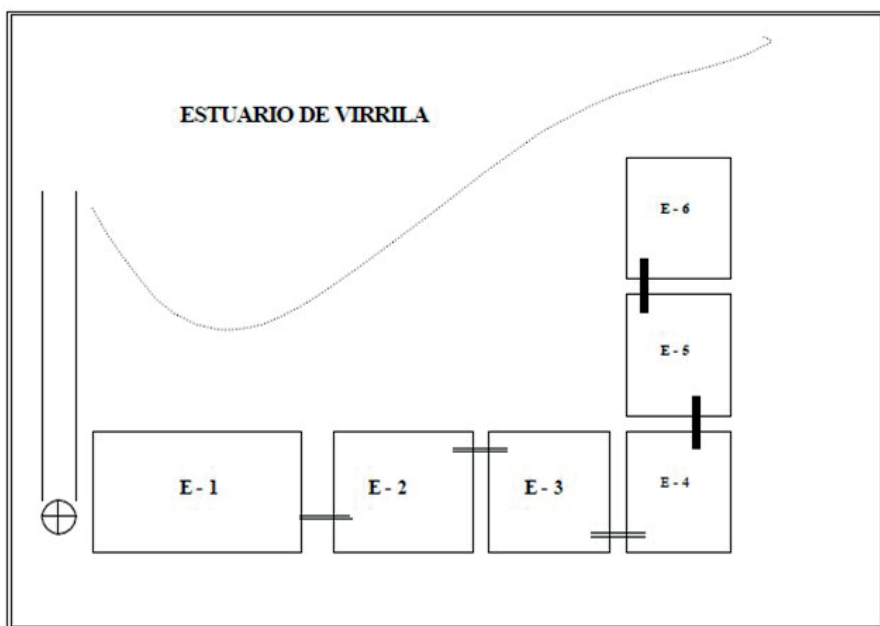


Fig. 2. Instalaciones de Producción langostinos-Artemia, Virrilá-Perú

La estrategia de manejo de esta fase de engorde se planteó bajo el principio de aprovechamiento máximo de espacio, agua y alimento, (Wang and Leiman, 2000) y con la denominación de ENGORDE MULTIFASE UNIESPACIAL. Esto es, hacer el engorde en varias fases espacio-temporales, conforme los animales vayan creciendo. En este sentido, las post-larvas fueron recibidas en un área reducida dentro del estanque reservorio de las instalaciones de producción langostinos-Artemia, para lo cual se acondicionó un corral de malla de 10 m² de superficie, en donde permanecieron por 10 días (Fig. 3). Después se liberaron a otro corral de 100 m², en donde estuvieron 20 días. Al cabo de esto, se liberaron a un área de 1,500 m² y quedaron por 30 días. Luego se duplicó el área a 3,000 m² por 30 días más, y finalmente se amplió a todo el estanque de 7,500 m² por 60 días. El tiempo total del engorde fue de 150 días desde la colocación de post-larvas hasta la cosecha de tamaños adultos de 15 gramos.

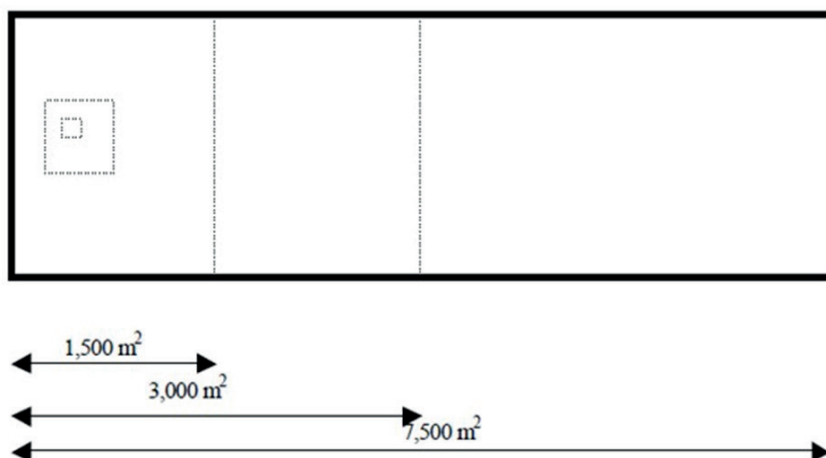


Fig. 3. Instalación para el engorde multifase uniespacial de langostino *L. vannamei*. Las post-larvas fueron sembradas en el espacio encerrado más pequeño, luego este fue agrandado hasta alcanzar todo el estanque.

El agua fue tomada directamente del estuario de Virrila con una salinidad variada (desde 38 hasta 55 ppt), y elevada hacia el estanque reservorio mediante una estación de bombeo conformada por un motor petrolero marca Peters de 33 HP que accionó una bomba de 12" de diámetro de succión que suministró un caudal de 200 litros/segundo, para una diferencia de altura de 3 metros. El estanque fue llenado con una columna de agua entre 1,30 a 1,50 m. Se fertilizó con guano de la isla a razón de 2000 kg/ha/mes, como parte del mantenimiento del sistema Artemia. Se suministró biomasa fresca de Artemia a partir del tercer mes (223 kg), cuarto mes (317 kg) y quinto mes (301 kg). Luego, se preparó alimento artificial elaborado con Harina de pota (subproductos) 40% + polvillo de arroz 52% + Artemia biomasa 8%. Este alimento se preparó haciéndose el mezclado en los momentos previos a su suministro. La aplicación fue ad-libitum a partir del cuarto mes (288 kg), quinto mes (365 kg) y sexto mes (710 kg), dividido en dos dosis diarias (a las 10 horas y a las 18 horas), aplicándose por todo el estanque. Para apreciar su consumo se colocaron dispositivos muestreadores (aros de fierro de 0,5 m de diámetro, con malla sobre su superficie) colocados sobre el fondo del estanque en puntos diversos distribuidos homogéneamente en número de diez. Antes de cada suministro se evaluó visualmente la presencia de alimento sobre los muestreadores. Se efectuaron toma de datos físico-químicos: temperatura del aire y del agua, salinidad, pH y oxígeno disuelto, tres veces al día, en las horas 06, 12 y 18. La población de langostinos se evaluó mediante muestras quincenales para obtener información sobre el desenvolvimiento de sus longitudes y pesos individuales. Luego de las mediciones, los ejemplares fueron devueltos al estanque.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los parámetros descritos, se pueden comparar con los más variados resultados en esta especie. Así tenemos con relación a la temperatura del agua, las más bajas se informan en México, 19 °C (Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera, 1997), como también la más alta 34,1 °C (Martinez-Cordova et al., 1995). Con respecto a la salinidad, la especie tiene una gran tolerancia que va desde 10 ppt (Aragón-Noriega and Calderón-Aguilera, 1997; Gucic et al., 2013; Liu et al., 2024) hasta 57,1 ppt en Virrila, Perú, en donde se mantuvo entre 49 a 60 ppt (Tabla 1) (Salgado, 1991). El oxígeno disuelto se encuentra igualmente en 1,9 mg/L, uno de los pocos reportes al igual que el presente trabajo y el máximo de 12,5 mg/L obtenido en Colan, Perú (Salgado, 1989).

MESES	TEMPERATURA				SALINIDAD				pH				OXÍGENO DISUELTO	
	AIRE		AGUA		ESTUARIO		ESTANQUE		ESTUARIO		ESTANQUE		ESTANQUE	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
1	17,0	29,0	21,0	26,5	38	73	53	56	7,91	8,30	9,15	9,77		
2	20,0	30,5	22,0	29,0	40	72	51	60	8,10	8,47	8,83	9,40	2,0	8,6
3	21,0	33,0	23,0	29,5	38	86	49	57	8,11	8,50	8,41	8,92	2,2	10,2
4	21,0	33,0	23,5	32,0	40	92	49	55	8,07	8,80	8,73	9,68	1,9	12,5
5	18,5	30,0	20,5	28,0	40	93	50	58	8,19	8,67	8,57	8,99	2,4	9,2
6	17,0	30,0	19,3	24,0	38	93	50	60	7,98	8,80	8,60	9,10	4,1	7,0
7	16,4	24,5	18,0	23,0	38	82	51	59	8,39	8,91	8,52	9,16	3,6	10,5

Tabla 1.- Variación de rangos de los parámetros físico-químicos en el engorde multifase uniespacial en alta salinidad de *Litopenaeus vannamei* en Virrila, Piura.

En la tabla 2 se puede observar la producción obtenida, que alcanzó 842,5 kg de peso entero (1.123 kg/Ha, 2.246 kg/ha/año). La sobrevivencia fue de 36,32% correspondiendo una densidad final de 6,3 individuos por metro cuadrado. Producto de las dos siembras diferenciadas se obtuvieron dos pesos promedios: 25,97 y 13,14 gramos respectivamente. Estos resultados pueden ser comparados en primera instancia con la producción alcanzada en Colan, Perú: 742 kg (Salgado, 1989); y Virrila, Perú: 1.067 kg (Salgado, 1991), pesos de langostino entero/hectárea, en condiciones muy similares, resultando el presente algo superior a lo efectuado en Colan, pero menor que Virrila-1991, en razón de un mayor periodo de crianza (5 meses frente a 7 meses).

PARAMETRO	1RA. SIEMBRA	2DA. SIEMBRA	PROMEDIO
TIEMPO DE CULTIVO (DIAS)	224	140	224
SUPERVIVENCIA (%)	34,64	38,01	36,32
DENSIDAD FINAL (IND/M2)	2,3	4	6,3
PESO TOTAL COSECHA (kg)	440,5	401	842,5
PRODUCCIÓN PESO COLA (kg)	293,67	267,33	561
PESO FINAL PROMEDIO (kg)	25,97	13,14	19,85
LONGITUD FINAL PROMEDIO (mm)	143,8	114,7	129,25
PRODUCCIÓN PESO TOTAL/HA (kg)	587	536	1,123
PRODUCCIÓN PESO COLA/HA	391	358	749
CONVERSIÓN ALIMENTICIA			1,7 : 1

Tabla 2.- Resultados obtenidos en el engorde multifase uniespacial en alta salinidad de *Litopenaeus vannamei* en Virrila, Peru

Para otras condiciones - es decir, salinidades menores, se tienen rendimientos entre 700 y 1200 kg/ha/año-Brasil (Moniz, 1993); 1935 kg/ha/ciclo en bajas salinidades 4,8 ppt (Briceño et al. 2022); 4500 kg/ha/año-Venezuela, con mayor nivel de intensificación dentro del semi-intensivo (Clifford, 1997); de 450 a 2250 kg/ha/año-Ecuador (Gonzabay et al., 2021). Estos niveles se logran con mayor disponibilidad de agua, que permita un mayor intercambio, así como una reducción del peso de cosecha: 15 gramos (Letellier, 1993), que para nuestro caso está alrededor de los 120 días (tabla 3), con posibilidades de tener mayor sobrevivencia puesto que esto va en razón inversa al tiempo de cultivo. A partir de los 131 días que se logran 16 gramos de peso individual, la tasa de incremento empieza a descender, aun así, a los 148 días, se logra 20,43 g de peso individual. Con la población correspondiente a la segunda siembra, con 106 días, se lograron 13,29 g, debiéndose considerar que ambas siembras compartieron el mismo espacio, alimento, mayor densidad, entre otros. Con esta estrategia, se lograría más rotaciones del cultivo y mayor productividad por año.

Primera siembra						Segunda siembra					
Tiempo de crianza (días)	Area (m ²)	Long. (mm)	Δ L	Peso (g)	Δ P	Tiempo de crianza (días)	Area (m ²)	Long. (mm)	Δ L	Peso (g)	Δ P
Siembra	10	9,0									
10	10	11,0	2,0								
30	100	15,0	4,0								
56	1500	36,0	21,0								
70	3000	53,6	17,6								
85	3000	78,1	24,5	4,11	4,11	Siembra	10	9,0		0,0017	
105	3000	106,3	28,2	10,51	6,4	22	100	27,4	18,4	0,22	0,21
131	7500	121,7	15,4	16,05	5,54	47	1500	49,7	22,3	1,22	1,0
148	7500	137,0	15,3	20,43	4,38	64	1500	65,6	15,9	5,13	3,91
164	7500	143,1	6,1	21,62	1,19	80	7500	87,9	22,3	10,50	5,37
179	7500	143,2	0,1	24,02	2,4	95	7500	115,7	27,8	12,48	1,98
190	7500	149,0	5,8	25,45	1,43	106	7500	117,0	1,3	13,29	0,81

Tabla 3. Crecimiento de langostinos, *L. vannamei* en engorde multifase uniespacial en altas salinidades

En relación a la sobrevivencia, en el nivel semi-intensivo se señala alrededor de 36% para todo el proceso de crianza, desde post-larva hasta el tamaño comercial (Lee and Wickins, 1996), nivel alcanzado en las condiciones del presente trabajo. En Venezuela, Colombia y Mexico, la sobrevivencia varía entre 30 y 50% (Clifford, 1997), (Martinez, 1987) y (Aragon-Noriega, 1997), respectivamente.

La conversión alimenticia fue de 1,7 a 1, respecto al alimento artificial ofrecido. (tabla 2)

En cuanto a la calidad de los ejemplares, se mostraron con una mayor coloración rojiza, textura de la cola más firme y más dulces. Esto se corrobora con los resultados obtenidos por Li et al., 2024, con salinidades altas de 40 y 52 ppt, en donde se manifiesta un mayor contenido de astaxantina que mejora la coloración del cuerpo. Asimismo, mejora el contenido de aminoacidos libres como acido glutámico y de sabor dulce como prolina y alanina. En cuanto a la composición de tamaños en la cosecha, la cola de los ejemplares, que es uno de los principales productos de mercado, estuvieron entre 21-25 y 26-30 para la primera siembra y entre 46-50 y 51-55 para la segunda siembra. (Fig. 4)

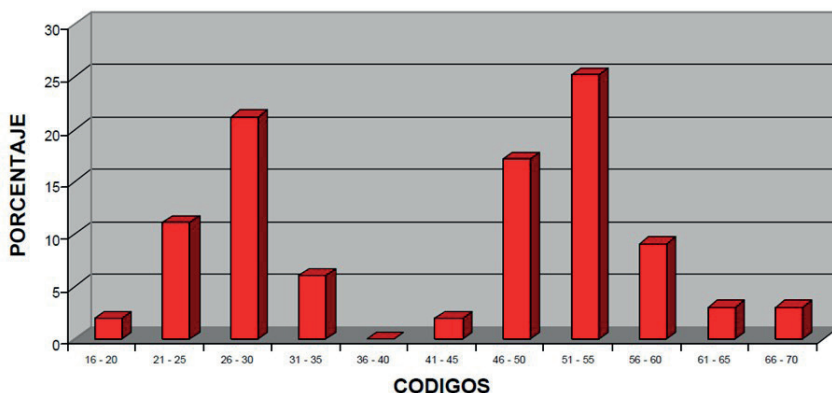


Fig. 4. Composición por tamaños de cola en el cultivo integrado langostinos-Artemia

4 | CONCLUSIONES

- Se confirma el engorde de langostino *Litopenaeus vannamei* efectuado en condiciones extremas de cultivo en el departamento de Piura, Perú.
- Esta actividad es factible en altas salinidades hasta 55 ppt con producciones mínimas de 1100 kg/ha/campaña de 5 meses desde post larva hasta peso comercial de 20 gramos.
- Se plantea una estrategia de engorde en fases, en donde se va proporcionando mayores espacios a los animales estabulados, de acuerdo a su ritmo de crecimiento, aprovechando mejor el espacio, alimento, entre otros.
- Es factible ejecutar esta actividad en el departamento de Piura, condicionada a la estación de verano entre los meses de Octubre y Junio con rangos límites de temperaturas mínimas hasta de 18°C.

REFERENCIAS

- ARAGON-NORIEGA, E. and CALDERON-AGUILERA, L. 1997. **Feasibility of intensive shrimp culture in Sinaloa, Mexico.** World Aquaculture 28 (1): 64-65.
- BRICEÑO, H., VELAZCO, E., MORENO, B., ROMERO, R. Y BARBOZA, L. 2022. **Factibilidad de *Litopenaeus vannamei* (Crustácea, Decápoda: Penaeidae) en áreas provenientes de agua subterránea. Municipio Miranda del estado Zulia – Venezuela.** Journal of the Selva Andina Animal Science. vol. 9, núm. 2.
- CAMARA DE PRODUCTORES DE CAMARON. 1989. **Libro Blanco del Camaron.** Ecuagraf S.A. Guayaquil.
- CLIFFORD, H. 1994. **El manejo de estanques camaroneros.** Seminario Internacional de Camaronicultura: Camarón 94'. Mazatlan, Mexico.

CLIFFORD, H. 1997. **Shrimp Farming in Venezuela**. World Aquaculture 28 (1): 60-61.

GONZABAY, A., VITE, H., GARZÓN, V. Y QUIZHPE, P. 2021. **Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020**. En: Pol. Con. (Edición núm. 62) Vol. 6, No 9 pp. 1040-1058

GUCIC, M; CORTÉS, E., CIVERA, R., RICQUE.MARIE, D. AND MARTÍNEZ, L. 2013. **Apparent carbohydrate and lipid digestibility of feeds for whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae), cultivated at different salinities**. In: REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL 61 (3) , pp.1201-1213

LEE, D. and WICKINS, J. 1996. **Crustacean Farming**. Blackwell Scientific Publications. London.

LETELLIER, E. 1993. **Avances tecnológicos en la producción de camarones *P. vannamei* en el Ecuador**. pag. 109 - 127. En: IV Simposio Brasileiro sobre cultivo de camaroes. I Congresso Brasileiro de Aquicultura. Joao Pessoa (PB), 22 - 27 Novembre 1993.

LI, C., WU, X., LEI, K., TIAN, X., LIU, Y., AND SHAN, H. 2024. **Characterization of the quality and physiological status of *Penaeus vannamei* in salt pans at various salinities**. AQUACULTURE INTERNATIONAL, Volume32 Issue6 Page 8131-8150.

LIU, F., SUN, J., LONG, J., SUN, L., LIU, C., WANG, X., ZHANG, L., ..., AND LI, Y. 2024. **Assessing the Interactive Effects of High Salinity and Stocking Density on the Growth and Stress Physiology of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei***. FISHES Volume 9, Issue 2.

MARTINEZ-CORDOVA, L., VILLARREAL, H. and PORCHAS, M. 1995. **Culture of white shrimp *Penaeus vannamei* in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico**. In: World Aquaculture 26 (4) : 47-48

MARTINEZ, L., OSORIO, D. y TORRES, M. 1987. **Estudio comparativo del comportamiento y desarrollo en el cultivo de camarones marinos del Pacifico y del Caribe colombiano, con énfasis en *Penaeus stylirostris* (Simpson)**. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. INDERENA. 43 pp. Cartagena, Colombia.

MONIZ, L. 1993. **Cultivo e reproducao de *Penaeus vannamei* no Brasil**. pag. 151 - 155. En: IV Simposio Brasileiro sobre cultivo de camarao. I Congresso Brasileiro de Aquicultura. Joao Pessoa, (PB), 22 - 27 Novembre 1993

SALGADO, I. 1989. **Nursery and grow-out of *Penaeus vannamei* in Piura, Peru: Chicken manure and *Artemia* biomass as supplementary feed**. In: Artemia Newsletter N° 10:37

SALGADO, I. 1991. **Nursery and grow-out of *Penaeus vannamei* at high salinities: Integrated farming of *Penaeid* shrimp and *Artemia***. In: Artemia Newsletter N° 19:55 – 56

WANG, J. AND LEIMAN, J. 2000. **Optimizing multi-stage shrimp production systems**. Aquacultural Engineering 22 (2000) 243–254.

PRODUÇÃO E CUSTOS DA COLHEITA EM FLORESTAS NATIVAS E PLANTADAS

Data de submissão: 30/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Roldão Carlos Andrade Lima

Universidade Estadual de Goiás
Ipameri - Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-7239-2555>

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Qüinny Soares Rocha

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém – Pará
<https://orcid.org/0000-0002-0791-517X>

Cássio Furtado Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará - IFPA
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>

Cristiano Márcio Alves de Souza

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

José Rafael Franco

Universidade Estadual Paulista (UNESP)
<https://orcid.org/0000-0002-7129-4304>

Silvana Ferreira Bicalho

Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia
Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-5502-6430>

Luciano José Minette

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
Viçosa - MG (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2038-334X>

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

Stanley Schettino

Universidade Federal de Minas Gerais

Matheus Mendes Reis

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG)
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

RESUMO: A colheita florestal é uma etapa essencial na produção de madeira, influenciando diretamente a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade. O objetivo deste estudo é analisar os fatores que

impactam a produção e os custos da colheita em florestas nativas e plantadas, destacando a influência da mecanização, das condições ambientais e das práticas de manejo. Em florestas plantadas, como eucalipto e pinus, a mecanização possibilita maior eficiência operacional, reduzindo custos e impactos ambientais. Já em florestas nativas, a extração seletiva exige maior intervenção manual, aumentando os custos e os desafios logísticos. Os custos da colheita são influenciados por fatores como relevo, densidade da floresta, tecnologia empregada e distâncias de transporte. A adoção de técnicas de manejo sustentável e o uso de modelos econômicos para otimização das operações podem reduzir desperdícios e melhorar a viabilidade econômica. Além disso, a aplicação do Valor Presente Líquido (VPL) auxilia na análise da rentabilidade e sustentabilidade dos investimentos, proporcionando uma base sólida para decisões estratégicas no setor florestal.

PALAVRAS-CHAVE: Mecanização, custos operacionais, viabilidade econômica, sustentabilidade.

ABSTRACT: Forest harvesting is an essential stage in wood production, directly influencing the profitability and sustainability of the activity. This study aims to analyze the factors affecting production and harvesting costs in native and planted forests, highlighting the influence of mechanization, environmental conditions, and management practices. In planted forests, such as eucalyptus and pine, mechanization enables greater operational efficiency, reducing costs and environmental impacts. In contrast, selective logging in native forests requires more manual intervention, increasing costs and logistical challenges. Harvesting costs are influenced by factors such as terrain, forest density, employed technology, and transportation distances. The adoption of sustainable management techniques and the use of economic models to optimize operations can reduce waste and improve economic feasibility. Additionally, the application of Net Present Value (NPV) aids in analyzing the profitability and sustainability of investments, providing a solid foundation for strategic decision-making in the forestry sector.

KEYWORDS: Mechanization, operational costs, economic feasibility, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

O setor florestal experimentou um avanço significativo nos últimos anos, impulsionado por uma combinação de diversos fatores. Entre os principais, destacam-se a crescente demanda por madeira serrada, papel e celulose, além do crescente interesse em projetos de crédito de carbono.

O processo produtivo florestal passou por avanços significativos em suas diversas etapas, especialmente no que se refere à mecanização dessas operações. Esses avanços tecnológicos têm sido fundamentais para garantir maior agilidade, otimização e precisão nas atividades, resultando em operações mais eficientes. Dessa forma, a mecanização tem desempenhado um papel crucial na evolução do setor florestal, visto que pode contribuir para a melhoria da produtividade e na redução dos custos operacionais.

Segundo Rocha *et al.* (2022), as operações de corte e extração de madeira representam as etapas mais onerosas do processo produtivo florestal. Quando essas

operações são realizadas em florestas nativas, são denominadas exploração de madeira. Em contrapartida, quando realizadas em florestas plantadas, a terminologia mais adequada é colheita de madeira. Essas distinções não refletem apenas em diferenças nas práticas de manejo, mas também têm implicações significativas em termos de sustentabilidade e impacto ambiental, visto que a exploração de madeira em florestas nativas requer cuidados adicionais.

Considerando que essas operações são dispendiosas economicamente, independentemente da origem da floresta ser nativa ou plantada, a otimização desses custos por meio da adoção de tecnologias pode resultar em uma redução significativa das despesas. Essa abordagem não apenas aumenta a rentabilidade, mas também eleva a produtividade do processo florestal.

2 | ASPECTO HISTÓRICO

Desde tempos antigos, o homem depende da madeira, seja para lenha ou para construir edificações. Inicialmente, o corte de madeira era feito com ferramentas manuais como machados e serrotes. Após a Revolução Industrial e a criação dos motores de combustão interna, o engenheiro alemão Andreas Stihl, em 1929, desenvolveu a primeira motosserra. Esta invenção representou um avanço significativo na indústria madeireira, permitindo cortar árvores e processar madeira de maneira muito mais eficiente e rápida do que os métodos manuais tradicionais.

A partir da metade do século XX, a motosserra começou a ser utilizada de forma mais significativa no Brasil, favorecendo o aumento de produtividade da indústria madeireira, bem como a redução de custos inerentes a essa operação.

O principal desafio a ser enfrentado era relacionado à extração da madeira, uma atividade que demandava um esforço físico considerável quando realizada manualmente. Para mitigar esse problema, métodos alternativos como o uso de animais ou adaptações de caminhões munck foram adotados para essa operação. No entanto, essas técnicas frequentemente eram limitadas em eficiência e aumentavam os custos operacionais.

Durante a década de 1970, o crescimento da indústria de papel e celulose no Brasil impulsionou a demanda por madeira, levando a um aumento gradual mecanização do setor. Tratores adaptados para a extração de madeira começaram a ser amplamente utilizados, especialmente em florestas plantadas de eucalipto e pinus. Na década de 1980, essa mecanização se intensificou com a fabricação de maquinários específicos para a colheita de madeira, como *Feller buncher* e o *Skidder*, cujo desenvolvimento foi impulsionado por investimentos das próprias empresas do setor florestal.

A partir da década de 1990, com a abertura de mercado promovida pelo governo Collor, houve uma redução nas tarifas de importação, o que permitiu a consolidação da mecanização no setor florestal brasileiro através da entrada de empresas nacionais

e multinacionais. Essa abertura facilitou a aquisição de maquinários específicos para a colheita e exploração de madeira, promovendo o crescimento tecnológico e aumentando a competitividade das empresas do setor.

A partir dos anos 2000, a mecanização do setor florestal atingiu um novo patamar com a integração de tecnologias digitais e automatização. Assim, máquinas mais sofisticadas, equipadas com sensores e software de gestão, permitiram operações mais precisas e eficientes. Atualmente o Brasil se posiciona como um dos líderes mundiais no setor florestal, sendo que a busca por eficiência e sustentabilidade continua a guiar o setor. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente na área de colheita e exploração de madeira, contribuem para o desenvolvimento econômico do setor.

3 | PRODUÇÃO FLORESTAL

A produção florestal refere-se principalmente a produtividade da floresta, ou seja, a quantidade de madeira que pode ser colhida por unidade de área ao longo de um determinado período. Essa variável é influenciada por diversos fatores, dentre os quais destacam-se a espécie plantada, as condições climáticas, a qualidade do solo, e as práticas de manejo adotadas. Em florestas nativas, outras variáveis englobam a produção, a exemplo do diâmetro mínimo de corte e das espécies com potencial para comercialização.

3.1 Florestas plantadas

A produtividade de florestas plantadas é uma variável crítica que determina a viabilidade das operações florestais. Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (2023), a área de florestas plantadas no Brasil totalizou 9,94 milhões de hectares em 2022, um crescimento de 0,3% em relação ao ano anterior. Dessas áreas plantadas, 76% é composto por eucalipto, enquanto 19% é composta por pinus, ficando 5% a cargo de outras espécies.

A região sudeste é destaque na produção de eucalipto, representando 46% de toda a madeira produzida por essa espécie somente no ano de 2022, seguidas das regiões sul e centro-oeste, ambas com 18% cada. Com relação a produção de pinus, a região sul se destaca como principal fornecedor, representando 89% do total de madeira produzida.

A produtividade do eucalipto no Brasil foi estimada em 32,7 m³/ha/ano para um ciclo de corte médio de 6,7 anos. O estado com a menor produtividade média registrou 20 m³/ha/ano, enquanto o estado com a maior produtividade média alcançou 42,4 m³/ha/ano. Já a produtividade média do pinus no Brasil foi estimada em 30,9 m³/ha/ano, para um ciclo de corte médio de 16,3 anos. O estado com menor produtividade média apresentou 25,1 m³/ha/ano, enquanto o estado com maior produtividade média registrou 33,2 m³/ha/ano (Figura 1).

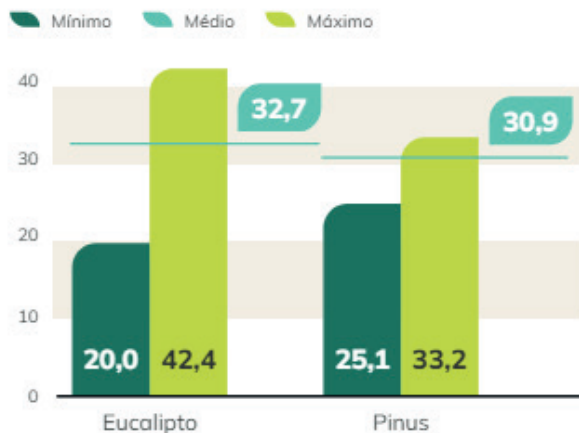


Figura 1. Produtividade média, máxima e mínima de eucalipto e pinus no Brasil (m³/ha/ano)

Fonte: Indústria Brasileira de Árvores (2023)

3.1.1 Colheita de florestas plantadas

A produtividade da colheita de madeira em florestas plantadas pode variar amplamente com base em diversos fatores, incluindo o tipo de máquina, as condições da floresta, o sistema de colheita empregado e a habilidade do operador. De acordo com Machado (2014), existem dois principais sistemas de colheita empregados no Brasil:

- *Cut-to-Length* (toras curtas)

O sistema *cut-to-length* envolve o corte, traçamento e descascamento das toras após a derrubada, sendo destinado principalmente à indústria de papel e celulose. Este sistema geralmente utiliza máquinas florestais do tipo *harvester* para o corte e processamento da madeira, e *forwarders* para a extração.

Em Florestas Plantadas de Eucalipto:

- *Harvester*: produtividade varia de 50 a 120 m³/dia no corte e processamento.
- *Forwarder*: produtividade varia de 100 a 150 m³/dia na extração.

Em Florestas Plantadas com Pinus:

- *Harvester*: produtividade varia de 40 a 100 m³/dia no corte e processamento.
- *Forwarder*: produtividade varia de 80 a 130 m³/dia na extração.

- *Full Tree* (toras longas)

O sistema *full tree* envolve o corte das árvores e seu processamento na margem da estrada, sem descascamento, atendendo principalmente às indústrias de madeira serrada.

Este sistema geralmente utiliza máquinas florestais do tipo *feller buncher* para o corte e *skidder* para a extração da madeira.

Em Florestas Plantadas de Eucalipto:

- *Feller Buncher*: produtividade varia de 200 a 300 m³/dia no corte.
- *Skidder*: produtividade varia de 150 a 250 m³/dia na extração.

Em Florestas Plantadas com Pinus:

- *Feller Buncher*: produtividade varia de 150 a 250 m³/dia no corte.
- *Skidder*: produtividade varia de 120 a 200 m³/dia na extração.

3.2 Floresta nativa

De acordo com Sistema Nacional de Informações Florestais (2020), a área de florestas nativas no Brasil totalizou 484,84 milhões de hectares em 2020, sendo que 69% corresponde ao bioma amazônico, 18% ao cerrado, 7% a caatinga e 3% da mata atlântica. Além destes, as áreas de reservas naturais das florestas plantadas atingiram 6,73 milhões de hectares em 2022, incluindo 4,75 milhões de hectares de Reserva Legal e 1,89 milhão de hectares de Áreas de Preservação Permanente (Indústria Brasileira de Árvores, 2023).

A legislação ambiental permite a realização de exploração de florestas nativas, desde que seja feita de maneira responsável e sustentável. Dessa forma, a produtividade varia de acordo com a espécie explorada, visto que cada uma possui uma particularidade de volumetria. Assim, a autorização de exploração emitida pelo Ministério do Meio Ambiente deve apresentar o volume máximo permissível para ser explorado de acordo com cada espécie florestal.

Em um estudo realizado por Almeida et al. (2021), durante a exploração de uma área de manejo florestal comunitário na Amazônia brasileira, que envolveu espécies como jatobá, sapucaia, maú, entre outros, a produtividade da madeira explorada foi de 3 árvores/ha, representando um volume de 18,4 m³/ha. É válido ressaltar que nessa pesquisa o corte foi realizado de forma semimecanizada com motosserra enquanto a extração foi realizada de forma mecanizada, por meio de um *skidder*.

3.2.1 Exploração de florestas nativas

A produtividade da exploração de madeira em florestas nativas pode variar consideravelmente dependendo de diversos fatores, incluindo o tipo de floresta, a densidade das árvores, a topografia do terreno, as condições climáticas, a habilidade dos operadores e as práticas de manejo florestal adotadas. Devido a especificidade dessas florestas, a motosserra é amplamente utilizada para o corte de árvores e o *skidder* é a máquina usada

para extrair o fuste até o pátio intermediário. Sendo assim, para essas condições, estas máquinas possuem as seguintes produtividades:

- Motosserra: produtividade média varia de 5 a 15 m³/dia no corte;
- Skidder: produtividade varia de 20 a 50 m³/dia na extração.

4 | CUSTOS FLORESTAIS

Conforme supracitado anteriormente, as operações de corte e extração de madeira caracterizam etapas onerosas do processo produtivo florestal que, juntamente com o transporte de madeira, chegam a representar até 50% do custo total de produção madeireira. Os custos florestais referem-se a soma de todos os valores consumidos no processo produtivo, expressos em termos monetários. De forma geral, esses custos podem ser subdivididos em custos fixos e variáveis.

4.1 Custos fixos

Os custos fixos são definidos como as despesas que uma empresa deve pagar, independentemente do quanto está produzindo ou colhendo em um dado momento. Esses custos são essenciais para a operação contínua da gestão florestal e devem ser cobertos independentemente do cenário em que se encontra o setor. Além disso, eles proporcionam a base necessária para que as operações de produção possam ocorrer de maneira eficiente. Envolve a soma dos seguintes itens:

- Depreciação: é a desvalorização financeira das máquinas ao longo do tempo;
- Juros: é a remuneração cobrada pelo capital investido;
- Seguros: são indenização pela ocorrência de fatores externos, como incêndios, tempestades ou outras catástrofes;
- Impostos: são as taxas e contribuições impostas pelo governo;
- Custo com abrigo: é pago em função da benfeitoria e do local de armazenamento necessário para a guarda da máquina;
- Custo com taxas administrativas: referentes aos encargos administrativos (escritório e campo);
- Custo com mão de obra: gastos diretos com os operadores, incluindo salários e encargos, além de gastos indiretos, como alimentação e alojamento, quando for o caso.

Por fim, para determinação dos custos fixos totais, estes podem ser obtidos por meio da equação 1 a seguir:

$$CFT = CD + CSJI + CA + CTA + CMO$$

Em que: CFT é o custo fixo total; CD é o custo de depreciação; CSJI são os custos de seguros, juros e impostos; CA é o custo de abrigo; CTA é o custo de taxas administrativas; CMO é o custo com mão de obra para operação.

4.2 Custos variáveis

Os custos variáveis estão diretamente relacionados ao volume de produção ou ao número de serviços prestados, ou seja, eles aumentam quando a produção aumenta e diminuem quando a produção diminui. Esses custos são essenciais para a continuidade da operação diária e influenciam diretamente a capacidade de produção e o rendimento econômico das atividades florestais. Entender e gerenciar esses custos é crucial para a eficiência operacional e a rentabilidade de uma empresa florestal. Os principais custos variáveis são:

- Custo com combustível: produto do consumo unitário da máquina pelo preço do combustível;
- Custo com lubrificantes: produto do consumo unitário da máquina pelo preço dos lubrificantes (óleos, graxas e afins);
- Custo com óleo hidráulico: produto do consumo unitário da máquina, em um dado período, pelo preço do óleo hidráulico;
- Custo com rodados (pneus e esteiras): produto do custo de aquisição pela vida útil do rodado;
- Custo com mão de obra: gastos diretos com os operadores, incluindo salários e encargos, além de gastos indiretos, como alimentação e alojamento, quando for o caso;
- Custo de reparos e manutenção: gastos com manutenções e reparos das máquinas durante um período trabalhado (inclui peças, materiais, serviços, mão de obra e encargos sociais);
- Custo de transporte de pessoal e máquinas: gastos com transporte de pessoal até as frentes de trabalho e com deslocamento de máquinas e equipamentos, quando necessário.

A determinação dos custos variáveis totais, podem ser obtidos a seguir por meio da equação 2:

$$CVT = CC + CL + COH + CPE + CRM + CMO + CTPM$$

Em que: CVT é o custo variável total; CC é o custo com combustível; CL é o custo

com lubrificantes; COH é o custo com óleo hidráulico; CPE é o custo com pneus e/ou esteiras; CRM é o custo com reparos e manutenção; CMO é o custo com mão de obra para operação; CTPM é o custo com transporte de pessoal e de maquinário.

É importante ressaltar que os custos com mão de obra estão incluídos tanto nos custos fixos quanto nos custos variáveis. Esses custos são considerados fixos porque a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) estabelece o pagamento dos funcionários independentemente da demanda de trabalho. No entanto, também podem ser considerados custos variáveis, pois, conforme a demanda de trabalho, a quantidade de funcionários contratados pode ser aumentada ou diminuída.

5 | FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa é um método baseado nos princípios da matemática financeira que acompanha todas as entradas e saídas de dinheiro de uma empresa ao longo de um determinado período. Em outras palavras, ele mostra como o dinheiro está sendo recebido (entradas) e gasto (saídas), auxiliando no planejamento financeiro da empresa e verificando a viabilidade econômica da operação.

No setor florestal, a maioria das atividades envolvem investimentos iniciais significativos e têm um retorno financeiro vagaroso, que pode levar anos. Um fluxo de caixa bem gerido ajuda a garantir que a empresa tenha dinheiro suficiente disponível para cobrir despesas operacionais e investimentos, mesmo nos períodos em que a receita é baixa ou inexistente.

O fluxo de caixa permite ainda aos gestores a possibilidade de tomar decisões sobre investimentos, expansões e outras estratégias empresariais. Por exemplo, se o fluxo de caixa mostrar que há períodos de baixa liquidez, a empresa pode decidir em adiar certos projetos ou buscar financiamento externo. Além disso, o monitoramento do fluxo de caixa ajuda a identificar rapidamente problemas financeiros, como excesso de despesas ou baixa receita. Isso permite que a empresa tome medidas corretivas antes que os problemas se agravem, evitando crises de liquidez que possam comprometer a operação.

5.1 *Capital expenditure* (CAPEX)

O CAPEX (*capital expenditure*) é uma variável de interesse do fluxo de caixa. Este refere-se aos investimentos realizados em ativos físicos que são essenciais para as operações de colheita e exploração de madeira. Esses investimentos incluem máquinas, implementos e benfeitorias, que são fundamentais para a operação eficiente e produtiva.

As máquinas, implementos e benfeitorias são classificados como investimentos e não como custos operacionais. Isso ocorre porque esses itens têm uma vida útil prolongada e contribuem diretamente para a geração de receita ao longo do tempo. Dessa forma, esses

investimentos são essenciais para garantir a continuidade das operações e a eficiência na colheita e exploração de madeira.

A depreciação é um aspecto crucial a ser considerado na gestão desses ativos, visto que é definida como a perda de valor dos ativos ao longo do tempo devido ao uso, desgaste natural e obsolescência. Ao contabilizar a depreciação, as empresas podem reduzir sua base tributária, resultando em um menor montante de imposto de renda a ser pago. Isso pode melhorar o fluxo de caixa e a lucratividade da empresa.

Nesse viés, conhecer a depreciação dos ativos ajuda no planejamento de futuros investimentos. Isso garante que as máquinas e equipamentos sejam substituídos ou atualizados de maneira oportuna ao fim de sua vida útil, de forma a assegurar a eficiência e a competitividade no mercado.

5.2 Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) é um método de análise econômica eficaz para verificar a viabilidade do projeto de investimento. Esse método consiste em medir a diferença entre o valor presente das entradas de caixa (receitas) e o valor presente das saídas de caixa (custos) de todo o horizonte de planejamento do projeto. Dessa forma, o VPL calcula quanto vale hoje, em termos de dinheiro, todos os fluxos de caixa futuros esperados de um projeto, descontados a uma taxa de retorno específica. O VPL pode ser obtido por meio da equação 3 a seguir:

$$VPL = \sum \left(\frac{R_t}{(1+i)^t} \right) - C_0$$

Em que: VPL é o Valor Presente Líquido; R_t são as receitas ou entradas de caixa no período; i é a taxa de desconto, que representa a taxa de retorno esperada ou o custo de capital; t é o período de tempo considerado (ano, mês, etc.); C_0 é o investimento inicial ou custo inicial do projeto.

O VPL ajuda a avaliar se um projeto ou investimento é lucrativo. Em situações em que o resultado do VPL apresenta um valor positivo, pode-se indicar que o projeto deve gerar mais valor do que o custo investido. Já em situações as quais o VPL apresente um resultado com valor negativo, sugere-se que o projeto não será viável economicamente. Assim, no setor florestal, onde os retornos de investimentos podem levar anos para se concretizarem, o VPL é uma ferramenta crucial para avaliar a viabilidade econômica a longo prazo.

6 | CONCLUSÃO

A análise sobre a produção e os custos da colheita em florestas nativas e plantadas

evidencia a complexidade e a importância da gestão eficiente das operações florestais. A mecanização e os avanços tecnológicos desempenham um papel fundamental na otimização dos processos de corte e extração de madeira, resultando em maior produtividade.

A produção florestal, tanto em florestas plantadas quanto nativas, é influenciada por diversos fatores, incluindo as espécies de interesse, as condições ambientais e as práticas de manejo adotadas. A diferenciação entre os sistemas de colheita e as particularidades das florestas plantadas e nativas reforça a necessidade de estratégias específicas para cada tipo de operação, garantindo maior eficiência e sustentabilidade.

Os custos florestais, sejam fixos ou variáveis, representam uma parcela significativa das despesas totais de empreendimentos florestais, destacando a importância de uma gestão financeira rigorosa. O controle eficaz dos custos operacionais, aliado a um fluxo de caixa bem gerido, é essencial para a viabilidade econômica das operações florestais. A utilização do Valor Presente Líquido (VPL) como ferramenta de análise econômica permite avaliar a lucratividade e a sustentabilidade dos investimentos a longo prazo, proporcionando uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, B. R. S. *et al.* Índices de produtividade em uma área de manejo florestal comunitário na Amazônia brasileira. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 1, 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2023**. IBÁ, 2023.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3. ed. Editora UFV, 2014.

ROCHA Q.S. *et al.* Economic viability of the whole tree harvest under conditions of uncertainty: a study in southeastern Brazil. **International Journal of Forest Engineering**, v. 33, n. 1, 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Florestas naturais**. SNIF, 2020.

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE REMEDIACIÓN DE LA PLANTA VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN SUELOS CONTAMINADOS

Data de submissão: 28/01/2025

Data de aceite: 03/02/2025

Analjorie Lugo Armas

Ing., MSc. Universidad Metropolitana.
Caracas. Venezuela
ORCID: 0009-0007-2517-6300

Verónica Luna Silva

Ing. Universidad Metropolitana.
Caracas. Venezuela

Valeria Amaranta Pacheco Herrera

Ing. Universidad Metropolitana.
Caracas. Venezuela

RESUMEN: El suelo es un recurso natural indispensable para distintas actividades humanas, pues brinda funciones y servicios con beneficios económicos y ambientales fundamentales para el desarrollo de la vida cotidiana. La contaminación es un problema que yace de la disposición incorrecta de desechos orgánicos e inorgánicos, lo que causa un impacto en sus propiedades biológicas y fisicoquímicas. Existen múltiples tecnologías para tratar suelos afectados, y, de acuerdo con Infante (s.f.), en Venezuela uno de los métodos más utilizados es la fitorremediación. Por tal motivo, este estudio examina la capacidad de remediación de la planta Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en

suelos contaminados con agua residual y aceite mineral usado a través de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos específicos como: pH, conductividad eléctrica (CE), demanda biológica de oxígeno (DBO), coliformes totales y fecales, y aceites y grasas, con el objetivo de lograr que sea apto para el cultivo. Se recolectaron valores a condiciones iniciales y finales de los parámetros en tres grupos muestras con variación de número de bulbos plantados y concentración de contaminantes: el grupo A sin contaminantes, y B y C contaminados. Tras 5 meses de tratamiento, los resultados indicaron una disminución de aproximadamente 81,1% en la conductividad eléctrica, 76,4% de la DBO, 92% de coliformes fecales, 9% del pH y del 98,1% de aceites y grasas, demostrando que la planta Vetiver ejerce un efecto fitorremediador en los suelos contaminados.

PALABRAS CLAVE: Vetiver, fitorremediación, suelo contaminado, pH, conductividad eléctrica, DBO, coliformes, aceites, grasas.

EVALUATION OF VETIVER GRASS (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) REMEDICATION CAPACITY IN CONTAMINATED SOILS

ABSTRACT: Soil is an indispensable natural resource for various human activities, providing functions and services with fundamental economic and environmental benefits for the development of daily life. Contamination is a problem arising from the improper disposal of organic and inorganic waste, which impacts its biological and physicochemical properties. Multiple technologies exist to treat contaminated soils, and according to Infante (n.d.), phytoremediation is one of the most used methods in Venezuela. Therefore, this study examines the remediation capacity of the Vetiver plant (*Chrysopogon zizanioides*) in soils contaminated with wastewater and used mineral oil through specific physicochemical and bacteriological parameters such as: pH, electrical conductivity (EC), biological oxygen demand (BOD), total and fecal coliforms, and oils and greases, with the objective of making it suitable for cultivation. Initial and final values of the parameters were collected in three sample groups with varying numbers of planted bulbs and contaminant concentrations: group A without contaminants, and B and C contaminated. After 5 months of treatment, the results indicated a decrease of approximately 81.1% in electrical conductivity, 76.4% of BOD, 92% of fecal coliforms, 9% of pH, and 98.1% of oils and greases, demonstrating that the Vetiver plant exerts a phytoremediation effect on contaminated soils.

KEYWORDS: Vetiver, phytoremediation, contaminated soil, pH, electrical conductivity, BOD, coliforms, oils, greases.

INTRODUCCIÓN

La continua incidencia de prácticas agrícolas, residenciales e industriales irresponsables tienen consecuencias que implican un grave detrimento ambiental, por ello, la contaminación de suelos ocupa el tercer lugar de amenazas ambientales para Europa y Eurasia; mientras que para Latinoamérica ocupa el octavo lugar (FAO, 2019). Por esta razón, las propiedades del suelo pueden cambiar su naturaleza, siendo más sensibles a la absorción de productos químicos tóxicos, metales pesados y residuos orgánicos que amenazan su calidad y fertilidad. Además, pueden conllevar a graves repercusiones en la productividad agrícola, la salud humana y la calidad del agua subterránea, poniendo en riesgo comunidades, (López, 2002).

Existen numerosas alternativas ambientales disponibles para restaurar suelos, basadas principalmente en su función, su composición o extensión y tipo de contaminante, pero usualmente son costosas, siendo necesarias alternativas sustentables y amigables con el ambiente. La fitorremediación entra en este grupo, siendo un método económico y efectivo. El Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) es una planta que tiene capacidades fitocorrectivas, siendo designada por la Red Mundial del Vetiver en el Banco Mundial como la planta ideal para la estabilización y rehabilitación de suelos, control de la erosión y eliminación de contaminantes presentes en suelos y aguas residuales (Tamayo, 2020).

Investigaciones, han demostrado la efectividad del Vetiver en la restauración de

suelos contaminados por derrames de petróleo a través de la manipulación y regulación de determinadas propiedades físicas y químicas necesarias para promover la remediación a través de procesos naturales (Infante, s.f.). Adicionalmente, las condiciones climáticas y factores edáficos del país que facilitan la diversificación, la riqueza de la flora y de microorganismos en el suelo, características de la fitorremediación, son también beneficiosos para el desarrollo y mantenimiento del Vetiver (Infante, s.f.).

La relevancia del éxito de este tipo de sistema vegetal, promovió que el objeto de estudio de este trabajo de investigación fuese evaluar la eficacia y el comportamiento de la planta Vetiver para remediar suelos contaminados, basados en parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos seleccionados mediante un levantamiento bibliográfico.

Para ello, se plantearon las causas que impulsaron la investigación y la experimentación, así como se describieron los objetivos y la delimitación del mismo.

Posteriormente, se establecieron las bases conceptuales necesarias para analizar de forma crítica el comportamiento del Vetiver en función a los resultados obtenidos, tales como la definición de fitorremediación, características relevantes de la planta Vetiver, condiciones de los suelos de cultivo y la descripción de cada parámetro seleccionado.

Luego, se desarrolló una metodología aplicada para la determinación de los parámetros en la fase inicial y final de la experimentación.

Finalmente se exponen los resultados obtenidos en cuanto a tolerancia de contaminantes, absorción y estabilización a través de la comparación de los valores de cada uno de los parámetros.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Revisión bibliográfica y selección de parámetros de estudio

Se investigaron distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que la planta Vetiver es capaz de modificar, considerando las características de un suelo destinado al cultivo.

En la tabla 1, se desglosan las metodologías para determinación de los parámetros seleccionados.

	Parámetro	Metodología
Bacteriológicos	DBO	5 días de incubación
	Coliformes totales y fecales	Número más probable (NMP)
Fisicoquímicos	pH	Electrodo
	Fósforo total	Olsen (1954) con Murphy y Riley (1962)
	Aceites y grasas	Gravimétrico
	Conductividad eléctrica	Electrodo

Tabla 1. Metodologías para la determinación de los parámetros seleccionados

Elaboración de muestras patrón de suelos

Se diseñó un sustrato artificial para simular las condiciones ideales para el crecimiento del vetiver, combinando un 53,71% de suelo limoso comercial y un 46,79% de suelo arcilloso proveniente del Ávila. Este último, con una composición rica en minerales debido a su origen metasedimentario, aporta características particulares al sustrato. Ambos suelos fueron tamizados a través de mallas de 6,35 mm y 4,75 mm para garantizar una homogeneidad adecuada antes de ser mezclados.

Basándose en investigaciones previas, se establecieron las condiciones óptimas para el desarrollo del sistema Vetiver, como un volumen mínimo de 2,65 dm³ de suelo por planta y una separación entre bulbos de 10 a 15 cm. Para el experimento, se seleccionaron macetas de 16,5 cm de diámetro y se establecieron tres tratamientos, cada uno con 12 macetas, para evaluar el efecto del vetiver en suelos con diferentes niveles de contaminación. Las condiciones iniciales de cada tratamiento fueron cuidadosamente registradas (Ver tabla 2).

Montaje del Sistema Vetiver (SV)					
Identificación alfabética	Identificación numérica	Nro. bulbos de Vetiver	Contaminantes	Determinación de parámetros	Identificación en el SV
A	1	un (1) bulbo	NO	Condición final	A1
	2	un (1) bulbo	NO	Condición final	A2
	3	dos (2) bulbos	NO	Condición final	A3
	4	dos (2) bulbos	NO	Condición final	A4
	5	<i>cero (0) bulbos</i>	<i>NO</i>	<i>Condición inicial</i>	<i>A5</i>
B	1	un (1) bulbo	SÍ	Condición final	B1
	2	un (1) bulbo	SÍ	Condición final	B2
	3	dos (2) bulbos	SÍ	Condición final	B3
	4	dos (2) bulbos	SÍ	Condición final	B4
	5	<i>cero (0) bulbos</i>	<i>SÍ</i>	<i>Condición inicial</i>	<i>B5</i>
C	1	un (1) bulbo	SÍ	Condición final	C1
	2	un (1) bulbo	SÍ	Condición final	C2
	3	dos (2) bulbos	SÍ	Condición final	C3
	4	dos (2) bulbos	SÍ	Condición final	C4
	5	<i>cero (0) bulbos</i>	<i>SÍ</i>	<i>Condición inicial</i>	<i>C5</i>

Tabla 2. Composición detallada del Montaje del Sistema Vetiver (SV)

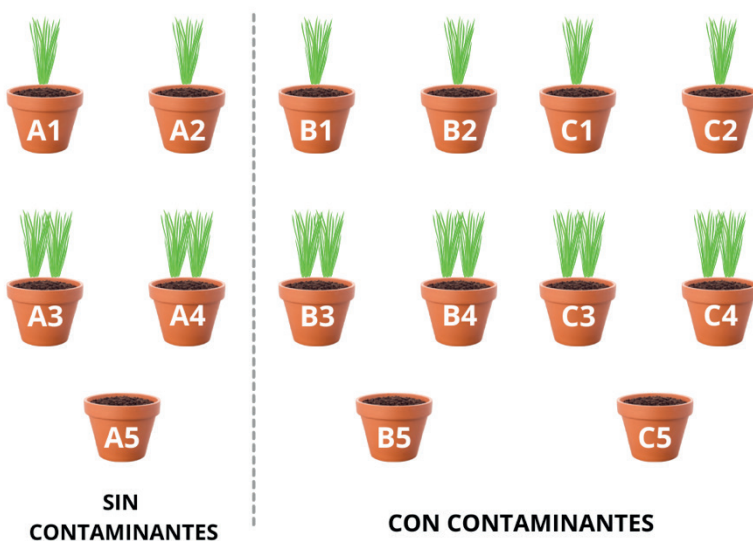


Figura 1. Esquema gráfico del Montaje del Sistema Vetiver (SV)

Adicionalmente cada grupo, clasificado alfabéticamente como se observa en la Figura 1, tuvo dos propósitos a demostrar:

1. Tolerancia a distinta concentración de contaminantes.
2. Efectividad según la cantidad de bulbos de Vetiver.

El primer paso para elaborar las muestras fue depositar porciones másicas (véase Tabla 2) semejantes de suelo en las 15 macetas identificadas alfabéticamente.

Maceta	Masa $\pm 0,1$ g	Promedio másico $\pm$ g	Ajuste (*)	Promedio másico del Ajuste (*)
A1	1090,3	1117,2	-	-
A2	1170,7			
A3	1029,1			
A4	1178,5			
A5	1135,9			
B1	1209,4	1244,0	119,1	137,4
B2	1268,6		97,9	
B3	1227,9		198,8	
B4	1270,2		91,7	
B5	1315,5		179,6	

C1	1474,3		264,9	
C2	1480,9		212,3	
C3	1475,6	1476,4	247,7	215,7
C4	1474,7		204,5	
C5	1464,8		149,3	

Tabla 2. Masa, promedio y ajuste de suelo apto para cultivo añadida por muestra

Luego, se escogieron sustancias contaminantes que respondieran a los parámetros de estudio, concretamente las observadas en la tabla 3, dividiéndose en: material orgánico, con el fin de alterar la composición bacteriológica, y material inorgánico, para alterar condiciones fisicoquímicas.

Parámetro	Sustancia	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Observaciones
Aceites y grasas pH Conductividad eléctrica	Lubricante automotriz multipropósito usado 85W-140	-	5,0 ± 0,2 ml	10,0 ± 0,2 ml	Se calentó a baño termostático hasta 60,0 ± 0,5°C para disminuir su viscosidad cinemática
Coliformes totales y fecales DBO	Agua residual de red cloacal de la Universidad Metropolitana	-	250 ± 5 ml	500 ± 5 ml	Se utilizó un cilindro graduado de 1000 ± 5 ml
Fósforo total	Humus líquido 1,99% P	-	5,00 ± 0,03 ml	10,00 ± 0,02 ml	Se diluyó en un matraz aforado de 100,00 ± 0,08 ml

Tabla 3. Sustancias contaminantes añadidas a las muestras de suelo apto para cultivo

Posteriormente, se procedió a sembrar los bulbos de Vetiver en cada maceta, dando inicio al sistema de fitorremediación. Considerando la sensibilidad inicial de las plantas a la deshidratación, se estableció un protocolo de riego: el grupo A (sin contaminantes) recibió 100 ± 0,08 ml de agua destilada para mantener el suelo húmedo. Los grupos B y C, que ya contenían agua residual como contaminante, no requirieron riego adicional durante esta etapa.

Determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en muestras patrones

Luego de una semana de incubación, las macetas A5, B5 y C5 fueron trasladadas al laboratorio para realizar un nuevo análisis y establecer las condiciones iniciales del experimento. La maceta A5, que contenía el suelo sin contaminantes, sirvió como grupo control para comparar los resultados.

Se empleó una relación suelo-agua de 1:2,5 en todos los análisis, siguiendo los protocolos establecidos en el Manual de prácticas del Laboratorio de Calidad Ambiental de

Lavado del suelo bajo la norma UNE 77303 de calidad del suelo de la norma española

Para preparar las muestras de suelo para su análisis, se pesó el contenido de cada maceta, excluyendo las partes de la planta, y se colocó en un recipiente. Luego, se agregó agua destilada en una proporción de 1 parte de suelo por 2,5 partes de agua. Esta mezcla se agitó enérgicamente durante 30 minutos para asegurar una buena homogenización. Posteriormente, la suspensión se filtró para eliminar cualquier partícula sólida mayor, como hojas o pequeñas piedras, y se almacenó en recipientes limpios y cerrados a una temperatura de 4°C para preservar la muestra y evitar alteraciones en su composición.

Determinación de potencial de hidrógeno (pH), método del electrodo

Se determinó el pH del suelo siguiendo las recomendaciones de la RILSAV, utilizando una proporción de 1 parte de suelo por 2,5 partes de agua destilada. Después de dejar reposar la suspensión durante 2 horas, se midió el pH con un electrodo previamente calibrado con soluciones buffer. Para asegurar la precisión de las mediciones, se utilizó un cilindro graduado de 1 litro y se realizaron tres mediciones por muestra, utilizando vasos de precipitados de 200 ml. Los resultados obtenidos se registraron en tablas.

Determinación de la conductividad eléctrica, método del electrodo

Para garantizar la precisión de las mediciones de conductividad eléctrica, se inició el proceso verificando el funcionamiento del conductivímetro ST20C-B sumergiéndolo en agua destilada. A continuación, se procedió a medir la conductividad eléctrica de cada muestra en triplicado, utilizando vasos de precipitados de 200 ml y un cilindro graduado para medir los volúmenes. Entre cada medición, el equipo se lavó con agua destilada para evitar contaminaciones cruzadas. Los resultados obtenidos se registraron de forma detallada en tablas.

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), método 5 días de incubación

Para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se empleó un método directo. Inicialmente, se midió la concentración de oxígeno disuelto en cada muestra utilizando un oxímetro. Luego, las muestras se almacenaron en botellas Winkler en oscuridad a 20°C durante 5 días. Al finalizar este periodo, se midió nuevamente el oxígeno disuelto en cada muestra. La diferencia entre la concentración inicial y final de oxígeno representó

la DBO, es decir, la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos durante la descomposición de la materia orgánica presente en el agua, aplicando la siguiente fórmula:

$$DBO_5 = ODI - ODF \tag{1}$$

Donde:

ODI = Oxígeno disuelto inicial (mg/l)

ODF = Oxígeno disuelto luego de 5 días (mg/l)

Determinación Coliformes Totales y Fecales, método NMP

Siguiendo el protocolo del Manual de Procesos del Laboratorio de Calidad Ambiental, se prepararon soluciones y caldos de cultivo (Lauril Triptosa, Bilis Verde Brillante y EC) para realizar análisis microbiológicos. Se elaboró agua de dilución estéril, ajustando su pH y esterilizándola en autoclave. Los caldos de cultivo se prepararon en las cantidades necesarias, siguiendo las indicaciones de la Tabla 4, y se almacenaron a 4°C para mantener su calidad. Para cada muestra, se utilizaron 15 tubos con los diferentes caldos, realizando diluciones seriadas hasta 10⁻² y se incubaron a 37°C. Este procedimiento permitió evaluar la presencia y cantidad de diferentes grupos microbianos en las muestras de agua.

Reactivo	Cantidad	Error ± g	Solvente	Dilución (ml)	Error ± ml	Observación
Caldo Lauril Triptosa	17,8	0,1	Agua destilada	1000,0	0,3	Coloración amarillenta
Caldo Bilis Verde Brillante	20,0	0,1	Agua destilada	1000,0	0,3	Coloración verdosa oscura
Caldo EC	18,5	0,1	Agua destilada	1000,0	0,3	Coloración amarillenta

Tabla 4. *Detalles de la preparación de caldos de cultivo para la determinación de coliformes totales y fecales*

Se prepararon 15 tubos por muestra para cada uno de los caldos de cultivo (Lauril Triptosa, BVB y EC), los cuales fueron esterilizados en autoclave. Tras verificar la esterilidad de los caldos, se procedió a inocularlos con las muestras. Para ello, se realizaron diluciones seriadas (10⁻¹ y 10⁻²) de cada muestra y se sembraron en los tubos correspondientes. Los tubos inoculados se incubaron a 35°C durante 48 horas para promover el crecimiento de microorganismos. Se tomaron todas las precauciones necesarias para evitar la contaminación durante el proceso, como la desinfección de las superficies de trabajo y la utilización de material estéril (véase figura 2).

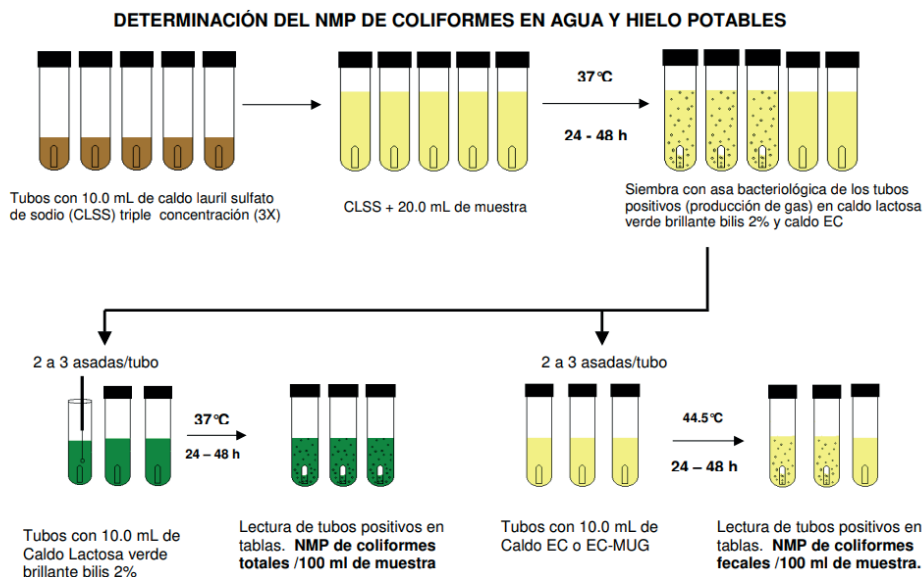


Figura 2. Esquema referencial del proceso de incubación y contaminación de cada caldo de cultivo para la determinación de coliformes totales y fecales

Pasadas 48 horas de incubación, se verificó si había crecimiento bacteriano en los tubos con caldo Lauril Triptosa, identificando aquellos que mostraban turbidez o producción de gas. El contenido de estos tubos positivos se transfirió a los caldos BVB y EC para realizar pruebas confirmatorias. Los tubos se incubaron a diferentes temperaturas por tiempos específicos. Luego de la incubación, se contabilizaron los tubos positivos en cada dilución y se utilizó una tabla de número más probable (NMP) para estimar la cantidad de coliformes totales y fecales presentes en la muestra original (Ver Apéndice 1).

Determinación de Fósforo Total, método Olsen (1954) por el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962)

Para determinar el fósforo total en las muestras, se seleccionó el método de Olsen et al. (1954) combinado con el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962), adaptado al protocolo del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Metropolitana. Esta elección se basó en los resultados iniciales del pH de las muestras. Antes de iniciar las pruebas, se prepararon todas las soluciones necesarias, considerando su estabilidad y siguiendo las indicaciones de la Tabla 5.

Reactivo	Cantidad (g)	Error $\pm$ g	Solvente	Dilución (ml)	Error $\pm$ ml
Fenoltaleína 0,0157 M	0,5012	0,0001	Alcohol etílico (50 ml) y Agua destilada (50 ml)	100,00	0,08
Hidróxido de sodio 1 N	20,0	0,1	Agua destilada	500,00	0,20
Ácido ascórbico 0,100 M (*)	0,176	0,0001	Agua destilada	10,00	0,02
Tartrato de antimonio y potasio 0,0082 M	1,3717	0,0001	Agua destilada	500,00	0,20
Molibdato de amonio 0,0032 M	20,0	0,1	Agua destilada	500,00	0,20
Bicarbonato de sodio 0,5 M	21,0000	0,0001	Agua destilada	500,00	0,20

Nota (*): Se preparó por cada experiencia 10,00 $\pm$ 0,02 ml.

Tabla 5. Preparación de soluciones necesarias para la determinación de fósforo total

Para la determinación del fósforo total se utilizaron soluciones de ácido sulfúrico de concentraciones específicas, las cuales ya estaban preparadas. Debido a la probable turbidez de las muestras de suelo, se decidió incluir un blanco de reactivo para cada muestra, con el fin de corregir cualquier interferencia en las lecturas. El procedimiento experimental se realizó por duplicado, utilizando dos fiolas por muestra: una para la muestra en sí y otra para el blanco de reactivo.

Asimismo, se decidió dividir la determinación de fósforo en tres fases fundamentales:

1. Extracción con bicarbonato:

Se extrajo el fósforo soluble en bicarbonato del suelo utilizando una solución de bicarbonato de sodio 0.5 M. La mezcla de suelo y solución se agitó y centrifugó para separar la fase líquida, que contenía el fósforo extraído.

2. Digestión con persulfato de amonio:

La fase líquida obtenida en la extracción se sometió a una digestión ácida con ácido sulfúrico y persulfato de amonio (ver tabla 6) para convertir todo el fósforo presente en ortofosfato. La mezcla se calentó hasta ebullición y luego se neutralizó con hidróxido de sodio.

Solución	Solución	Volumen añadido	Error $\pm$ ml
<i>Reactivo Combinado</i> (se debe agregar cada solución en estricto orden, para la comprobación de su correcta preparación debe presentar una coloración amarillenta)	Ácido sulfúrico 5N	10,0	0,1
	Tartrato de antimonio y potasio 0,0082 M	1,00	0,01
	Molibdato de amonio 0,0032 M	3,00	0,01
	Ácido ascórbico 0,100 M	6,00	0,01
Blanco Reactivo (no debe presentar coloración)	Ácido sulfúrico 5N	20,0	0,1
	Molibdato de amonio 0,0032 M	6,00	0,01

Tabla 6. Volumen de preparación de reactivo combinado y blanco reactivo para cada experiencia

3. Colorimetría:

Se añadió un reactivo colorimétrico a las muestras digeridas, formando un complejo coloreado que absorbe luz a una longitud de onda específica. La absorbancia de este complejo se midió utilizando un espectrofotómetro, y su valor se relacionó con la concentración de fósforo en la muestra original. Se utilizó un blanco de reactivo para corregir cualquier interferencia en las lecturas.

Determinación de Aceites y Grasas, método Gravimétrico

Se preparó un solvente de extracción específico y se acondicionaron los balones de destilación para asegurar la pureza de las muestras. A una muestra de agua se le adicionó el solvente de extracción y se agitó vigorosamente. Luego de dejar reposar para la separación de fases, la capa orgánica (que contiene los aceites y grasas) se recolectó y concentró en un rotavapor. Finalmente, el balón con el residuo de aceite y grasa se secó en un horno y se pesó. La diferencia entre el peso inicial y final del balón permitió calcular la concentración de aceites y grasas en la muestra original.

Tratamiento de fitorremediación con la muestra de suelo a través de la planta Vetiver

Una vez realizado el montaje y registradas las condiciones iniciales para cada parámetro, se dejó actuar al sistema Vetiver durante 24 semanas. A lo largo de este período de tiempo, se realizaron chequeos semanales con respecto a humedad en las macetas, longitud del tallo y cambios cualitativos de las plantas (hojas secas, marchitas o con cambios evidentes)

Análisis y discusión de resultados

Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de los parámetros seleccionados de muestras tratadas con la planta Vetiver

Potencial de Hidrógeno (pH)

Condición inicial del pH del suelo

Maceta	pH	Media pH	Varianza	Desviación estándar	Categoría según Osorio (2012)
	7,398				
A5	7,455	7,424	0,001	0,02	Alcalino
	7,427				

	7,751				
B5	7,747	7,757	0,000	0,005	Alcalino
	7,758				
	7,945				
C5	7,943	7,942	0,000	0,002	Alcalino
	7,939				

Tabla 7 Condición inicial de muestras con respecto al pH

Condición final del pH del suelo

Condición inicial pH	Muestra	Condición final pH	Media de condición final	Tasa de Remoción (%)	Varianza	Desviación estándar
7,424	A1	7,293	7,292	1,778	0,000	0,01
		7,278				
		7,305				
	A2	6,977	6,940	6,524	0,001	0,03
		6,924				
		6,918				
	A3	6,878	6,901	7,040	0,000	0,02
		6,910				
		6,916				
	A4	6,936	6,913	6,879	0,000	0,02
		6,914				
		6,890				
7,757	B1	7,066	7,065	8,920	0,000	0,008
		7,074				
		7,055				
	B2	7,148	7,133	8,040	0,000	0,02
		7,113				
		7,139				
	B3	6,706	6,784	12,550	0,005	0,07
		6,765				
		6,880				
	B4	6,674	6,683	13,850	0,000	0,008
		6,682				
		6,693				

		7,039				
7,942	C1	7,054	7,044	11,300	0,000	0,007
		7,040				
		7,241				
	C2	7,252	7,259	8,600	0,000	0,02
		7,284				
		7,100				
7,942	C3	7,133	7,114	10,430	0,000	0,01
		7,108				
		7,023				
	C4	7,018	7,020	11,600	0,000	0,002
		7,020				

Tabla 8. Condición final de muestras con respecto al pH

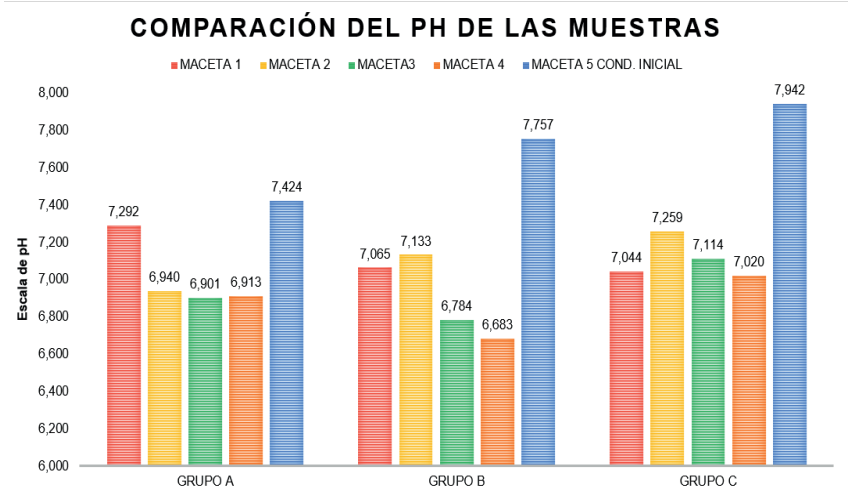


Figura 3. Gráfico comparativo de los valores de pH obtenidos en las muestras

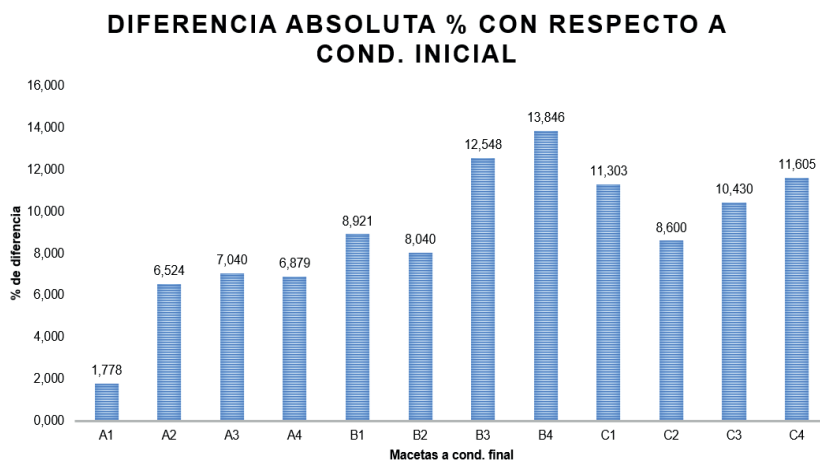


Figura 4 .Diferencia absoluta porcentual respecto a la condición inicial de pH en las muestras

Análisis de resultados

La disminución del pH en el suelo se produce principalmente por tres mecanismos: la producción de dióxido de carbono (CO₂) por la actividad microbiana y la respiración de las raíces, la mineralización de materia orgánica y la formación de ácido carbónico a partir del CO₂ atmosférico y el agua. El Vetiver, al promover la aireación y el drenaje del suelo, favorece estos procesos, aumentando la producción de CO₂ y, por ende, la acidificación.

Sin embargo, el Vetiver también posee mecanismos para alcalinizar el suelo. Estudios han demostrado que esta planta puede producir compuestos alcalinos como los sesquiterpenos, que ayudan a neutralizar la acidez. Además, el Vetiver puede ajustar el pH del suelo según las condiciones ambientales y las necesidades de la planta.

Los resultados del estudio mostraron una disminución del pH en el suelo, lo que indica que el Vetiver tuvo un efecto acidificante, pero dentro del rango esperado. Esto sugiere que el Vetiver puede ser utilizado para mejorar la calidad de suelos ácidos, pero también puede adaptarse a diferentes condiciones de pH.

Conductividade elétrica

Condição inicial de la conductividade elétrica del suelo

Maceta	Conductividade elétrica (μS/cm)	Media Conductividade elétrica (μS/cm)	Varianza	Desviación estándar	Categoría según Sela (2019)
A5	1647	1649	5	2	Moderadamente salino
	1652				
	1648				
B5	1282	1285*	6	2	Ligeramente salino
	1288				
	1286				
C5	986	985*	18	4	Ligeramente salino
	979				
	989				

Nota (*): No representan valores congruentes, su concentración de sales es potencialmente mayor.

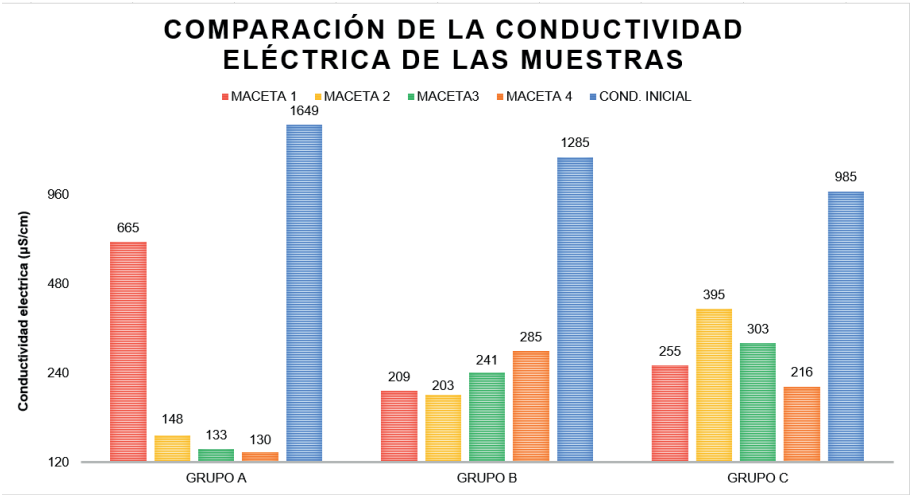
Tabla 9. Condición inicial de muestras con respecto a la conductividad eléctrica

Condição final de la conductividade elétrica del suelo

Condição inicial (μS/cm)	Muestra	Condição final (μS/cm)	Media de condición final	Tasa de disminución (%)	Varianza	Desviación estándar	Categoría según Sela (2019)
1649	A1	665	665	59,7	0	0	No salino
		665					
		666					
	A2	147	148	91,0	2	1	No salino
		148					
		150					
	A3	132	133	91,9	2	1	No salino
		133					
		135					
	A4	131	130	92,1	1	1	No salino
		129					
1285	B1	129	209	83,7	1	1	No salino
		208					
		210					
	B2	209	203	84,2	0	0	No salino
		204					
		203					
	B3	203	241	81,3	0	0	No salino
		241					
		240					
	B4	241	285	77,8	0	0	No salino
		285					
		286					

985	C1	257	255	74,1	2	1	No salino
		255					
		254					
		395					
	C2	394	395	59,9	2	1	No salino
		397					
		303					
	C3	302	303	69,3	0	0	No salino
		303					
		217					
	C4		216	78,0	1	1	No salino

Tabla 10. Condición final de muestras con respecto a la conductividad eléctrica



Nota: Gráfica a escala logarítmica.

Figura 5. Gráfico comparativo de los valores de conductividad eléctrica obtenidos en las muestras

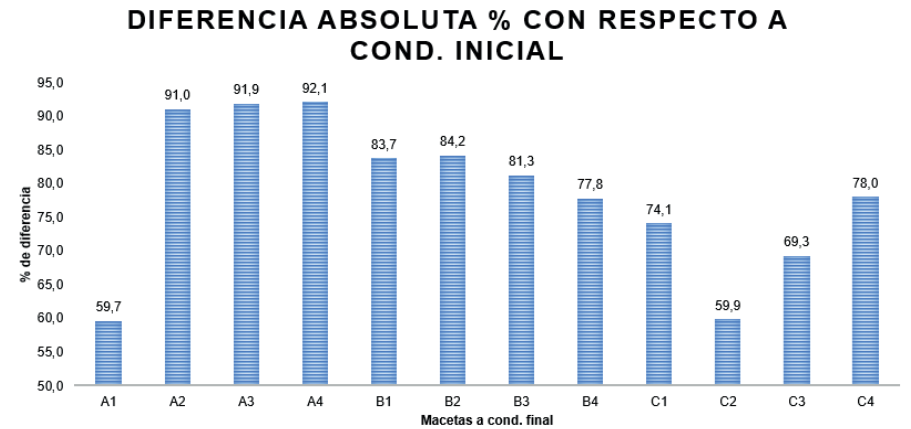


Figura 6. Tasa de remoción respecto a la condición inicial de conductividad eléctrica en las muestras

Análisis de resultados

El estudio sugiere que el Vetiver puede mitigar los efectos negativos de la salinidad en el suelo a través de diversos mecanismos. La planta, al desarrollar un extenso sistema radicular, mejora la estructura del suelo, facilita la filtración del agua y promueve el intercambio iónico. Además, el Vetiver puede absorber y acumular sales en sus tejidos, transformándolas en formas menos tóxicas o facilitando su extracción del suelo.

Los resultados obtenidos muestran que el Vetiver fue efectivo en reducir la conductividad eléctrica del suelo, lo que indica una disminución en la concentración de sales. Sin embargo, la tasa de disminución no mostró una relación directa con la cantidad de bulbos plantados, sugiriendo que otros factores, como la presencia de contaminantes como el aceite mineral, podrían haber influido en los resultados.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Condición inicial del DBO del suelo

Maceta	Mediciones Oxígeno Inicial (mg/L)	Promedio (mg/l)	Mediciones Oxígeno final (mg/L)	Promedio (mg/l)	Resultado
A5	11,60	11,62	4,89	4,93	6,69
	11,61		4,94		
	11,66		4,97		
B5	11,72	11,77	4,99	4,99	6,78
	11,81		4,97		
	11,77		5,01		
C5	11,89	12,01	5,03	5,07	6,94
	11,97		5,07		
	12,16		5,10		

Tabla 11. *Resultados de DBO en las muestras iniciales*

Condición final del DBO del suelo

Maceta	Mediciones Oxígeno Inicial (mg/l)	Promedio (mg/l)	Mediciones Oxígeno Final (mg/l)	Promedio (mg/l)	Resultado	Tasa de Remoción (%)
A1	8,33	8,41	5,54	5,50	2,91	56,5
	8,44		5,48			
	8,47		5,48			
A2	8,37	8,38	5,94	6,04	2,35	64,9
	8,38		6,07			
	8,40		6,10			
A3	8,36	8,38	6,14	6,12	2,26	66,3
	8,42		6,08			
	8,35		6,14			
A4	8,39	8,37	6,23	6,21	2,16	67,8
	8,38		6,20			
	8,33		6,20			
B1	7,45	7,60	5,88	6,00	1,60	76,1
	7,62		6,04			
	7,72		6,07			
B2	7,83	7,93	6,07	6,07	1,85	72,3
	7,96		6,03			
	7,99		6,12			
B3	7,83	7,84	7,21	7,22	0,62	90,8
	7,84		7,23			
	7,84		7,22			
B4	8,02	8,07	7,13	7,15	0,92	86,2
	8,06		7,16			
	8,13		7,15			
C1	8,18	8,24	6,89	7,01	1,22	81,7
	8,23		7,06			
	8,30		7,09			
C2	8,21	8,23	7,19	7,12	1,11	83,4
	8,24		7,09			
	8,25		7,08			
C3	8,28	8,33	7,28	7,24	1,09	83,8
	8,33		7,21			
	8,38		7,24			
C4	8,21	8,22	7,34	7,33	0,89	86,7
	8,29		7,31			
	8,16		7,35			

Tabla 12. Resultados de DBO en las muestras finales

Fuente: Elaboración propia.

COMPARACIÓN DEL DBO EN LAS MUESTRAS

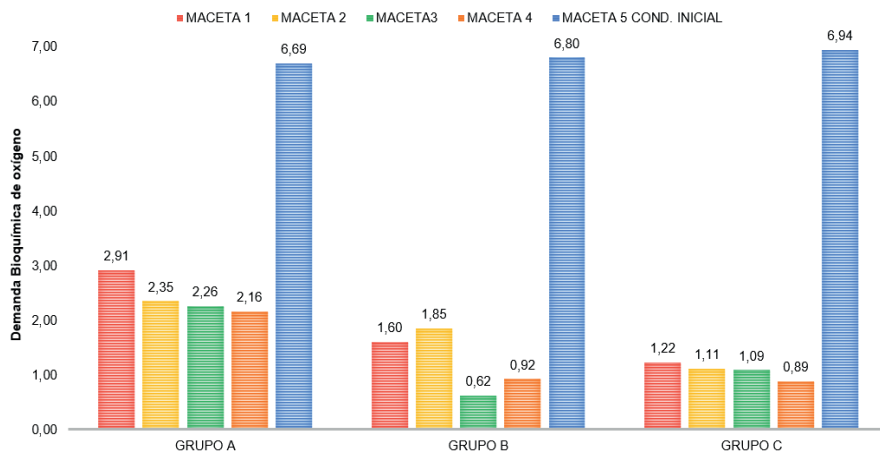


Figura 7. Comparación entre los valores de DBO obtenidos en las muestras

TASA DE REMOCIÓN % CON RESPECTO A COND. INICIAL

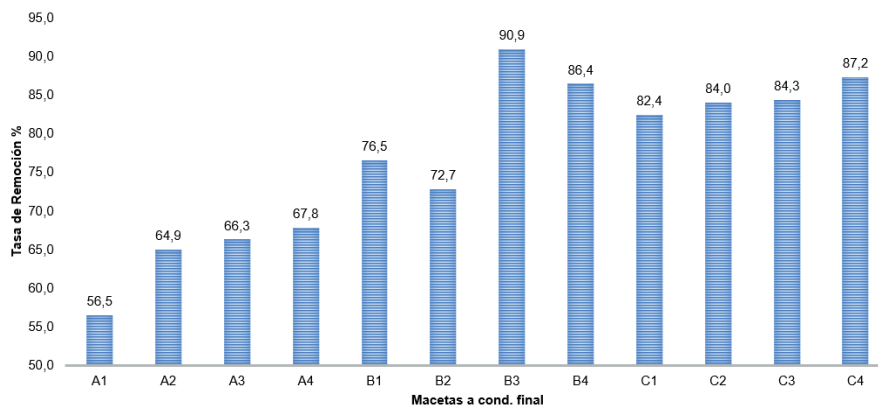


Figura 8. Tasa de remoción respecto a la condición inicial de DBO en las muestras

Análisis de resultados

La disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el experimento se debe principalmente a la acción del Vetiver. Esta planta, al introducir materia orgánica al suelo, estimula el crecimiento de microorganismos que degradan los contaminantes orgánicos. Además, el Vetiver libera oxígeno a través de sus raíces, creando un ambiente aeróbico que favorece la actividad microbiana y acelera la degradación de la materia orgánica.

La presencia del Vetiver reduce significativamente la DBO: Al comparar las muestras iniciales y finales, se observa una clara disminución en la demanda de oxígeno, lo que

indica una reducción de la carga orgánica.

La densidad de plantación influye en la eficiencia de la fitorremediación: Las macetas con mayor cantidad de bulbos de Vetiver mostraron una mayor reducción de la DBO, debido a un mayor desarrollo radicular y una mayor biomasa vegetal.

La materia orgánica asociada al Vetiver influye en la DBO inicial: Las muestras que contenían plantas presentaron una DBO inicial ligeramente superior debido a la presencia de microorganismos asociados a las raíces del Vetiver.

Coliformes Totales y Fecales

Coliformes Totales y Fecales en condiciones iniciales

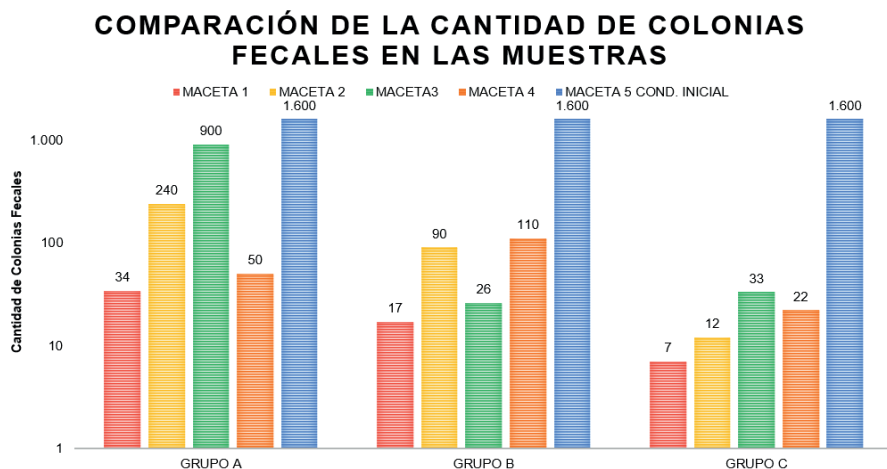
Maceta	Combinación de Positivos en Caldo Lauril	Combinación de Positivos en Caldo BVB	Índice de NMP/100 ml	Combinación de Positivos en Caldo EC	Índice de NMP/100 ml
A5	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-5-5	≥ 1600
B5	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-5-4	1600
C5	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-5-5	≥ 1600

Tabla 13. Estimación de la presencia de coliformes en diferentes medios en las muestras iniciales

Coliformes Totales y Fecales en condiciones finales

Maceta	Combinación de Positivos en Caldo Lauril	Combinación de Positivos en Caldo BVB	Índice de NMP/100 ml	Combinación de Positivos en Caldo EC	Índice de NMP/100 ml
A1	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	4-4-0	34
A2	5-5-5	5-5-4	1600	5-5-0	240
A3	5-5-4	5-5-4	1600	5-5-3	900
A4	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-2-0	50
B1	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	3-2-1	17
B2	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-2-2	90
B3	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	4-1-2	26
B4	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	5-3-1	110
C1	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	2-0-1	7
C2	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	2-3-0	12
C3	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	4-3-1	33
C4	5-5-5	5-5-5	≥ 1600	4-2-0	22

Tabla 14. Estimación de la presencia de coliformes en diferentes medios en las muestras finales



Nota: Gráfica a escala logarítmica.

Figura 9. Comparación de la cantidad de colonias fecales presentes en las muestras

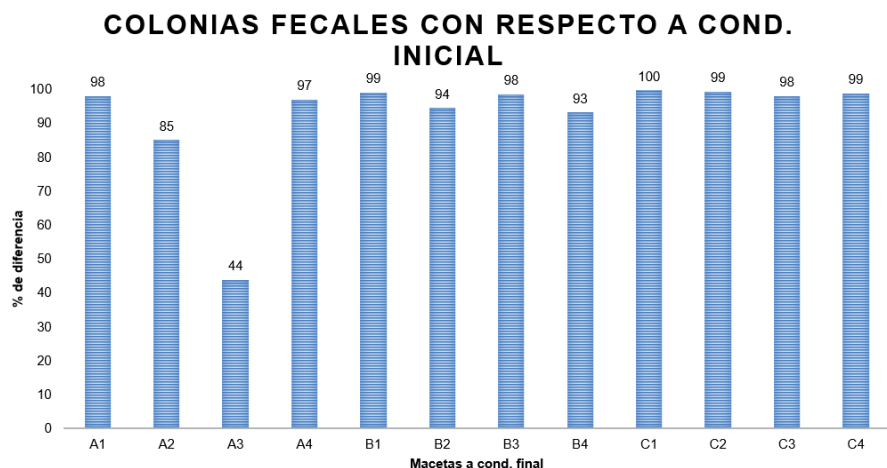


Figura 10. Tasa de remoción (%) de *Coliformes Fecales* respecto a la condición inicial en las muestras

Análisis de resultados

Se observó una disminución significativa en la cantidad de coliformes fecales en las muestras tratadas con Vetiver, especialmente en aquellas con mayor contaminación inicial. Esto sugiere que el Vetiver promueve la degradación de estos microorganismos a través de diversos mecanismos, como la estimulación de la actividad microbiana y la absorción de nutrientes por parte de la planta.

Sin embargo, no se observó una disminución significativa en la cantidad de coliformes totales. Esto podría deberse a que los coliformes totales incluyen una variedad más amplia de bacterias, algunas de las cuales pueden ser menos sensibles a la acción del Vetiver o

estar presentes en el suelo de forma natural.

Fósforo Total

Condición inicial de Fósforo Total en suelo

Maceta	Absorbancia a 45 min	Media de absorbancia	Varianza	Desviación estándar
A5	0,277	0,284	0,00	0
	0,290			
	0,283			
	0,286			
B5	0,469	0,471	0,00	0
	0,481			
	0,453			
	0,479			
C5	0,751	0,748	0,00	0
	0,739			
	0,743			
	0,758			

Tabla 15. Condición inicial de muestras con respecto a la concentración de fósforo total

Condición final de Fósforo Total en suelo

Maceta	Absorbancia a 45 min	Media de absorbancia	Diferencia	Porcentaje de proporción %	Varianza	Desviación estándar
A1	0,257	0,257	0,0272	9,60	0,000	0,0127
	0,243					
	0,277					
	0,250					
A2	0,184	0,181	0,103	36,3	0,000	0,00886
	0,185					
	0,166					
	0,189					

	0,129					
A3	0,135	0,133	0,151	53,3	0,000	0,00286
	0,136					
	0,131					
	0,147					
A4	0,152	0,151	0,134	47,0	0,000	0,00320
	0,148					
	0,155					
	0,265					
B1	0,271	0,265	0,206	43,7	0,000	0,00502
	0,257					
	0,266					
	0,304					
B2	0,297	0,281	0,190	40,4	0,000	0,0207
	0,254					
	0,267					
	0,215					
B3	0,215	0,214	0,257	54,5	0,000	0,00300
	0,209					
	0,217					
	0,333					
B4	0,334	0,331	0,140	29,6	0,000	0,00587
	0,336					
	0,321					
	0,177					
C1	0,212	0,175	0,573	76,6	0,001	0,0233
	0,160					
	0,151					
	0,244					
C2	0,247	0,250	0,498	66,6	0,000	0,0185
	0,228					
	0,279					
	0,223					
C3	0,204	0,212	0,536	71,7	0,000	0,0148
	0,228					
	0,191					

	0,272					
	0,269					
C4	0,317	0,281	0,467	62,4	0,000	0,0207
	0,267					

Tabla 16. Condición final de muestras con respecto a la concentración de fósforo total

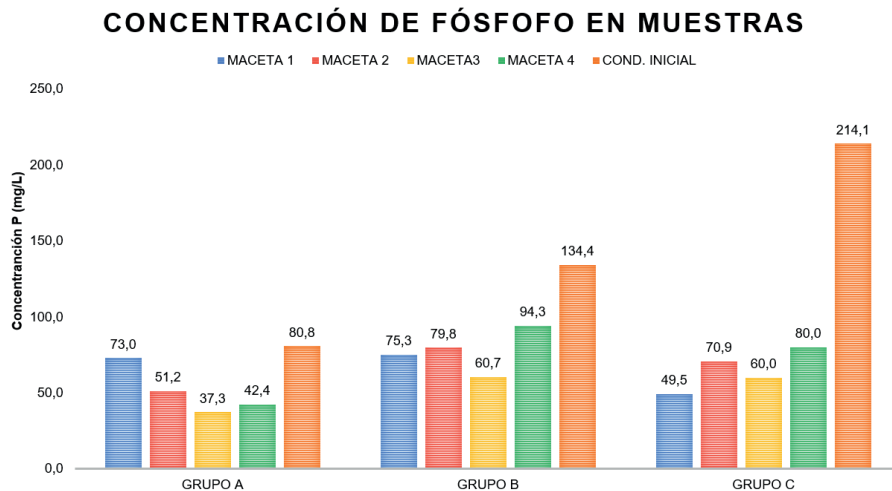


Figura 11. Gráfico comparativo de la concentración de fósforo total obtenida en las muestras

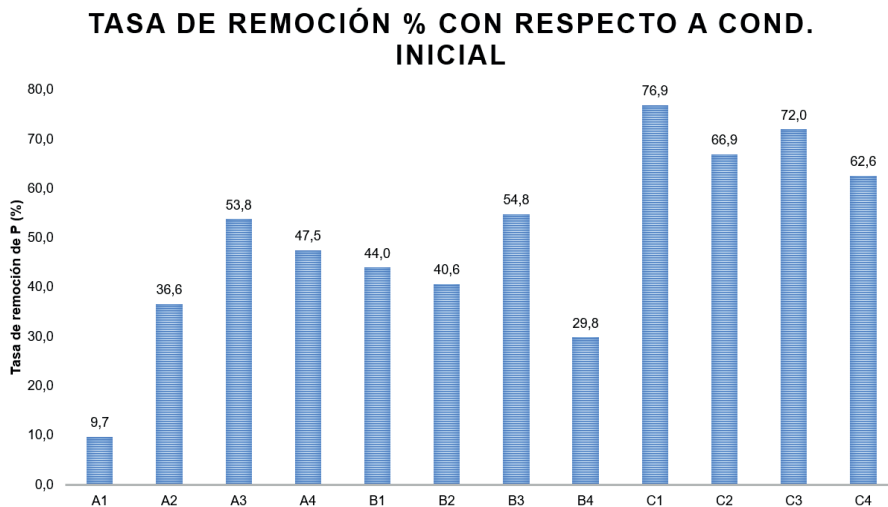


Figura 12. Tasa de remoción respecto a la condición inicial del fósforo total en las muestras

Análisis de resultados

El Vetiver puede influir en la disponibilidad del fósforo en el suelo: al modificar las condiciones del suelo (pH, contenido de materia orgánica), el Vetiver puede hacer que el

fósforo sea menos disponible para las plantas.

La presencia de otros nutrientes puede afectar la absorción de fósforo por el Vetiver: En suelos con altas concentraciones de calcio, como en el caso de las muestras C, la absorción de fósforo por el Vetiver puede verse favorecida.

El Vetiver puede reducir el riesgo de eutrofización: Al disminuir la concentración de fósforo en el suelo, se reduce el riesgo de que este nutriente sea lixiviado hacia cuerpos de agua y cause problemas de eutrofización.

Sin embargo, se requieren estudios adicionales para confirmar estos hallazgos y comprender mejor los mecanismos involucrados en la interacción entre el Vetiver y el fósforo.

Aceites y Grasas

Condición inicial de Aceite y Grasas en suelo

Maceta	Masa inicial ± 0,1 g	Masa final ± 0,1 g	Masa de aceites y grasas ± 0,01 g	Concentración de aceites y grasas (mg/L)
A5	152,00	152,00	0,00	0
B5	152,00	152,30	0,30	300
C5	204,80	205,20	0,40	400

Tabla 17. Concentración de aceites y grasas en las pruebas iniciales

Condición final de Aceite y Grasas en suelo

Maceta	Masa inicial ± 0,1 g	Masa final ± 0,1 g	Masa de aceites y grasas ± 0,01 g	Concentración de aceites y grasas (mg/L)	Tasa de Remoción (%)
A1	152,13	152,13	0,00	0	-
A2	152,13	152,13	0,00	0	-
A3	152,13	152,13	0,00	0	-
A4	152,13	152,13	0,00	0	-
B1	152,15	152,16	0,01	10	96,7
B2	152,15	152,16	0,01	10	96,7
B3	149,90	149,90	0,00	0	100
B4	152,13	152,14	0,01	10	96,7
C1	149,91	149,92	0,01	10	97,5
C2	152,13	152,13	0,00	0	100
C3	152,13	152,14	0,01	10	97,5
C4	149,90	149,90	0,00	0	100

Tabla 18. Concentración de aceites y grasas en las pruebas finales

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE LAS MUESTRAS

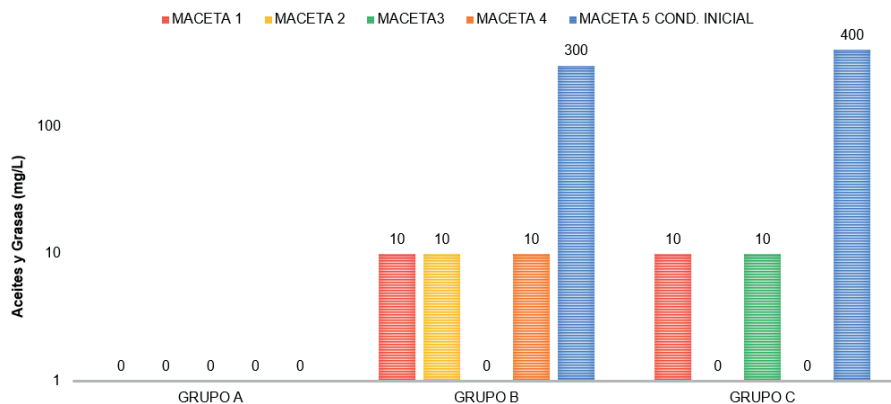


Figura 13. Comparación entre los valores de la concentración de aceites y grasas obtenidos en las muestras

TASA DE REMOCIÓN % CON RESPECTO A COND. INICIAL

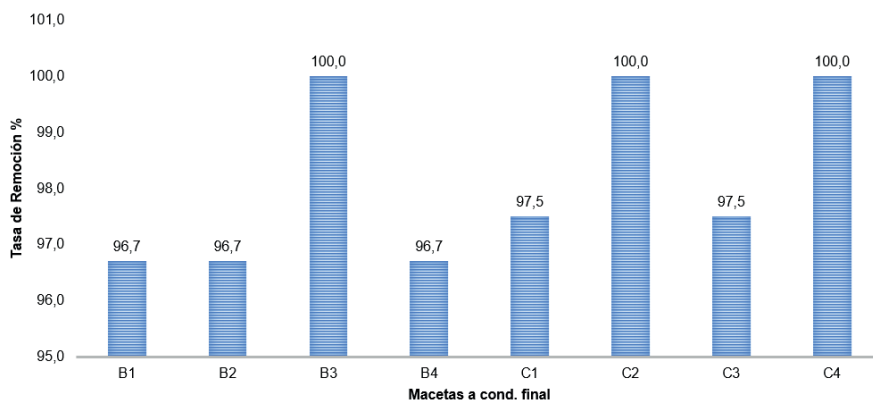


Figura 14. Tasa de remoción respecto a la condición inicial de la concentración de aceites y grasas en las muestras

Análisis de resultados

El Vetiver, a través de su extenso sistema radicular y su capacidad para estimular el crecimiento de microorganismos beneficiosos en la rizosfera, promueve la degradación de los contaminantes orgánicos. Los mecanismos involucrados en este proceso incluyen la fitodegradación, donde los hidrocarburos son descompuestos por enzimas producidas por las plantas y los microorganismos asociados; la fitovolatilización, que implica la absorción de los contaminantes por las raíces y su liberación a la atmósfera a través de las hojas; y la fitoestabilización, que consiste en la retención de los contaminantes en los tejidos vegetales.

La presencia de materia orgánica en el suelo, como el humus, estimula aún más la actividad microbiana y favorece la degradación de los hidrocarburos. Además, la densidad de plantación del Vetiver también influye en la eficiencia de la fitorremediación, ya que un mayor número de plantas implica un mayor desarrollo radicular y una mayor superficie de contacto con el suelo contaminado.

Los resultados del estudio mostraron una reducción significativa en la concentración de aceites y grasas en las muestras de suelo tratadas con Vetiver, lo que indica la efectividad de esta técnica. Sin embargo, es importante destacar que la eficiencia de la fitorremediación puede variar dependiendo de factores como el tipo de hidrocarburo, las condiciones del suelo y la densidad de plantación del Vetiver.

CONCLUSIONES

- Llevando a cabo las muestras en macetas con diferentes concentraciones de cada contaminante, se logran variaciones en los diferentes parámetros evaluados en el suelo, que permiten un análisis más exhaustivo y específico respecto a la capacidad de fitorremediación del pasto Vetiver.
- Se determinó el rendimiento satisfactorio del tratamiento de fitorremediación para cada parámetro evaluado, presentándose una disminución de aproximadamente 81,1% en la conductividad eléctrica, 76,4% de la DBO, 92% de coliformes fecales, 98,1% de aceites y grasas, y una disminución del 9% del pH en las muestras de suelo contaminado.
- Se observó una mayor tasa de disminución de cada parámetro en aquellas muestras que presentaban una mayor contaminación, es decir, mayor concentración de cada contaminante estudiado en su composición. Se puede establecer que la utilización del Vetiver es capaz de reducir los valores de los parámetros estudiados, por lo que el pasto puede ser aplicado con eficiencia para la limpieza de sustratos afectados por la contaminación.
- No se obtuvieron resultados concluyentes con respecto a la cantidad de bulbos presentes en las macetas tras la fitorremediación en la mayoría de los experimentos. Sin embargo, se notó que el efecto fitocorrectivo del vetiver reside en el desarrollo de sus raíces.

RECOMENDACIONES

- Plantear una contaminación salina sin presencia de aceites y grasas que puedan sesgar los resultados en cuanto a la conductividad eléctrica.
- Estudiar la interacción del Vetiver con metales pesados como aluminio, boro, flúor, cadmio, y compuestos orgánicos como 2,4,6-trinitrotolueno (TNT), atrazina, benzo[a]pireno y tetraciclina; al igual que retomar la contaminación por fenol

de forma aislada.

- En cuanto la determinación de coliformes totales y fecales, es recomendable aplicar una metodología que aporte un rango de detección de colonias más amplio si se desea contaminar con agentes orgánicos, de forma que la escala aporte un resultado apreciable acerca de este tipo de bacterias.
- Realizar un estudio en condiciones iniciales y finales del sistema radicular de cada planta individualmente para analizar los resultados en base al crecimiento de las raíces de cada bulbo, relacionándolos con la cantidad y tipo de contaminantes presentes en cada muestra.
- Estudiar de forma individual cada contaminante para así poder concluir con seguridad acerca del impacto que tienen en las muestras, de forma que no interfieran otros como consecuencia de una contaminación cruzada o efecto inhibidor.
- Incursionar en otras aplicaciones del Vetiver como fitorremediador como su uso en sistemas hidropónicos y acuapónicos en medios con contaminación industrial y doméstico.

REFERENCIAS

Adugna, G. (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 4(3), Research Gate. https://www.researchgate.net/profile/Getinet-Adugna/publication/329655248_A_review_on_impact_of_compost_on_soil_properties_water_use_and_crop_productivity/links/5c13adf2a6fdcc494ff3cbc1/A-review-on-impact-of-compost-on-soil-properties-water-use-and-crop-productivity.pdf

Agamuthu, P., Abioye, O. P., y Aziz, A. R. A. (2010). Phytoremediation of soil contaminated with used lubricating oil using *Jatropha curcas*. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 891-894. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389410003948>

Aigner, M; JC Fardeau & F Zapata (2002). Does the Pi strip method allow assessment of the available soil P?: Comparison against the reference isotope method. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672008000100002&script=sci_arttext&lng=pt

Alegre, J. (2007). *Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides)*. Organización Panamericana de la Salud. https://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

Alvarado, M., Bayona, V., y Huayhua, I. (2022). *Evaluación de los componentes de operación del humedal artificial subsuperficial para el tratamiento del agua residual del Distrito de Independencia, Lima 2022*. Universidad Nacional del Callao. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7234/Tesis%20-%20Alvarado%20-%20Bayona%20-%20Huayhua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvaro, G. (2019). El fósforo y su importancia en el crecimiento vegetal. *Fertibox*. <https://www.fertibox.net/single-post/fosforo-agricultura>

American Public Health Association (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 5520 B. 21st. ed.

Andrade, M. (s.f.) Conductividad eléctrica en suelos de cultivo. Hanna Instruments. <https://www.hannabolivia.com/blog/post/437/conductividad-electrica-en-suelos-cultivo>

Araújo, MSB; CEGR Schaefer & EVSB Sampaio. 2004. Frações de fósforo após extrações sucessivas com resina e incubação, em Latossolos e Luvisolos do semi-árido de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo 28(2): 259-268. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/pmhFcfCTC6pKNnVqKB4qjCz/abstract/?lang=en>

Azcaráte, P., y Kloster, N. (2017). *Métodos de análisis e implementación de Calidad en el Laboratorio de Suelos*. CONICET. https://www.google.com/url?q=https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/68416/CONICET_Digital_Nro.dce6dd46-c299-430c-b97b-7b2efba859d4_A.pdf?sequence%3D2%26isAllowed%3Dy&sa=D&source=docs&ust=1685335761344211&usg=AOvVaw2CU1Hhpu16kzVaMI-Of9CP

Bedewi, A. (2010). The potentials of Vetiver grass for wastewater treatment. MSc thesis, School of Natural Resources and Environmental engineering (Institute of Technology). Haramaya University, Ethiopia. https://www.vetiver.org/ETH_wastewater_thesis.pdf

Benavente, G. (1999) Aceite lubricante usado. Bravo energy chile s.a. boletín n° 2. <https://1library.co/article/impacto-ambiental-del-aceite-lubricante-usado.yr3lj9oy>

Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5590911.pdf>

Brady, N. C., y Weil, R. R. (2010). The nature and properties of soils (14th ed.). Prentice Hall. <https://vdoc.pub/download/the-nature-and-properties-of-soils-global-edition-83jeh08iab80>

Bray, R. y Kurtz, L. (1945) Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59

Brito, R. y Rada, O. (2017) Estandarización de los métodos Colorimétrico para la determinación de fósforo, cloro, aceites, grasas e hidrocarburos en aguas residuales. Universidad Metropolitana de Caracas.

Cabrera, L., y Unibio, M. (2019). *Evaluación de la remoción de grasas y aceites en suelo contaminado con diesel b10 y biodiesel aplicando la tecnología ose ii implementada por eom consulting s.a.s*. Fundación Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7711/1/6142384-2019-2-IQ.pdf>

Calderón, F. (1997). *Demanda Bioquímica de Oxígeno*. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm

Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., y Velázquez, O. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP)*. Universidad Nacional Autónoma de México. http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf

Carpena, R., y Pilar, M. (2006). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Ecosistemas*, 16(2). <https://digital.csic.es/bitstream/10261/16683/1/eco.pdf>

Castaño, E., y Bernal, S. (2015). *Validación del método de ensayo de Coliformes totales y fecales por la técnica de Número más probable (NMP) en la calidad del queso fresco producido a pequeña escala*. Universidad Libre Seccional Pereira. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16168/VALIDACI%C3%93N%20DEL%20M%C3%89TODO%20DE%20ENSAYO.pdf?sequence=1>

Castellanos, J. (s. f.). Guía de interpretación de análisis de suelos y aguas. *Intagri*. https://www.academia.edu/10896916/Guia_de_interpretacoin_de_analisis_de_suelos_y_aguas_Final

Chen, Y., Shen, Z. y Li, X. (2004). The use of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in the phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. *Applied Geochemistry*, 19: 1553-1565. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2004.02.003>

Chomchalow, N. (2006). Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Proc. Regional Vetiver Conference, Cantho, Vietnam.

Cochran, A. (2012). The Best Ways to Amend Silt Loam Soil. *Weekand*. https://homeguides-sfgate-com.translate.goog/ways-amend-silt-loam-soil-46600.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=rq&_x_tr_hist=true

Danh L.T., Truong P., Mammucari R., Foster N. (2012). Phytoremedmiation of soils contaminated with salinity, heavy metals, metalloids, and radioactive materials. *Phytotechnologies: Remediation of Environmental Contaminants*

Darajeh, N., Idris, A., Truong, P., Aziz, A. A., Bakar, R. A., y Man, H. C. (2014). Phytoremediation Potential of Vetiver System Technology for Improving the Quality of Palm Oil Mill Effluent. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-10. <https://www.hindawi.com/journals/amse/2014/683579/>

Darajeh, N., Truong, P., Rezania, S., Leung, D., y Alizadeh, H. (2019). Effectiveness of Vetiver Grass versus other Plants for Phytoremediation of Contaminated Water. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 7(3), 485-500. https://www.researchgate.net/publication/335420795_Effectiveness_of_Vetiver_Grass_versus_other_Plants_for_Phytoremediation_of_Contaminated_Water

Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., y Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 597-612. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Departamento de Salud del Estado de Nueva York. (2017). *Coliform Bacteria in Drinking Water Supplies*. New York State Department of Health. https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.htm

Deva, M.A.; Manderia, S.; Singh, S.; Sheikh, M.Y. (2019) Phytoremedial treatment of domestic wastewater at GWALIOR (MP) by chrysopogon zizanioides (Vetiver grass). *Adv. Innov. Res.* 2019.

Dragan, R. (2019). *Consideraciones del suelo para la administración del agua*. Rivulis. <https://es.rivulis.com/consideraciones-del-suelo-para-la-administracion-del-agua/#::~:~:text=Los%20suelos%20limosos%20tienen%20la,de%20micro%20y%20macro%20elementos.>

Environmental Protection Agency (EPA, 2021). Soil pollution. <https://www.epa.gov/soil-pollution/soil-pollution-basics>

Fernández, M. (2011). Contaminación por fósforo procedente de la fertilización orgánica de suelos agrícolas. Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola. https://www.researchgate.net/profile/Lugo-Ibader/publication/338544738_Lopez_Mosquera_ME_Sainz_Oses_MJ_Coords_2011_Guia_de_residuos_organicos_de_uso_agricola_Santiago_de_Compostela_Servizo_de_Publicacions_Universidade_de_Santiago_de_Compostela/links/5e1b81ae4585159aa4cb51ec/Lopez-Mosquera-ME-Sainz-Oses-MJ-Cords-2011-Guia-de-residuos-organicos-de-uso-agricola-Santiago-de-Compostela-Servizo-de-Publicacions-Universidade-de-Santiago-de-Compostela.pdf#page=27

- Fernández, M. T., (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XLI(2), 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Figueroa, A. A. B. (2014). *Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590911>
- Foth, H. (1991) Fundamentals of soils science. 8th ed. <https://ds.amu.edu.et/xmlui/bitstream/handle/123456789/3158/Fundamentals%20of%20Soil%20Science%20-%20FOTH%20%5B1990%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galindo, E., Ocaña, R., Chávez, B., Naranjo, F., Martínez, M., Campos, J., & García, F. (2017). Evaluación de la fitotoxicidad de aceite automotriz usado con Vicia Faba y Phaseolus Coccineus. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3). <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v33n3/0188-4999-rica-33-03-421.pdf>
- Garbisu C., Epelde L. y Becerril J. (2008). Fitorremediación. Ecologistas en Acción.
- García, V. (2020). *Manual de prácticas Microbiología*. <https://uaemex-cuameca.mx/images/doc/2P/MBMP2.pdf>
- García-Serrano, P., Lucena, J., Ruano, S. y Nogales, M. (2009) Guía Práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)
- Gobierno de Canarias. (2022). Principales contaminantes del suelo. Gobierno de Canarias - Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial. https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/materias/calidad-del-suelo/suelos-contaminados/principales_contaminantes/
- Gobierno de España (2005) Real Decreto 9/2005. Ministerio de la Presidencia. «BOE» núm. 15.
- González, D. (2015). *Estudio de las propiedades químicas en mezclas de lodos rojos con suelos ácidos de sabana, y su efecto sobre el crecimiento de la especie Chrysopogon Zizanioides (vetiver)*. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/13495/1/Tesis%20completa%20CD.pdf>
- Goykovic, V., Ugalde, S., y Pacheco, P. (2021). Eficiencia fitorremediadora de vetiver (Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty) en agua contaminada con arsénico y plomo. 39(4). https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292021000400139&script=sci_arttext&tlng=es
- Greenway, H. y Munns, R. (1980) Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol* 31:14-190 https://www.researchgate.net/publication/225040552_Mechanisms_of_Salt_Tolerance_in_Nonhalophytes#fullTextFileContent
- Grupo Herres (28 de febrero de 2019) Impacto Ambiental del aceite lubricante usado. <http://www.grupoherres.com.mx/aceite-mineral/>
- Hanna Instruments (26 de noviembre de 2019) ¿Cómo medir el pH de la tierra y la conductividad del suelo? <https://www.hannainst.es/blog/1512/como-medir-pH-tierra-y-conductividad-suelo>

- Hanping, X., Honghua Ke, Zhaoping Deng y Peng Tan. (2003). Ecological effectiveness of vetiver constructed wetlands in treating oil refined wastewater. Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China.
- Hart B., Cody R., Truong P. (2003). Efficacy of Vetiver grass in the hydroponic treatment of post septic tank effluent. The Third International Conference on Vetiver, Guangzhou, China.
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Skrumsager I, White P (1995) Functions of macronutrients. Mineral nutrition of higher plants. Third Edition.
- Hernández, I., Navas, G., & Infante, C. (2017). Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo extra pesado con *Megathyrus Maximus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003#:~:text=En%20general%2C%20el%20pH%20%20C3%B3ptimo,Prasad%20and%20Power%2C%201997
- Hu, M (2020) Environmental Behavior of Petroleum in Soil and its Harmfulness Analysis. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 450 012100. Doi:10.1088/1755-1315/450/1/012100
- Ibarra, D., Ruiz, J., González, D., Flores, J. y Díaz, G. (2007) Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. *Agric. Téc. Méx* vol.35 no.3 México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003#:~:text=Un%20exceso%20de%20f%20%20C3%B3sforo%20no,escorren%20%20C3%ADa%20que%20el%20f%20%20C3%B3sforo%20incorporado
- lida, y Shock, C. (2009). El dilema del fósforo. *Técnicas para la agricultura sostenible*. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/7d278t47g#:~:text=Un%20exceso%20de%20f%20%20C3%B3sforo%20no,escorren%20%20C3%ADa%20que%20el%20f%20%20C3%B3sforo%20incorporado>
- Infante, C. (2003). *Contaminación de suelos y biorremediación en Venezuela*. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/962
- Infante, C. (2005). Contaminación de suelos y recuperación ecológica en Venezuela. *Acta Biológica Venezolana*.
- Infante, C. (s.f.). Contaminación de suelos y biorremediación en Venezuela. *Venesuelos*.
- IUPAC. (2014). *pH*. IUPAC Gold Book. https://www.google.com/url?q=https://goldbook.iupac.org/terms/view/P04524&sa=D&source=docs&ust=1685335481061498&usg=AOvVaw0QX_Ek3yn0EmensFdHg0e2
- Jayashree, S.; Rathinamala, J.; Lakshmanaperumalsamy, P. (2011) Determination of heavy metal removal efficiency of *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) using textile wastewater contaminated soil. *J. Environ. Sci. Technol*
- Jiménez, C., & Castillo, V. (2019). *Evaluación de un sistema de fitoacumulación en raíces por medio de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para remediar aguas hidrocarburadas con gasolina con gasolina provenientes del vertimiento de la EDS texana en Cumaral Meta*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2108&context=ing_ambiental_sanitaria
- Jiménez, E., y Vargas, S. (2015). *Evaluación de la eficiencia del pasto vetiver para la fitorremediación de las aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias departamento del Meta*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3730/1123085238.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kalstein (12 de octubre de 2012). Beneficios de los destiladores de agua en el laboratorio. Kalstein. <https://www.kalstein.cl/beneficios-de-los-destiladores-de-agua-en-el-laboratorio/>

Karimi-Lotford, S., M. Pickard y M. Gray. (1996). Reactions of polynuclear aromatic hydrocarbons in soil. *Environmental Science Technology* 30: 1145-1151.

Kloster, N; Azcarate, M; Babinec, F & Bono, A. (2008). Comparación de técnicas de medición del pH del suelo: pH en pasta de saturación y en relación suelo:agua 1:2,5. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Laboratorio de Calidad Ambiental (2008) Manual De Procesos, Laboratorio de Calidad Ambiental. Universidad Metropolitana. Edición 1. Instrucción de trabajo AM-I-007;AM-I-002.

Lakshmanaperumalsamy, P., Jayashree, S., y Rathinamala, J. (s. f.). Application of Vetiver for water and soil restoration. *Department of Environmental Sciences, Bharathiar University*. https://www.vetiver.org/TVN_INDIA_1stWORKSHOP_PROCEEDINGS/Chapter%202-3.pdf

Larrieu, L., Clausi, M., Bongiorno, F., Merani, V., Nughes, L., Juan, L., Mainero, M., Benardi, F y Millán, G. (2016). Conductividad eléctrica en pasta y en extracto modificando tiempos de reposo en suelos de regiones húmedas. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. UniRio.

Li Li, Yang Yang, Nora F.Y. Tam, Lei Yang, Xiu-Qin Mei, Feng-Juan Yang (2013) Growth characteristics of six wetland plants and their influences on domestic wastewater treatment efficiency. *Ecological Engineering*, Volume 60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.044>

López, A. (2018). *Aislamiento de microorganismos degradadores de clorpirifos, fenantreno y pireno para su uso en la biorrecuperación de aguas y suelos contaminados*. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiológicas de Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/81945/TFG%20ANGELA.pdf?sequence=1>

López, D. (2018). *Evaluación de un humedal artificial aireado con Chrysopogon Zizanioides y un consorcio microbiano en residual líquido de una industria atunera*. <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/810/1/TTMA7.pdf>

Lovegrove, G. (1952) Estudio de la composición del aceite esencial de vetiver, (*Vetiveria zizanioides*), de cultivo en la gobernación de Misiones. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n0722_Lovegrove.pdf

Mendarte, C., Alarcón, A., & Ferrera, R. (2021). Fitorremediación: alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24(326). <https://www.redalyc.org/journal/432/43271644020/html/#B55>

Mendoza, R. y Barrow, N. (1987). Ability of three soil extractants to reflect the factors that determine the availability of soil phosphate. *Soil Sci* 144(5): 319-329. https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/1987/11000/ABILITY_OF_THREE_SOIL_EXTRACTANTS_TO_REFLECT_THE.2.aspx

Montoya, S. (2021). *Humus de lombriz, beneficios para el suelo*. Tecnicrop Ibérica S.L. <https://tecnicrop.com/blog/humus-de-lombriz-beneficios-para-el-suelo#:~:text=Facilita%20la%20absorci%C3%B3n%20de%20potasio,enraizamiento%20y%20evita%20la%20deshidrataci%C3%B3n>

- Munive, R., Loli, O., Azabache, A. L. A., y Gamarra, G. (2018). Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000400011&script=sci_arttext&lng=pt
- Murphy, J. y Riley, J. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27
- Njau, K., y Mlay, H. (s. f.). Wastewater Treatment and Other Research Initiatives with Vetiver Grass. *University of Dar es Salaam*. https://www.vetiver.org/ICV3-Proceedings/TAN%20_wastewater.pdf
- Núñez, et al. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia AMC*. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Ñuñoa, S. (s. f.). Caldo EC. *InsumoLab*. https://www.insumolab.cl/descargas/educacion/tubos/16x160/ficha_tecnica/04.pdf
- Obregón, C. (2016). Protocolo para la determinación de grasas y aceites. Recuperado de: <http://studylib.es/doc/6116352/gl-pl-13.-protocolos-aceites-y-grasas>
- Obreza, T (2001). Managing Phosphorus Fertilization of Citrus using Soil Testing. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanable, F. S. y Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dep. of Agric. Circ. 939
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1996) *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm#:~:text=Un%20suelo%20es%20f%C3%A9rtil%20cuando,el%20hidr%C3%B3geno%20y%20el%20ox%C3%ADgeno>
- Orihuela, J.A., (2007) Manual sobre el uso y manejo del pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*). Organización Panamericana de la Salud. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ormeño, M., y Ovalle, A. (2005). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *Ciencia y producción vegetal*. https://www.researchgate.net/profile/Maria-Ormeno-2/publication/273321490_Preparacion_y_aplicacion_de_abonos_organicos/links/54fe8aee0cf2eaf210b32c72/Preparacion-y-aplicacion-de-abonos-organicos.pdf
- Osman, K. (2013). Soils, Principles, Properties and Management. Springer Science, Netherlands. <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/16743/1/Proyecto%20Geoquimico%202%20Br%20Luanda%20Concha%20%28version%20final%29.pdf>
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(2). <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Phy2SUDOE. (s. f.). ¿Qué es la fitorremediación? Interreg Sudoe. <https://www.phytosudoe.eu/el-proyecto/que-es-la-fitorremediacion/>
- Picone, L y Zamuner, E. (2002). Fósforo orgánico y fertilidad fosfórica. Facultad Ciencias Agrarias (UNMP)-EEA INTA 276 <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2002/12/nota3.pdf>

- Pignatello, J. y Xing, B. (1996) Mechanisms of show sorption of organic chemicals to natural particles. *Environmental Science Technology* 30: 1-11.
- Powelson, D. (2019). *What are soil aggregates?* Soils Matter. <https://soilsmatter.wordpress.com/2019/07/15/what-are-soil-aggregates/>
- Powelson, D. (2019). What are soil aggregates? Soils Matter. <https://soilsmatter.wordpress.com/2019/07/15/what-are-soil-aggregates/>
- Rodríguez, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Rojas, C. (1998) DISPONIBILIDAD, DEL FOSFORO Y SU CORRECCIÓN. INIA <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8761/NR28126.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., De-Roubin, M. R., y Laurent, P. (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *Journal of Microbiological Methods*, 49(1), 31-54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167701201003517>
- Rosales, A., Naranjo, N., Herrera, J., Almaraz, N., & Uribe, N. (s. f.). *Micorremoción de zinc en suelos contaminados con aceite usado automotriz, en la ciudad de Durango, México*. Instituto Politécnico Nacional. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8501/2/VS-4-2009-Rosales.pdf>
- Rosas, J. y Toro, M. (2010) Micorrizas arbusculares y Vetiver en la recuperación de suelos marginales. Universidad Central de Venezuela.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce De León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Facultad De Agronomía - Universidad De La República, BiblioFagro. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Ruiz, C (2007) Efecto del vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) en la reducción del flúor y otros compuestos contaminantes en aguas de consumo humano. Universidad Central de Venezuela. http://190.169.28.21/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6180&query_d_esc=su%3A%22VETIVER%22 y https://www.vetiver.org/LAICV2F/2%20Environmental%20Protection/E6Yasmin_PpS.pdf
- Sadzawka, R. y Campillo, R. (1999). Acidificación de los suelos y los procesos involucrados. Programa de recuperación de suelos degradados. Serie Reme. Instituto de investigaciones Agropecuarias CR de IR
- Salas, S., y Martínez, G. (s. f.). *Determinación de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable (NMP)*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloIII/3Practicadeanalisisdelaboratoriomicrobiologicos2.pdf>
- Salinas R, Sánchez E, Ruíz JM, Lao MT, Romero L (2013) Phosphorus levels influence plasma membrane H⁺-ATPase activity and K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ assimilation in green bean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2013.744127>

Sanabria, D. (2004). Fósforo total en agua por digestión ácida, método del ácido ascórbico. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3sforo+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Ácido+Asc%C3%B3rbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>

Sánchez E., Ávila-Quezada, G., Gardea, A., Muñoz E., Ruiz, J. y Romero, L. (2009) Nitrogen metabolism in roots and leaves of green bean plants exposed to different phosphorus doses. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*. <http://www.scielo.org.ar/img/revistas/phyton/v78n1/html/v78n1a03.htm>

Sandoval, F., Cortéz, Y., Reyes, L., y Hernández, I. (2017). Evaluación de la remediación del suelo contaminado con aceite crudo utilizando microorganismos de montaña. *Revista de Sistemas Experimentales*, 4(13), 25-32. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol4num13/Revista_de_Sistemas_Experimentales_V4_N13_4.pdf

Santibáñez, C. (s. f.). *Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo*. Universidad de Chile. http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.pdf

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s. f.). *Calidad del agua*. SEMARNAT. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html

Sela, G. (3 de abril de 2019) La conductividad eléctrica del agua y suelo. <https://croipa.com/es/blog/conductividad-electrica-del-agua-y-suelo/>

Seroja, R., Effendi, H., y Hariyadi, S. (2018). Tofu wastewater treatment using vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and zeliac. *Applied Water Science*, 8(2). <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-018-0640-y>

Sigler, A., y Bauder, J. (s. f.). Coliforme Total y la Bacteria *E. coli*. *Well Educated*. http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Coliform_Ecoli_Bacteria%202012-11-15-SP.pdf

Stivers, L. (2023). *Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos*. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos#:~:text=La%20mayor%C3%ADade%20los%20cultivos%20crecen,de%20los%20nutrientes%20del%20suelo>

Suarez M (2006) Establecimiento del cultivo de vetiver con fines de biorremediación de suelos en las inmediaciones del lago de Valencia. INCE Aragua Gerencia Regional. 4 p. <https://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA27es.pdf>

Swistock, B. (2020). *Bacterias Coliformes*. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

Tamayo, E. (2020). *Aprovechamiento de la especie Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) para la remoción de contaminantes de una industria camaronera, provincia de El Oro*. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TAMAYO%20CHILAN%20ELIANA%20DEL%20PILAR_compressed.pdf

Téllez, J. (2005). *Absorción de petróleo crudo, diesel y aceite automotriz gastado por residuos lignocelulósicos y su aplicación como sistema de disposición de hidrocarburos*. <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628475/CEM296131.pdf?sequence=1>

Tenazoa, G y Mallqui, J. (2017) Caracterización de productos (diésel, turbo) derivados del tratamiento térmico (destilación) de aceites lubricantes usados, en Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5011/Geiner_Tesis_Titulo_2_017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Thai, L., Phong, L., Dung, L. y Truong, P. (2006) Wastewater treatment at a seafood processing factory in the Mekong Delta, Vietnam. https://www.academia.edu/79268973/Wastewater_Treatment_at_a_Seafood_Processing_Factory_In_The_Mekong_Delta_Vietnam

Thai, L., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T. y Foster, N. (2009) Vetiver grass, *Vetiveria Zizanioides*: a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. International journal of phytoremediation, 11:8, 664-691, DOI: 10.1080/15226510902787302

Traxco (2014) *Suelos de Cultivo* <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/suelos-de-cultivo>

Truong, P. y Truong, N. (2011). Recent Advancements in Research, Development and Application of Vetiver System Technology in Environmental Protection. Fifth Intern. Conf. on Vetiver, Lucknow, India.

Truong, P. (2004). Vetiver Grass Technology for mine tailings rehabilitation. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation. Science Publishers Inc. NH, USA.

Truong, P. (2005). El sistema vetiver para prevención y tratamiento de aguas y tierras contaminadas. Brisbane 4069, Australia.

Truong, P. (s. f.). El Sistema Vetiver para prevención y tratamiento de aguas y tierras contaminadas. TVNI. https://www.vetiver.org/LAICV2F/0%20Plenary/P3Truong_TS.pdf

Truong, P. N., Tan Van, T., & Pinners, E. (2008). The Vetiver system for improving water quality. 1st ed. The Vetiver Network International. <http://www.aaees.org/e3competition-winners-2012gp-smallprojects.php>

Truong, P. y Smeal (2003). Research, Development and Implementation of Vetiver System for Wastewater Treatment: GELITA Australia. Technical Bulletin No. 2003/3. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Truong, P., & Cruz, Y. (2010). *Sistema Vetiver: Una solución natural y de bajo costo para la prevención y tratamiento de aguas contaminadas*. https://www.vetiver.org/COR-s_Art.%20Completo_SV_II.Agua.df

Truong, P., Thai, L., Pu, Y., y Mammucari, R. (2012). *Phytoremediation of Soils Contaminated by Heavy Metals, Metalloids and Radioactive Materials Using Vetiver Grass, Chrysopogon zizanioides*. https://www.researchgate.net/publication/285320488_Phytoremediation_of_Soils_Contaminated_by_Heavy_Metals_Metalloids_and_Radioactive_Materials_Using_Vetiver_Grass_Chrysopogon_zizanioides

Truong, P., y Thai, L. (2015). El Sistema Vetiver para mejorar la calidad del agua. *La Margarita*. <https://www.vetiver.org/Water%20quality%20Spanish%20web%202.pdf>

Truong, P.N. and Hart, B. (2001). Vetiver system for wastewater treatment. Technical Bulletin No. 2001/2. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.

Urbani, F. (2002) Geología del área de la Autopista y Carretera Vieja Caracas - La Guaira, Distrito Capital y estado Vargas. Guía de excursión. Universidad Central de Venezuela. <https://docplayer.es/28058633-Geologia-del-area-de-la-autopista-y-carretera-vieja-caracas-la-guaira-distrito-capital-y-estado-vargas-guia-de-excursion.html>

APÉNDICES

I. Tablas de Índice de NMP y 95% de Límites de Confidencia para varias Combinaciones de Resultados Positivos y Negativos cuando se utilizan 5 tubos por dilución (10 m, 1,0 ml, 0,1 ml)

Tabla No. 3
Índice de NMP y 95% de Límites de Confidencia para varias Combinaciones de Resultados Positivos y Negativos cuando se utilizan 5 tubos por dilución (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)

Combinación de Positivos	Índice de NMP/100 mL	95% de Límites de Confidencia		Combinación de Positivos	Índice de NMP/100 mL	95% de Límites de Confidencia	
		Menor	Mayor			Menor	Mayor
0-0-0	< 2	—	—	4-2-0	22	9.0	56
0-0-1	2	1.0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1.0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
				5-0-0	23	9.0	86
1-0-0	2	1.0	11	5-0-1	30	10	110
1-0-1	4	1.0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-0	4	1.0	15	5-1-0	30	10	120
1-1-1	6	2.0	18	5-1-1	50	20	150
1-2-0	6	2.0	18	5-1-2	60	30	180
				5-2-0	50	20	170
2-0-0	4	1.0	17	5-2-1	70	30	210
2-0-1	7	2.0	20	5-2-2	90	40	250
2-1-0	7	2.0	21	5-3-0	80	30	250
2-1-1	9	3.0	24	5-3-1	110	40	300
2-2-0	9	3.0	25	5-3-2	140	60	360
2-3-0	12	5.0	29				
				5-3-3	170	80	410
3-0-0	8	3.0	24	5-4-0	130	50	390
3-0-1	11	4.0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-0	11	4.0	29	5-4-2	220	100	580
3-1-1	14	6.0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-0	14	6.0	35	5-4-4	350	160	820
3-2-1	17	7.0	40				
				5-5-0	240	100	940
4-0-0	13	5.0	38	5-5-1	300	100	1300
4-0-1	17	7.0	45	5-5-2	500	200	2000
4-1-0	17	7.0	46	5-5-3	900	300	2900
4-1-1	21	9.0	55	5-5-4	1600	600	5300
4-1-2	26	12	63	5-5-5	≥ 1600	—	—

LEONARDO FRANÇA DA SILVA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Pós Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade da Grande Dourados. Atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO-UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

ROLDÃO CARLOS ANDRADE LIMA - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Maranhão - Centro de Estudos Superiores de Imperatriz (UEMA/CESI) incorporada a Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) criada pela Lei Estadual 10.525/16. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul. Especialista em Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental pelo Instituto Prominas. Especialista em Máquinas e Mecanização Agrícola pela Faculdade Cristo Rei. Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Atualmente é Docente do Ensino Superior na Universidade Estadual de Goiás (UEG), campus de Ipameri-GO.

JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO CRUSOÉ - Zootecnista formada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado e doutorado em Zootecnia na área de nutrição e produção de animais monogástricos pela mesma instituição. Atualmente atua como professora substituta na UFV – Campus de Florestal, é coordenadora da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – Aves e Suínos da UFV e atua também como instrutora do Sistema FAEMG Senar Minas nas áreas de avicultura e suinocultura. Possui experiência em produção, nutrição e alimentação de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em produção de ovos em sistemas alternativos, nutrição e alimentação de poedeiras e desenvolvimento sustentável da avicultura e suinocultura familiar.

A

Aceites 106, 108, 111, 116, 130, 131, 132, 134, 139, 142

Altas salinidades 85, 92, 93

B

Besouros 16, 20, 24, 27, 29

C

Cacau 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34

Citologia 45, 46, 48, 50

Coliformes 106, 108, 111, 113, 114, 125, 126, 132, 133, 134, 140, 141

Compactação 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44

Conductividad eléctrica 106, 108, 111, 112, 120, 121, 122, 132, 134, 138, 141

Controle de pragas 16, 28

Custos operacionais 96, 97, 103, 105

D

DBO 106, 108, 111, 112, 113, 122, 123, 124, 125, 132

Distribuição Gama 53

E

Ecuador 66, 67, 68, 78, 82, 83, 84, 91, 94

Engorde multifase uniespacial 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92

F

Felino 45, 46, 47, 48, 49

Fitorremediación 106, 107, 108, 111, 116, 125, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Forrageiras 35, 36, 37, 39, 42, 43

G

Ganadería 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Grasas 106, 108, 111, 116, 130, 131, 132, 134, 139

H

Histopatologia 45, 46, 50

I

Irrigação 30, 52, 53, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 64

L

Leche 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83

Litopenaeus 85, 86, 87, 90, 91, 93, 94

M

Machachi 66, 67, 68, 69, 79, 80, 82

Macronutrientes 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13

Mecanização 95, 96, 97, 98, 105, 144

Metabólitos secundários 2, 4, 12, 13

N

Neoplasia 45, 46, 48, 49, 50

P

Pastagens 36, 37, 38, 42, 43

Penaeidos 85

pH 85, 86, 89, 90, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 129, 132, 136, 137, 138, 139, 141

Pisoteio animal 36, 42

Planejamento agropecuário 53

Precipitação provável 52, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64

S

Socio-económico 66, 69

Suelo contaminado 106, 132, 134, 137, 141

Sustentabilidade 2, 30, 53, 54, 95, 96, 97, 98, 105, 144

T

Terpenos 2, 3, 4, 6, 9, 10, 12

V

Vetiver 8, 11, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 116, 119, 122, 124, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142

Viabilidade econômica 96, 103, 104, 105

Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Perspectivas futuras para as Ciências Agrárias

DESAFIOS E INOVAÇÕES 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br