

VOL VIII

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026

VOL VIII

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026



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

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

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

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

Conselho Editorial

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Díaz, Instituto Politécnico Nacional, México

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

E82 Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais VIII [livro eletrônico] / Organizador Eduardo Eugênio Spers. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-32-1

DOI 10.37572/EdArt_250926321

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

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Os desafios contemporâneos relacionados ao uso dos recursos naturais, à conservação da biodiversidade, às mudanças ambientais e à sustentabilidade dos sistemas produtivos exigem abordagens cada vez mais integradas. Nas Ciências Agrárias e Ambientais, essa integração se torna especialmente relevante diante da necessidade de conciliar produção, conservação, desenvolvimento territorial e uso responsável dos recursos, considerando tanto os processos ecológicos quanto as dimensões sociais e econômicas envolvidas.

O oitavo volume de ***Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais*** reúne quatorze capítulos organizados em quatro eixos temáticos: **Território, mudanças ambientais e conservação; Solo, biodiversidade e agroecossistemas sustentáveis; Produção sustentável, manejo e organização dos sistemas produtivos; e Economia circular, transformações ambientais e história da agricultura.** Em conjunto, os trabalhos propõem um percurso que parte de questões ambientais e territoriais amplas e avança em direção ao funcionamento dos agroecossistemas, às estratégias de produção sustentável e às transformações históricas das relações entre agricultura, recursos e paisagem.

O primeiro eixo reúne estudos voltados às mudanças ambientais, à vulnerabilidade territorial, à soberania alimentar e à conservação de áreas naturais. As análises destacam como clima, uso da terra, planejamento territorial, políticas de desenvolvimento e participação comunitária interferem diretamente na relação entre sociedade e ambiente. A vulnerabilidade de áreas costeiras diante da elevação do nível do mar, por exemplo, envolve não apenas fatores físicos, mas também infraestrutura, uso do solo, planejamento e capacidade adaptativa. Da mesma forma, a soberania alimentar é discutida a partir das disputas pelo território, pela terra e pela água e das diferentes formas de organização da produção rural.

No segundo eixo, o olhar se volta ao solo, à biodiversidade e ao funcionamento dos agroecossistemas. A agricultura regenerativa é apresentada como uma abordagem sistêmica voltada à recuperação da saúde e da funcionalidade do solo, com princípios relacionados à redução da perturbação, à cobertura permanente, à diversidade e à integração planejada entre componentes do sistema produtivo. Os estudos sobre fungos micorrízicos, bactérias rizosféricas e recursos fitogenéticos ampliam essa discussão ao abordar diferentes dimensões da biodiversidade e de sua importância ecológica. As interações entre organismos e solo, a participação de microrganismos nos processos de transformação da matéria orgânica e a conservação da diversidade vegetal evidenciam a relevância dos recursos biológicos para o funcionamento dos ecossistemas e para o desenvolvimento de estratégias de conservação e uso sustentável.

O terceiro eixo aborda diferentes estratégias de aprimoramento dos sistemas produtivos, considerando aspectos técnicos, ecológicos e organizacionais. São discutidas alternativas como a utilização de microrganismos benéficos para reduzir a dependência da fertilização mineral, o emprego de alimentos vivos na aquicultura, o comportamento e o manejo de bovinos autóctones em sistemas extensivos de montanha e formas coletivas de organização e comercialização entre pequenos produtores. Os trabalhos demonstram que a sustentabilidade da produção depende não apenas da eficiência no uso dos recursos, mas também da adequação das práticas de manejo, da conservação da paisagem e das condições de organização econômica e social dos produtores.

Por fim, o quarto eixo estabelece um diálogo entre aproveitamento de recursos, transformação ambiental e história da agricultura. O estudo sobre a utilização da casca de noz para a produção de carvão ativado examina os requisitos técnicos e de investimento associados à valorização de resíduos agroindustriais, em consonância com os princípios da economia circular. Os dois capítulos seguintes ampliam a perspectiva temporal ao investigar as relações entre agricultura, clima, desmatamento e transformações sociopolíticas nas terras baixas maias, bem como os conhecimentos, as tecnologias de manejo da água e as intervenções sobre a paisagem desenvolvidos no contexto da agricultura andina e inca. Em conjunto, esses trabalhos permitem considerar diferentes formas de utilização e transformação dos recursos naturais, desde experiências históricas de organização agrícola até propostas contemporâneas de valorização de materiais e processos produtivos.

A diversidade dos capítulos reunidos neste volume evidencia que os desafios ambientais e agrícolas contemporâneos não podem ser compreendidos de forma isolada. Solo, água, biodiversidade, território, produção, tecnologia e organização social constituem dimensões interdependentes de sistemas em constante transformação.

Ao integrar estudos sobre conservação, sustentabilidade, produção e história da agricultura, este volume contribui para ampliar o debate sobre formas mais equilibradas de relação entre sociedade, sistemas produtivos e ambiente, valorizando tanto a inovação científica quanto o conhecimento acumulado ao longo do tempo.

Boa leitura!

Eduardo Eugênio Spers

SUMÁRIO

TERRITÓRIO, MUDANÇAS AMBIENTAIS E CONSERVAÇÃO

CAPÍTULO 1..... 1

VULNERABILITY DUE TO RISING SEA LEVELS IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN

Johan Andrés Avendaño Arias
Leonardo Santana Bohorquez
Ivan Dario Camacho Puerto
Gustavo Enrique Ramírez Gómez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263211

CAPÍTULO 2..... 33

CONFIGURACIÓN TERRITORIAL DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA: EXPLORANDO LAS TERRITORIALIDADES RURALES EN FONSECA, COLOMBIA

Elkis Peñaranda Pinto

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263212

CAPÍTULO 3..... 50

CREACIÓN Y DESARROLLO DE UN CENTRO DE PROMOCIÓN AMBIENTAL MATLALCUÉYATL PARA LA RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS: CASO: ZITLALTEPEC, TLAXCALA, MÉXICO

Fernando Mohedano López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263213

SOLO, BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS SUSTENTÁVEIS

CAPÍTULO 4..... 65

AGRICULTURA REGENERATIVA: PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS PARA RECUPERAR EL SUELO Y FORTALECER LOS AGROECOSISTEMAS

Benigno Rivera-Hernández
José Jesús Obrador-Ólán
Eustolia García-López
José Francisco Juárez-López
Eugenio Carrillo-Ávila

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263214

CAPÍTULO 5..... 81

FUNCTIONAL ROLE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN AGGREGATE FORMATION, BIODIVERSITY, AND EDAPHIC FUNCTIONING

Sud Sair Sierra

Raúl Hernando Posada

Johanna Santamaría

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263215

CAPÍTULO 6..... 108

ASLAMIENTO DE BACTERIAS DEGRADADORAS DE LIGNINA DE SUELO RIZOSFERICO DE *QUERCUS SPP.*

Iván Hernández Portillo

Yadira Cornejo Silva

María Yolanda Ríos Gómez

Ramiro Ríos Gómez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263216

CAPÍTULO 7..... 115

PHYTOGENETIC RESOURCES OF THE GENUS *Lupinus* IN BAJA CALIFORNIA: EXPLORATION AND *in situ* CHARACTERIZATION STRATEGIES

Guadalupe Minerva Torres Alfaro

María Nancy Herrera-Moreno

Jesús Alicia Chávez-Medina

Kalina Bermúdez Torres

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263217

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, MANEJO E ORGANIZAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

CAPÍTULO 8..... 120

MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DE ARROZ EN UN SUELO DE BAJA OFERTA NUTRICIONAL

Eliecer Miguel Cabrales Herrera

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263218

CAPÍTULO 9.....139

THE GREAT UNKNOWN: USE OF LIVE FOOD IN AQUACULTURE

Marco Polo Franco Archundia

Héctor Eduardo Franco-Cotero

Jimena Ramos

Luis Ángel Fabro-Leal

Fátima Getsemaní Osorio-Arce

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263219

CAPÍTULO 10 150

COMPORTAMENTO E MANEIO DE BOVINOS AUTÓCTONES NAS MONTANHAS DO NORTE DE PORTUGAL

Marco André de Almeida Fernandes

Gustavo Paixão

Joaquim Lima Cerqueira

José Pedro Araújo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632110

CAPÍTULO 11.....167

REMATE GANADERO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES: MÉTODO DE EVALUACIÓN FODA

Félix Cavour Ferrari

María Elena Fretes

José Braulio Silvero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632111

ECONOMIA CIRCULAR, TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E HISTÓRIA DA AGRICULTURA

CAPÍTULO 12 175

INVERSIÓN TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE CÁSCARA DE NUEZ EN DELICIAS, CHIHUAHUA

Marina Imelda Terrazas Gómez

Luisa Patricia Uranga Valencia

Sandra Pérez Álvarez

Víctor Hugo Villarreal Ramírez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632112

CAPÍTULO 13187

¿LA AGRICULTURA DESTRUYÓ A LOS MAYAS? SEQUÍAS, DEFORESTACIÓN Y COLAPSO EN LAS TIERRAS BAJAS MAYAS

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632113

CAPÍTULO 14 200

¿CULTIVARON LOS INCAS EN EL DESIERTO? AGRICULTURA, AGUA Y TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE EN EL IMPERIO INCA

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632114

SOBRE O ORGANIZADOR.....212

ÍNDICE REMISSIVO213

CAPÍTULO 13

¿LA AGRICULTURA DESTRUYÓ A LOS MAYAS? SEQUÍAS, DEFORESTACIÓN Y COLAPSO EN LAS TIERRAS BAJAS MAYAS

Data de submissão: 29/08/2026

Data de aceite: 16/09/2026

Humberto Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la
Santísima Concepción
Concepción – Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

ambientales y sociopolíticas, cuyos efectos variaron entre regiones y comunidades. Más que la desaparición de la sociedad maya, este proceso implicó la transformación y desintegración de determinados sistemas urbanos y políticos.

PALABRAS CLAVE: mayas; agricultura; sequía; deforestación; colapso sociopolítico.

DID AGRICULTURE DESTROY THE MAYA? DROUGHTS, DEFORESTATION, AND COLLAPSE IN THE MAYA LOWLANDS

RESUMEN: Este capítulo examina críticamente la relación entre agricultura, transformación ambiental y el denominado «colapso maya» en las tierras bajas durante el Clásico Terminal. El análisis se organiza en tres ejes: la intensificación agrícola, la deforestación y el manejo del paisaje; las sequías y su incidencia sobre la vulnerabilidad agrícola; y la interacción entre ambiente, demografía, organización política y resiliencia. Metodológicamente, se sustenta en una revisión de alcance de literatura especializada, desarrollada desde un enfoque cualitativo-interpretativo y mediante un diseño narrativo de tópico. Se sostiene que agricultura, deforestación y sequía contribuyeron a generar condiciones de vulnerabilidad, pero no constituyen una explicación única ni determinista del proceso. En conclusión, el denominado «colapso» respondió a la convergencia de presiones

ABSTRACT: This chapter critically examines the relationship between agriculture, environmental transformation, and the so-called “Maya collapse” in the lowlands during the Terminal Classic period. The analysis is organized around three key themes: agricultural intensification, deforestation, and landscape management; droughts and their impact on agricultural vulnerability; and the interplay between environment, demography, political organization, and resilience. Methodologically, the study is based on a scoping review of specialized literature, employing a qualitative-interpretative approach and a narrative-topical design. It argues that while agriculture, deforestation, and drought contributed to conditions of vulnerability, they do not constitute a sole or deterministic explanation for the process. In conclusion, the so-called “collapse” resulted from a convergence of environmental and sociopolitical pressures, the

effects of which varied across regions and communities. Rather than the disappearance of Maya society, this process entailed the transformation and disintegration of specific urban and political systems.

KEYWORDS: maya; agriculture; drought; deforestation; sociopolitical collapse.

1. INTRODUCCIÓN

Pocas imágenes sobre las sociedades precolombinas han adquirido tanta fuerza como la de las grandes ciudades mayas abandonadas y progresivamente cubiertas por la selva. Desde las primeras investigaciones arqueológicas, el aparente contraste entre la monumentalidad de centros como Tikal, Calakmul, Copán o Caracol y su posterior disminución demográfica estimuló numerosas explicaciones sobre el denominado «colapso maya». Guerras, epidemias, conflictos internos, agotamiento de los suelos, sobrepoblación, deforestación y sequías han sido propuestas como causas de un proceso que afectó especialmente a las tierras bajas meridionales entre aproximadamente los siglos VIII y X (Demarest et al., 2005; Douglas et al., 2016; Seligson, 2023). Sin embargo, hablar de un único «colapso» puede resultar engañoso, porque las transformaciones no ocurrieron simultáneamente ni afectaron del mismo modo a todas las comunidades mayas (Demarest et al., 2005; Douglas et al., 2016). El problema radica, por tanto, no en la búsqueda de una causa universal, sino en comprender por qué determinadas sociedades resultaron especialmente vulnerables ante la interacción de múltiples presiones ambientales y sociopolíticas.

La explicación ambiental resulta particularmente atractiva. Las sociedades mayas dependían considerablemente de la agricultura y, en varias regiones, del cultivo de maíz bajo condiciones de marcada estacionalidad pluviométrica. Al mismo tiempo, el crecimiento demográfico y urbano exigía alimentos, combustible, madera y materiales destinados a construcciones monumentales. Rosenmeier et al. (2002) y Beach et al. (2006) argumentan que diversos registros sedimentarios han documentado modificaciones de la vegetación, erosión de suelos y expansión de actividades agrícolas desde mucho antes del Clásico Terminal. A partir de estas evidencias se desarrolló una interpretación aparentemente sencilla: el aumento de la población habría provocado intensificación agrícola y deforestación; estas prácticas habrían degradado progresivamente los suelos y reducido la productividad; finalmente, una sucesión de sequías habría golpeado un sistema ecológico incapaz de sostener a sus habitantes.

No obstante, esta secuencia causal presenta dificultades. La presencia de deforestación no demuestra automáticamente que esta provocara una crisis agrícola, y la existencia de sequías tampoco significa que estas determinaran mecánicamente el

abandono de las ciudades. Investigaciones sobre el manejo del paisaje (Beach et al., 2015; Lentz et al., 2018) han documentado terrazas, campos elevados, reservorios, canales, huertos domésticos, sistemas agroforestales y diferentes formas de conservación de suelos, mostrando que las poblaciones mayas no fueron agricultoras pasivas frente a un ambiente tropical hostil. Incluso algunas regiones intensamente pobladas conservaron espacios forestales durante el Clásico Tardío. La cuestión relevante no es, entonces, si los mayas transformaron el ambiente – cuestión suficientemente demostrada –, sino cuándo, dónde y en qué condiciones determinadas transformaciones pudieron convertirse en factores de vulnerabilidad.

La investigación paleoclimática ha añadido otra dimensión fundamental. Registros obtenidos de lagos, sedimentos y espeleotemas indican la ocurrencia de importantes episodios de aridez durante los siglos correspondientes al Clásico Terminal. La reconstrucción isotópica del lago Chichancanab permitió estimar reducciones significativas de las precipitaciones, mientras investigaciones posteriores como la de Evans et al. (2018) han mejorado progresivamente la resolución cronológica de los episodios secos. El problema es que la relación entre clima y transformación social tampoco fue uniforme. Algunas ciudades experimentaron crisis antes de los episodios más intensos; otras persistieron durante ellos; y determinadas poblaciones se desplazaron o reorganizaron sin desaparecer. El ambiente pudo actuar, por consiguiente, menos como una causa autónoma que como un multiplicador de vulnerabilidades preexistentes.

En este contexto, el presente ensayo busca responder a la siguiente pregunta: ¿Puede explicarse el colapso de determinadas ciudades mayas como consecuencia de una crisis agrícola y ambiental?. Para responder a esta interrogante, el análisis se organiza en tres ejes complementarios. En primer lugar, se examinan las evidencias sobre intensificación agrícola, deforestación, erosión y manejo del paisaje. En segundo término, se estudian las reconstrucciones paleoclimáticas relativas a las sequías de los siglos VIII-X y sus posibles consecuencias para sistemas agrícolas dependientes de las precipitaciones. Por último, se analiza la interacción entre ambiente, población y organización sociopolítica, prestando especial atención a las diferencias regionales y a las estrategias de resiliencia. Se argumentará que agricultura y sequía contribuyeron a generar condiciones de vulnerabilidad, pero que convertirlas en explicación única reproduce una imagen excesivamente determinista del cambio histórico maya.

2. METODOLOGÍA

Este ensayo se sustenta en una revisión de alcance de literatura especializada, siguiendo los lineamientos generales formulados por Arksey y O'Malley (2005) y por Tricco

et al. (2018). Esta estrategia resulta pertinente porque el problema estudiado atraviesa campos disciplinarios diversos, entre ellos arqueología, paleoecología, paleoclimatología, geoarqueología, historia ambiental y estudios sobre sistemas agrícolas antiguos. El propósito no consiste en realizar un metaanálisis de las estimaciones paleoclimáticas ni establecer estadísticamente una causa universal del denominado colapso, sino examinar críticamente los principales modelos utilizados para relacionar agricultura, transformación ambiental, sequía y reorganización sociopolítica. La revisión se orientó, por tanto, hacia una cuestión explicativa: hasta qué punto las evidencias disponibles permiten sostener que la intensificación agrícola y el deterioro ambiental desempeñaron un papel causal en las transformaciones experimentadas por las tierras bajas mayas.

La búsqueda bibliográfica consideró Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, complementadas con repositorios institucionales y publicaciones académicas especializadas en arqueología mesoamericana y paleoclimatología. Se privilegiaron artículos revisados por pares, obras de síntesis y estudios arqueológicos y paleoambientales relacionados directamente con las tierras bajas mayas. Se incorporaron investigaciones clásicas que resultan indispensables para reconstruir el desarrollo de la discusión, junto con literatura publicada preferentemente durante los últimos cinco años cuando esta permitía actualizar las interpretaciones sobre sequías, manejo hídrico, resiliencia y transformaciones demográficas. Entre los trabajos centrales se consideraron los estudios de Demarest et al. (2005), Douglas et al. (2016) y Seligson (2023), además de investigaciones recientes que permiten cuestionar modelos monocausales del cambio social.

Los principales descriptores considerados fueron *Classic Maya collapse*, *Maya agriculture*, *Maya Lowlands*, *deforestation*, *land degradation*, *soil erosion*, *paleoclimate*, *drought*, *water management*, *agricultural intensification*, *resilience* y *Terminal Classic*. La selección se concentró en literatura capaz de aportar información sobre cuatro dimensiones: evidencias arqueológicas de intensificación y manejo agrícola; indicadores paleoambientales de deforestación y erosión; reconstrucciones paleoclimáticas de precipitación y sequía; y relaciones entre cambio ambiental, transformaciones demográficas y desintegración de sistemas políticos. Se excluyeron interpretaciones divulgativas que presentan el «colapso maya» como consecuencia demostrada de una única causa, especialmente cuando no distinguen entre el abandono de determinados centros políticos y la continuidad histórica de las poblaciones mayas.

El corpus fue organizado mediante un enfoque cualitativo-interpretativo y un diseño narrativo de tópico estructurado en tres categorías analíticas. La primera, agricultura y transformación del paisaje, examina la intensificación productiva, la deforestación,

la erosión y las tecnologías empleadas para gestionar suelos, bosques y humedales. La segunda, sequía y vulnerabilidad agrícola, analiza los registros paleoclimáticos y las consecuencias potenciales de reducciones prolongadas o recurrentes de las precipitaciones. La tercera, crisis política, adaptación y resiliencia, considera la manera en que los factores ambientales interactuaron con densidad demográfica, competencia entre élites, guerra, organización territorial y desplazamientos poblacionales. Esta organización permite evitar una oposición artificial entre explicaciones ambientales y sociales, tratándolas como componentes potencialmente interdependientes.

Finalmente, la revisión se fundamenta en una precaución interpretativa fundamental: distinguir entre correlación cronológica, mecanismo causal y determinación histórica. La coincidencia entre una sequía y el abandono de una ciudad no demuestra, por sí sola, una relación causal; del mismo modo, la deforestación no implica necesariamente el agotamiento irreversible del sistema agrícola. Establecer relaciones causales exige considerar la cronología, intensidad y distribución espacial de los fenómenos, así como sus mecanismos de impacto y las respuestas humanas. Asimismo, se adopta una concepción crítica del término «colapso»: lo que se debilitó o desapareció en numerosas regiones fueron determinados centros urbanos, dinastías y estructuras políticas del período Clásico y no el pueblo maya como entidad histórica y cultural.

3. CULTIVAR LA SELVA: AGRICULTURA, DEFORESTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE

La agricultura transformó profundamente las tierras bajas mayas mucho antes de las crisis del siglo IX. Los registros de polen y sedimentos muestran disminuciones de vegetación arbórea, expansión de plantas asociadas con perturbación humana y erosión vinculada al desmonte desde períodos preclásicos. En el Petén guatemalteco, por ejemplo, los sedimentos lacustres documentan pérdida de bosque y erosión producidas por actividades humanas durante aproximadamente dos milenios antes del Clásico Terminal (Rosenmeier et al., 2002). La agricultura no puede considerarse, por tanto, una presión surgida repentinamente antes del «colapso». Fue precisamente la capacidad de modificar el paisaje, cultivar diferentes ambientes y producir excedentes la que permitió sostener numerosas poblaciones durante siglos, especialistas, élites políticas y centros monumentales.

El crecimiento demográfico intensificó, sin embargo, las exigencias sobre el territorio. El cultivo requería espacios productivos, mientras ciudades y monumentos demandaban madera, combustible y materiales. La tala podía favorecer erosión y pérdida

de nutrientes cuando los suelos quedaban expuestos a precipitaciones intensas. Beach et al. (2006) identificaron episodios extensos de erosión y sedimentación asociados con actividades humanas, aunque también demostraron una gran variabilidad espacial y temporal. Este último punto es decisivo: la alteración ambiental no siguió una trayectoria lineal desde un bosque intacto hacia una devastación final. Algunos de los episodios más importantes de erosión ocurrieron durante fases tempranas de ocupación, mientras posteriormente se desarrollaron estrategias destinadas precisamente a controlar el suelo y el agua.

Por ello, identificar agricultura intensiva con destrucción resulta problemático. McNeil (2012), Beach et al. (2015) y Lentz et al. (2018) han documentado terrazas, modificaciones de laderas, campos en humedales, huertos, arboricultura y sistemas de manejo forestal. En Tikal, la economía combinó espacios agrícolas, huertos domésticos, áreas de bosque manejado y aprovechamiento de los bajos, mientras la gestión hídrica mediante reservorios permitió almacenar agua durante la estación seca (Lentz et al., 2018). Este mosaico revela una relación mucho más sofisticada con el ambiente que la imagen de agricultores que simplemente talaron progresivamente la selva hasta destruir su base de subsistencia. La intensificación pudo producir costes ambientales, pero también generó innovaciones orientadas a aumentar la productividad y reducir riesgos.

El caso de Copán resulta especialmente ilustrativo de los problemas de la hipótesis de la deforestación. Durante décadas fue presentado como ejemplo de una población que habría sobrepasado la capacidad de carga de su territorio. No obstante, reevaluaciones paleoecológicas han cuestionado la relación directa entre pérdida forestal y crisis política. McNeil (2012) sostiene que las evidencias disponibles no respaldan la deforestación como causa suficiente del colapso de Copán y muestran prácticas agroforestales y de manejo del paisaje compatibles con una explotación prolongada. La importancia del caso radica en que obliga a separar tres afirmaciones diferentes: que los mayas modificaron los bosques; que determinadas modificaciones generaron degradación; y que esa degradación causó el abandono de una ciudad. Solo la primera puede generalizarse sin grandes reservas.

La pregunta «¿la agricultura destruyó a los mayas?» contiene así una premisa problemática. La agricultura fue simultáneamente una fuente de transformación ambiental y el fundamento que permitió sostener durante siglos una de las sociedades urbanas más complejas de América precolombina. Sus consecuencias dependieron de la densidad demográfica, las características de los suelos, la disponibilidad hídrica, las técnicas productivas y las decisiones políticas. En determinados lugares, la intensificación

probablemente redujo márgenes de seguridad frente a malas cosechas; en otros, las prácticas de conservación aumentaron la resiliencia. Más que concebir la agricultura y el ambiente como fuerzas enfrentadas, resulta necesario comprender los paisajes mayas como sistemas socioecológicos contruidos históricamente, capaces de generar tanto vulnerabilidades como soluciones.

4. CUANDO DEJÓ DE LLOVER: SEQUÍAS Y VULNERABILIDAD AGRÍCOLA

La hipótesis climática adquirió especial fuerza cuando los registros paleoclimáticos comenzaron a proporcionar evidencias independientes de episodios de aridez coincidentes con el Clásico Terminal. Estudios realizados en lagos y cuevas de la península de Yucatán mostraron variaciones hidrológicas significativas durante los siglos VIII-X. Una de las investigaciones más influyentes fue la reconstrucción realizada por Evans et al. (2018) a partir de isótopos del agua incorporada al yeso sedimentario del lago Chichancanab. Sus resultados estimaron reducciones medias de las precipitaciones cercanas al 50 % durante intervalos de sequía y disminuciones todavía mayores en momentos particularmente intensos. Tales magnitudes permiten descartar la idea de que la aridez fuera simplemente una fluctuación climática irrelevante.

Para sociedades dependientes en buena medida de cultivos de secano, una disminución sostenida de las precipitaciones podía generar consecuencias importantes. El maíz es sensible no solamente al volumen anual de lluvia, sino también a su distribución durante el ciclo agrícola. Una reducción de las precipitaciones durante momentos críticos podía provocar pérdidas de cosechas, aunque la media anual no descendiera de manera catastrófica. A ello se añadía la marcada estacionalidad de las tierras bajas y, en determinadas zonas, la ausencia de grandes cursos superficiales permanentes. Reservorios, aguadas, cenotes y otras infraestructuras mitigaban esa vulnerabilidad, pero requerían suficiente precipitación durante la estación húmeda para almacenar agua. La sequía podía afectar así simultáneamente al consumo humano y a la producción agrícola (Bhattacharya et al., 2023).

No obstante, hablar de «la sequía» simplifica un fenómeno caracterizado por episodios diferentes en intensidad, duración y distribución geográfica. Douglas et al. (2016) mostraron que los siglos IX-XI registraron sequías particularmente severas y frecuentes, pero también advirtieron que las transformaciones económicas y políticas habían comenzado en algunas regiones meridionales antes de los episodios climáticos más extremos. Diversas investigaciones (Douglas et al., 2016; Evans et al., 2018; Seligson, 2023) han permitido precisar esa cronología y confirmar la existencia de intervalos secos

prolongados durante el Clásico Terminal. Esta evidencia refuerza la importancia del clima, pero también dificulta convertirlo en un reloj causal capaz de explicar simultáneamente el abandono de todas las ciudades.

La vulnerabilidad dependía además de las condiciones locales. Una ciudad con reservorios extensos, acceso a humedales, suelos productivos o redes comerciales podía responder de manera distinta que otra dependiente de un territorio agrícola más restringido. El estudio reciente de McLellan et al. (2026), basado en el análisis de 294 asentamientos de Belice, confirma esta heterogeneidad al mostrar importantes diferencias espaciales y temporales en los procesos de abandono, así como una mayor persistencia de los asentamientos próximos a fuentes permanentes de agua. Las estrategias de manejo del agua fueron precisamente uno de los mecanismos mediante los cuales las comunidades afrontaron la variabilidad climática (Bhattacharya et al., 2023). La adaptación, sin embargo, posee límites. Una tecnología desarrollada para superar una estación seca normal puede resultar insuficiente frente a varios años consecutivos de déficit pluviométrico. El problema no sería entonces la incapacidad maya para comprender su ambiente, sino la posibilidad de que acontecimientos excepcionalmente intensos sobrepasaran sistemas diseñados para enfrentar una variabilidad climática de menor magnitud.

Las sequías deben interpretarse, por consiguiente, como factores de estrés y no como órdenes automáticas de colapso. Una comparación útil procede de Mayapán, aunque corresponda a un período posterior. Kennett et al. (2022) encontraron una relación entre sequía prolongada, dificultades productivas, rivalidades políticas y aumento de la violencia durante los siglos XIV-XV. Sin embargo, el abandono de la capital no significó el fin de la sociedad maya y las estructuras económicas y políticas persistieron regionalmente. El ejemplo demuestra un mecanismo plausible: el clima puede deteriorar condiciones materiales, intensificar conflictos preexistentes y contribuir a desestabilizar instituciones sin determinar por sí solo el resultado histórico. Esta lógica ofrece un marco más productivo para interpretar también las crisis del Clásico Terminal.

5. MÁS ALLÁ DEL «COLAPSO»: POLÍTICA, DEMOGRAFÍA Y RESILIENCIA MAYA

El concepto de «colapso maya» puede inducir a imaginar una civilización que alcanzó su apogeo y desapareció repentinamente. La evidencia arqueológica muestra un fenómeno distinto. Entre aproximadamente los años 750 y 1000 disminuyeron significativamente la construcción monumental, las inscripciones dinásticas y la población en numerosos centros de las tierras bajas meridionales, pero el proceso presentó cronologías distintas. Mientras algunas ciudades perdieron población, otras

regiones mantuvieron o incrementaron su importancia. El norte de Yucatán experimentó un desarrollo político significativo durante y después de las crisis meridionales. Por ello, resulta más preciso hablar del colapso de determinados sistemas políticos del período Clásico que de la desaparición de la civilización maya (Demarest et al., 2005; Douglas et al., 2016).

Las condiciones políticas pudieron aumentar considerablemente la vulnerabilidad ambiental. El Clásico Tardío estuvo caracterizado por múltiples entidades políticas cuyos gobernantes competían mediante alianzas, guerra, prestigio dinástico y construcción monumental. Mantener esas estructuras requería movilizar trabajo y recursos. Una reducción prolongada de la producción agrícola podía afectar no solo la disponibilidad de alimentos, sino también la legitimidad de los gobernantes. Sin embargo, las transformaciones políticas del Clásico Terminal no condujeron exclusivamente a la desintegración institucional: evidencias recientes procedentes de Ucanal muestran la aparición de espacios vinculados con formas más colectivas de gobierno y participación política (Halperin et al., 2026). En este sentido, las crisis pudieron generar también procesos de reorganización de las estructuras políticas. La respuesta dependía de cómo cada sociedad distribuía recursos y organizaba las cargas asociadas con la escasez.

La presión demográfica constituyó otra variable relevante. Una población elevada no conduce necesariamente al colapso, pues puede estimular la innovación y la intensificación agrícola; sin embargo, también puede reducir la capacidad de respuesta cuando la producción se aproxima a sus límites bajo condiciones climáticas adversas. El problema no habría sido simplemente la existencia de «demasiados mayas», sino la dependencia de ciertas concentraciones poblacionales respecto de sistemas agrícolas, hídricos y políticos complejos, cuya estabilidad podía verse comprometida tras varios años de malas cosechas. Mientras una comunidad pequeña podía abandonar temporalmente tierras marginales, una gran ciudad requería mantener redes de abastecimiento, almacenamiento e infraestructura hídrica. Así, la misma complejidad que permitió sostener poblaciones numerosas pudo convertirse, en determinadas circunstancias, en una fuente de vulnerabilidad.

Las diferencias regionales constituyen una de las objeciones más importantes contra cualquier explicación monocausal. Si la deforestación o la sequía hubieran provocado mecánicamente el colapso, cabría esperar respuestas relativamente similares en lugares sometidos a presiones equivalentes. No obstante, la arqueología revela procesos de persistencia, movilidad, reorganización y recuperación. Estudios recientes sobre el norte de Yucatán (Seligson, 2023; Masson et al., 2024) muestran que las poblaciones rurales

desempeñaron un papel importante en la continuidad y posterior regeneración de los sistemas sociopolíticos. La ocupación rural persistió durante períodos de desintegración y recuperación política, preservando conocimientos culturales, proporcionando espacios de acogida para poblaciones desplazadas y contribuyendo a la regeneración de las estructuras estatales. La trayectoria histórica maya fue, por consiguiente, también una historia de resiliencia.

Esta continuidad obliga a desmontar la imagen de una «desaparición». Los mayas no desaparecieron en el siglo IX ni después del abandono de determinadas capitales. Las sociedades del Posclásico desarrollaron nuevas configuraciones políticas y económicas; ciudades como Chichén Itzá y posteriormente Mayapán ocuparon posiciones relevantes; y más de siete millones de personas mayas continúan viviendo actualmente en México, Guatemala, Belice, Honduras y El Salvador (National Museum of the American Indian, s. f.). Incluso después de episodios posteriores de crisis política y ambiental, las comunidades demostraron una notable capacidad de reorganización. La pregunta histórica más fértil no es, por ello, por qué desaparecieron los mayas, sino por qué determinados sistemas urbanos y dinásticos perdieron estabilidad mientras comunidades, prácticas culturales y redes económicas consiguieron adaptarse y persistir.

6. CONCLUSIÓN

La explicación que atribuye el denominado colapso maya a la destrucción ambiental producida por la agricultura posee una fuerza intuitiva considerable. Una población creciente habría talado bosques, agotado suelos y aumentado su dependencia de cosechas cada vez más vulnerables hasta que una sucesión de sequías hizo insostenible el sistema. Parte de esta secuencia encuentra respaldo empírico: las sociedades mayas transformaron intensamente sus paisajes, existieron episodios de deforestación y erosión y los registros paleoclimáticos documentan importantes sequías durante el Clásico Terminal. Sin embargo, convertir estas evidencias en una cadena causal universal excede lo que permite sostener la investigación disponible. Transformación ambiental no equivale necesariamente a degradación irreversible, del mismo modo que sequía no equivale automáticamente a colapso político.

La agricultura desempeñó un papel ambivalente. Generó impactos ambientales, pero también hizo posible el desarrollo demográfico y político de las sociedades mayas durante siglos. Frente a los problemas asociados con suelos, agua y estacionalidad, las comunidades construyeron terrazas, modificaron humedales, desarrollaron sistemas agroforestales, mantuvieron huertos y almacenaron agua. Estas estrategias muestran

conocimiento ambiental acumulado y capacidad adaptativa. En determinados contextos, la intensificación pudo reducir márgenes de seguridad y aumentar la exposición a malas cosechas, pero no existe fundamento suficiente para describir a los mayas en conjunto como una sociedad que destruyó irreflexivamente la base ecológica de su propia existencia.

Las sequías de los siglos VIII-X proporcionan una pieza fundamental del problema porque pudieron reducir la productividad y tensionar sistemas hídricos y alimentarios. Su importancia, no obstante, dependió de las condiciones sociales sobre las cuales actuaron. Una misma anomalía climática puede producir consecuencias diferentes según infraestructura, densidad poblacional, disponibilidad de agua, diversidad productiva, acceso al intercambio y capacidad institucional. Esta interacción permite comprender por qué las transformaciones fueron espacial y cronológicamente desiguales. El clima no necesita ser concebido como una causa suficiente para haber desempeñado un papel histórico decisivo: pudo amplificar vulnerabilidades existentes hasta superar las capacidades de respuesta de determinadas ciudades.

La pregunta orientadora puede responderse, por tanto, de manera matizada. Sí, una crisis agrícola y ambiental contribuyó probablemente al colapso de determinadas ciudades mayas, pero no constituye una explicación suficiente ni universal. Las sequías actuaron sobre paisajes ya profundamente transformados y sociedades caracterizadas por altas densidades demográficas, competencia política, desigualdad y conflictos. En algunos lugares, esa combinación pudo generar retroalimentaciones entre escasez, pérdida de legitimidad, migraciones y desintegración política; en otros, las comunidades conservaron capacidades de adaptación. El «colapso» emerge, así, como un proceso multicausal producido por la interacción entre sistemas naturales y sociales y no como el desenlace inevitable de una única práctica agrícola.

Finalmente, el caso maya ofrece una valiosa advertencia metodológica para comprender las relaciones históricas entre sociedad y ambiente. Atribuir una transformación social al clima o a la degradación ecológica resulta insuficiente si no se explican los mecanismos mediante los cuales esas presiones alteraron la producción, el abastecimiento, la organización política o la capacidad de respuesta de las comunidades. Reconocer la agencia humana tampoco supone restar importancia al entorno, pues las sociedades transforman los ecosistemas al mismo tiempo que desarrollan conocimientos, tecnologías y estrategias para adaptarse a sus cambios. La trayectoria maya revela precisamente esa interacción entre vulnerabilidad y resiliencia: los paisajes se modificaron, las precipitaciones disminuyeron y numerosos centros urbanos perdieron población, pero la sociedad maya no desapareció. Más que un final, el denominado «colapso» representó

la transformación de determinadas estructuras políticas, urbanas y territoriales dentro de una historia maya mucho más extensa.

REFERENCIAS

- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Beach, T., Dunning, N., Luzzadder, S., Cook, D. & Lohse, J. (2006). Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands. *Catena*, 65(2), 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.11.007>
- Beach, T., Luzzadder, S., Cook, D., Dunning, N., Kennett, D., Krause, S., Terry, R., Trein, D., & Valdez, F. (2015). Ancient Maya impacts on the Earth's surface: An Early Anthropocene analog? *Quaternary Science Reviews*, 124, 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.05.028>
- Bhattacharya, T., Krause, S., Penny, D., & Wahl, D. (2023). Drought and water management in ancient Maya society. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 47(2), 189-204. <https://doi.org/10.1177/03091333221129784>
- Demarest, A., Rice, P., & Rice, D. (Eds.). (2005). *The Terminal Classic in the Maya Lowlands: Collapse, transition, and transformation*. University Press of Colorado.
- Douglas, P., Demarest, A., Brenner, M., & Canuto, M. (2016). Impacts of climate change on the collapse of Lowland Maya civilization. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 44, 613-645. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060115-012512>
- Evans, N., Bauska, T., Gázquez, F., Brenner, M., Curtis, J., & Hodell, D. (2018). Quantification of drought during the collapse of the Classic Maya civilization. *Science*, 361(6401), 498-501. <https://doi.org/10.1126/science.aas9871>
- Halperin, C., Ramos, C., & Gauthier, L. (2026). Council houses and new systems of governance in the Terminal Classic Southern Maya Lowlands. *Antiquity*, 100(411), 763-783. <https://doi.org/10.15184/aqy.2026.10329>
- Kennett, D., Masson, M., Lope, C., Serafin, S., George, R., Spencer, T., Hoggarth, J., Culleton, B., Harper, T., Prufer, K., Milbrath, S., Russell, B., González, E., McCool, W., Aquino, V., Paris, E., Curtis, J., Marwan, N., Zhang, M., ... Hodell, D. (2022). Drought-induced civil conflict among the ancient Maya. *Nature Communications*, 13, 3911. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31522-x>
- Lentz, D., Dunning, N., Scarborough, V., & Grazioso, L. (2018). Imperial resource management at the ancient Maya city of Tikal: A resilience model of sustainability and collapse. *Journal of Anthropological Archaeology*, 52, 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2018.08.005>
- McLellan, A., Metcalfe, S., Rushton, E., Akers, P., de la Barreda, B., Márdero, S., Ambrogio, O., Schrodt, F., & Endfield, G. (2026). Ancient Maya settlement abandonment and climate instability in Belize (700-1600 CE): A spatial analysis of adaptive resilience. *Journal of Archaeological Science*, 193, 106661. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2026.106661>
- Masson, M., Hare, T., Peraza, C., Kennett, D., Witschey, W., Russell, B., Serafin, S., James, R., Flores, L., Delgado, P., Escamilla, B., & Cruz, W. (2024). Postclassic Maya population recovery and rural resilience in the aftermath of collapse in northern Yucatan. *Journal of Anthropological Archaeology*, 76, 101610. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2024.101610>

McNeil, C. (2012). Deforestation, agroforestry, and sustainable land management practices among the Classic period Maya. *Quaternary International*, 249, 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.06.055>

National Museum of the American Indian. (s. f.). *The Maya*. Smithsonian Institution.

Rosenmeier, M., Hodell, D., Brenner, M., Curtis, J., & Guilderson, T. (2002). A 4000-year lacustrine record of environmental change in the southern Maya Lowlands, Petén, Guatemala. *Quaternary Research*, 57(2), 183-190. <https://doi.org/10.1006/qres.2001.2305>

Seligson, K. (2023). *The Maya and climate change: Human-environmental relationships in the Classic Period Lowlands*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197652923.001.0001>

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

SOBRE O ORGANIZADOR

Eduardo Eugênio Spers realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSE e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Actinomicetos 108, 109, 112, 113

Aggregation 81, 83, 84, 86, 87, 89, 92, 96, 99, 101, 102, 103, 104, 105

Agricultura 33, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 54, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 122, 137, 151, 157, 174, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210

Agricultura inca 200, 201, 204, 206, 210

Agricultura regenerativa 65, 66, 67, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Agronegocio 33, 37, 38, 40, 44, 46

Análisis FODA 168, 170

Arroz 34, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136

B

Biodiversidad edáfica 66, 71

Biodiversity and biological monitoring 116

Biofertilizantes 120, 132, 133

C

Cadastral 1, 6, 14, 15, 16, 26

Climate change 1, 2, 3, 6, 7, 8, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 80, 198, 199

Coastal flooding 1

Colapso sociopolítico 187

Collected material available 116

Colombian Caribbean 1, 3, 4, 30, 121

Comercialización 41, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 182

Comportamento animal 151, 152, 162, 163, 164

Conservación ambiental 43, 50

Conservation and protection of species 116

D

Deforestación 187, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 196

Desarrollo rural 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 48, 49, 137, 167, 168, 174, 186

Desarrollo sostenible 30, 50

E

Economía circular 176, 184, 185
Ecosystem assessment 116, 165
Ecosystem engineers 81, 95
Ecoturismo 50, 52, 60, 62
Eficiencia de fertilización 120
Encabeçamento 151
Espectrofotometría 109, 110, 111, 112
Extensión rural 168, 169

F

Fenologia 151, 154, 159, 160, 161
Fish farming 139, 140, 148
Food fish 140

G

GPS tracking 151, 152

H

Hyphae 81, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 100, 101

I

Impacts 1, 2, 3, 4, 7, 24, 26, 27, 28, 31, 47, 98, 101, 105, 198
Ingeniería de proyectos 176
Irrigación 200, 201, 202, 203, 205, 206, 209

K

Kraft 108, 109, 111, 112, 113

L

La Malinche 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

M

Mayas 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 197
Medios selectivos 109, 112, 113
Microorganismos beneficiosos 120, 123, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 135

Modelo de acciones de sociología cultural 50

Moray 200, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 209, 210, 211

N

NPK 120, 121, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137

Nutrición vegetal 120, 123, 132

O

Organosolv 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

Ornamental fish 140, 149

P

Paisaje andino 200

Palma de aceite 33, 34, 36, 38, 41, 44, 45, 46

Pastoreio extensivo 150, 151, 152, 157

Pequeños productores 37, 38, 40, 44, 45, 47, 78, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Pisoteio 151, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164

Procesos termoquímicos 176

R

Raças autóctones 150, 151, 153, 159, 164

Remates ganaderos 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173

Residuos agroindustriales 176

Resiliencia agroecológica 66

S

Salud del suelo 66, 67

Sequía 72, 77, 125, 187, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196

Soberanía alimentaria 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Soil biodiversity 81, 90, 92, 106

Soil degradation 81, 87, 99, 101, 106

Sostenibilidad 47, 53, 66, 67, 71, 82, 120, 170, 172

Sostenibilidad agrícola 66

Sustainable aquaculture 140

T

Terrazas agrícolas 200, 204

Territorialidades rurales 33, 36, 38, 39, 42, 46

V

Valorización de biomasa 176

Vulnerability 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 101, 187



EDITORA
ARTEMIS

2026