



MAÍCES DE LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR Y CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN BRASIL Y URUGUAY

Natália Carolina de Almeida Silva
Flaviane Malaquias Costa
Rafael Vidal
Elizabeth Ann Veasey
(Organizadores)



MAÍCES DE LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR Y CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN BRASIL Y URUGUAY

Natália Carolina de Almeida Silva
Flaviane Malaquias Costa
Rafael Vidal
Elizabeth Ann Veasey
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

- Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliã Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Maíces de las tierras bajas de América del Sur y conservación de la agrobiodiversidad en Brasil y Uruguay

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Natália Carolina de Almeida Silva
Flaviane Malaquias Costa
Rafael Vidal
Elizabeth Ann Veasey

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M217 Maíces de las tierras bajas de América del Sur y conservación de la agrobiodiversidad en Brasil y Uruguay / Organizadores Natália Carolina de Almeida Silva, Flaviane Malaquias Costa, Rafael Vidal, Elizabeth Ann Veasey. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Inclui bibliografía

ISBN 978-65-5706-694-2

DOI 10.22533/at.ed.942201712

1. Agricultura familiar. 2. Agroecología. 3. Caracterización de germoplasma. 4. Conservación in situ on farm. 5. Diversidad genética. 6. Domesticación. 7. Metodologías participativas. 8. Microcentros de diversidad. 9. Variedades criollas. 10. Recursos genéticos. 11. Razas de maíz. 12. Zea mays ssp. mays. I. Silva, Natália Carolina de Almeida (Organizadora). II. Costa, Flaviane Malaquias (Organizadora). III. Vidal, Rafael (Organizador). IV. Título.
CDD 338.1

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 DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, 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 do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

EQUIPO DEL PROYECTO «RAZAS DE MAÍZ DE LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR: AMPLIANDO EL CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD DE VARIEDADES CRIOLLAS DE BRASIL Y URUGUAY»

PROFESORES COORDINADORES DEL PROYECTO

Elizabeth Ann Veasey – Esalq/USP (Brasil)

Rafael Vidal – Fagro/Udelar (Uruguay)

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Natália Carolina de Almeida Silva

Flaviane Malaquias Costa

Rafael Vidal

Elizabeth Ann Veasey

INVESTIGADORES, ARTICULADORES LOCALES Y COLABORADORES

Adrián Cabrera

Alda Rodríguez

Albino Batista Gomes

Amauri Siviero

Ana Luíza Melgaço

Belen Morales

Betina Porta

Charles Roland Clement

Emanuel Dias

Fábio Freitas

Fabício Fuzzer de Andrade

Gabriel Fernandes Bianconi

Gastón Olano

Giovane Vielmo

Gilson de Carvalho

Guillermo Galván

Iana Samarillo

Irene Maria Cardoso

Jarcira de Oliveira Silva

Julia Medina Nascimento

Josy de Oliveira Pinheiro

Letícia Marion Fagundes da Silva

Lia Rejane Silveira Reiniger

Lilian Alessandra Rodrigues

Lis Pereira Soares

Magdalena Vaio

Maiara Cristina Hoppe

Marcelo Fossati

Marcos Cella

Mariana Vilaró

Mariano Beltrán

Marilín Banchero

Marlove Muniz

Marta Hoffmann

Mateo Favaro

Mercedes Rivas

Milla Dantas de Oliveira

Moacir Haverroth

Nicolas Davila

Paola Bianchini Cortez

Pauline Hélène Cécile Marie

Cuenin

Rubana Palhares

Ruben Cruz

Sara Pereira

Sarah Lucas Rodrigues

Silvana Machado

Simone Maulaz Elteto

Soledad Piazze

Tacuabé Gozaléz

Valentina Rodríguez

Valquíria Garrote

Victoria García da Rosa

Viviane Camejo

Zefa Valdivinia Pereira

Yolanda Maulaz Elteto

Este libro está dedicado a todas las personas, instituciones y organizaciones comprometidas con la conservación de la agrobiodiversidad, que luchan diariamente para dar visibilidad, voz y mejores condiciones de vida a mujeres y hombres que ejercen el valioso trabajo de guardianes de la biodiversidad.

¡Un viva a todos los agricultores familiares, tradicionales, colonos de la reforma agraria, indígenas, quilombolas y ribereños de las Tierras Bajas de América del Sur!

AGRADECIMIENTOS

En busca de respuestas a nuestras preguntas, nos dispersamos, al igual que el maíz, por los campos y bosques de este continente. Conocimos diferentes personas, aventuramos en los saberes y probamos sabores peculiares. En los biomas pampa y bosque atlántico (*Mata Atlântica*), vimos la fuerza de los guardianes de la agrobiodiversidad. En el cerrado, las semillas, con toda belleza, mostraron su fuerza y resistencia. En la Amazonía, encontramos un maíz raro y nos sorprendió la creatividad de los nativos para disfrutar de sus múltiples usos. En la caatinga, en busca de semillas de maíz, descubrimos que también hay semillas humanas y vimos que es el semiárido que la vida late. Al final de este trabajo, podemos decir que las respuestas que encontramos se han multiplicado en nuevas preguntas. Y de esta manera, la ciencia avanza, trayendo luz a lo desconocido e inspirando nuevas cuestiones. Las preguntas siempre han alimentado a la ciencia, así como las semillas han alimentado a la humanidad. Esta investigación solo fue posible debido a la unión de múltiples esfuerzos. De esta manera, expresamos nuestro sincero agradecimiento a todos los involucrados.

Expresamos nuestro respeto y gratitud a la familia y los agricultores familiares e indígenas que participaron en la investigación, por toda su colaboración con el proyecto y por el importante papel que desempeñan en la conservación de la agrobiodiversidad.

Agradecemos al Laboratorio de Genética Ecológica de Plantas, el *Departamento de Genética de la Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* de la Universidad de São Paulo (Esalq-USP, Brasil), y el Laboratorio de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (Fagro-Udelar, Uruguay), por el apoyo institucional, la infraestructura, los materiales y los funcionarios que apuntalaron el desarrollo de la investigación.

A la Red de Investigación Colaborativa del Grupo Interdisciplinario de Estudios en Agrobiodiversidad (InterABio), por la movilización de los agricultores y toda la colaboración para que la investigación se llevara a cabo en las diferentes regiones involucradas en el proyecto.

A la *Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER)*, *Associação dos Guardiões das Sementes Crioulas* de Ibarama-RS, *Guardiões Mirins*, *Prefeitura Municipal* de Ibarama/RS y *Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)*, por apoyar el proyecto en el estado de Rio Grande do Sul.

A la Universidad Federal da Grande Dourados (UFGD), Universidad Estadual de Maringá (UEM) y al Banco Comunitario de Semillas Lucinda Moreti, por apoyar la investigación en el estado Mato Grosso do Sul.

A la Universidad Federal de Viçosa (UFV), Parroquia de Divino, Centro de Tecnologías Alternativas (CTA) y *Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais na Agricultura Familiar*, por apoyar el proyecto en el estado de Minas Gerais.

A la *Rede de Intercâmbios de Tecnologias Alternativas*, ASPTA - *Agricultura Familiar e Agroecologia*, la Red Semillas da Paixão, *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (EMBRAPA) *Semi-Árido*, por apoyar el proyecto en el estado de la Paraíba.

Al *Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia* (INPA), *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBIO) y *Reserva Agroextrativista Rio Ouro Preto* (RESEX), por apoyar el proyecto en el estado de Rondonia.

A la *Comissão Pró-Índio* (CPI-Acre), *Associação do Movimento dos Agente Agroflorestais Indígenas do Acre* (AMAAIAC) y EMBRAPA Acre, por apoyar el proyecto en el estado del Acre.

A la Universidad de la República (Udelar), el Centro Regional del Este (CURE) y la Red de Semillas Nativas y Criollas de Uruguay, por apoyar el proyecto en los departamentos de Rocha y Treinta y Tres.

Al Centro Universitario de Tacuarembó (Udelar/CUT), Centro Universitario de Rivera (Udelar/CUR) y Bio-Uruguay, por apoyar el proyecto en los departamentos de Tacuarembó y Rivera.

A la Sociedad de Fomento de Tala (SFT) por apoyar el proyecto en Tala, departamento de Canelones.

A la investigadora Iris Satie Hayashi Shimano de la Esalq-USP, por la contribución en los análisis estadísticos; y al investigador Juan Burgueño, del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), por la discusión sobre los análisis estadísticos realizados en la investigación.

A José Rafael Perez por su generosidad en la revisión del texto.

A la *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo* (FAPESP-Brasil), el *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq-Brasil) y la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC-Uruguay), por el apoyo presupuestal a la investigación.

PRESENTACIÓN

*Sou apenas a fartura generosa e
despreocupada dos paióis. [...]
Sou o milho.*

Cora Coralina

*Como o milho duro, que vira
pipoca macia, só mudamos para
melhor quando passamos pelo
fogo: as provações da vida.*

Rubem Alves

*Por fim treze deuses sagrados
encontram a solução, do milho
então são criados, os seres
humanos de então.*

Ana Abel

Este libro es una invitación a navegar por los caminos recorridos por el maíz en las Tierra Bajas de América del Sur en la antigüedad y la actualidad. En este viaje, interactuaremos con los pueblos indígenas, hablaremos con los agricultores, aprenderemos sobre la investigación genética y lingüística, y sobre cómo este cultivo está estrechamente relacionado con la historia humana en el continente americano. Se sabe que, en sus muchas variedades, el maíz ha sido el alimento básico no solo de los pueblos andinos, desde tiempos inmemoriales, sino también de los pueblos de la Amazonía, la Caatinga, el Cerrado, el Bosque Atlántico, el Pantanal y la Pampa brasileña y uruguaya.

Transformado en poesía por Cora Coralina, en filosofía por Rubem Alves, quien compara la maduración humana con la transfiguración del maíz pisingallo (*popcorn*) en una «flor blanca y suave», y considerado alimento sagrado por el Candomblé, el maíz nos alimenta y también alimenta a nuestros animales, se convierte en una muñeca de juguete para los niños, lleva los depósitos de abundancia, y promueve celebraciones de agradecimiento, especialmente en el mes de junio, época de la cosecha. ¡El maíz es pura bendición!

En América Central y también en las Tierras Altas de América del Sur, el maíz tiene muchos registros relacionados con la historia, los mitos y ritos. De los muchos que tuve la oportunidad de conocer, destaco el mito de la creación de humanos a partir del maíz, que se encuentra en la tradición del pueblo maya, cuyos dioses habrían tratado previamente de humanizar la arcilla y la madera, sin éxito, como en

el poema de Ana Abel.

La gran diferencia del viaje que haremos al leer este libro será conocer la historia del maíz y cómo se dispersó desde la Amazonía hasta llegar a Uruguay. Las poblaciones precolombinas que vivían en esta región de las Américas fueron muy espléndidas en la construcción de carreteras y el maíz, acompañando a los humanos, llegó y se pudo encontrar ampliamente en los principales biomas de América del Sur.

La agrobiodiversidad también está representada en este libro, que renueva conceptos científicamente consolidados sobre las razas de maíz, presenta la conservación en los sistemas agrícolas tradicionales, incluye semillas criollas y la diversidad de nuestro principal cultivo nativo: la mandioca. Para promover el diálogo de estos conceptos con el conocimiento de los pueblos indígenas y los agricultores que manejan esta diversidad cada temporada, estudios etnobotánicos en todos los biomas enriquecen el conocimiento aquí presentado.

El libro finaliza con experiencias inspiradoras para el manejo de la agrobiodiversidad. Conoceremos la creatividad y la pasión involucradas en los trabajos que expanden y conservan la diversidad genética, que actualmente están llevando a cabo los pueblos indígenas, las comunidades tradicionales y los agricultores familiares.

Aquí usted aprenderá, se inspirará y viajará... sírvase el *pop* (que también en este libro usted conocerá mejor) y siga con nosotros en estos caminos renovadores.

Dr.^a Patricia Bustamante – Embrapa Alimentos e Territórios

PREFACIO

La agrobiodiversidad puede ser definida como la parte de la biodiversidad destinada a la alimentación y la agricultura, y se organiza en cuatro niveles: diversidad dentro de especies o intraespecífica, como las variedades criollas; diversidad entre especies; diversidad de agroecosistemas, y diversidad cultural, que incluye la variabilidad de los sistemas de pensamiento, lenguas, conocimientos, prácticas, tradiciones, costumbres, creencias religiosas, tipos de alimentos, usos de bienes naturales, técnicas y tecnologías que crean la humanidad. En otras palabras, la agrobiodiversidad es el resultado del proceso coevolutivo de la domesticación de plantas, animales y paisajes llevada a cabo por diferentes pueblos, en diferentes momentos y lugares.

En este contexto, la obra *Maíces de las Tierras Bajas de América del Sur y Conservación de la Agrobiodiversidad en Brasil y Uruguay* fue diseñada con el objetivo de difundir los resultados del Proyecto *Razas de Maíz de las Tierras Bajas de América del Sur: ampliando el conocimiento sobre la diversidad de variedades criollas de Brasil y del Uruguay*, desarrollado durante casi cuatro años de trabajo. El proyecto fue el resultado de un esfuerzo colectivo entre organizaciones, entidades, agricultores familiares, universidades y la Red de Investigación Colaborativa del Grupo Interdisciplinario de Estudios en Agrobiodiversidad (InterABio), para investigar la diversidad de maíz conservado in situ/on-farm en los diferentes biomas y regiones de Brasil y Uruguay, así como las estrategias para la conservación, el uso y la gestión de la agrobiodiversidad.

El libro abarca 17 capítulos distribuidos en tres partes: parte I: «Maíz: la planta emblemática del Continente Americano»; parte II: «Distribución y diversidad de maíz de Brasil y Uruguay», y parte III: «Experiencias de conservación, manejo y uso de la agrobiodiversidad».

En la parte I se discutieron los aspectos históricos de la evolución y la domesticación del maíz, su dispersión a través de las migraciones humanas y la diversificación de la especie en diferentes razas y variedades criollas; mostrando cómo se convirtió en el cereal emblemático de los pueblos del continente americano. Basado en una revisión de estudios científicos y la recopilación de información de diferentes áreas del conocimiento, tales como antropología, arqueología, lingüística y genética, el capítulo 1 aborda las siguientes preguntas: dónde, cómo y cuándo se domesticó el maíz, y las posibles rutas de dispersión a las Tierras Bajas de América del Sur.

La domesticación del maíz tuvo lugar a partir de un proceso coevolutivo entre la especie cultivada, los sistemas agrícolas y la selección humana, lo que

permitió la diversificación en diferentes razas, expandiendo su variabilidad genética, y resultando en la formación de centros secundarios de diversidad en todo el continente americano. En este contexto, el capítulo 2 presenta una breve historia de la clasificación de las razas de maíz en las Américas, la evolución del concepto de *raza* y la diversidad de las especies catalogadas en Brasil y Uruguay hasta el siglo xx. La memoria de los estudios se compila en una serie de documentos sobre las razas de maíz, elaborados para cada país, que en conjunto suman más de 300 razas descritas para las Américas, lo que constituye la base del conocimiento sobre la diversidad del maíz desde su centro de origen a las partes más australes del continente. Finalmente, el capítulo 3 presenta como tema central una visión de la diversidad genética de las colecciones ex situ de maíz en el Cono Sur.

La parte II presenta el *Proyecto de Razas de Maíz de las Tierras Bajas de América del Sur*: dónde se llevó a cabo, cómo se desarrolló y los principales resultados. El capítulo 4 detalla la metodología desarrollada en el ámbito del proyecto, contemplando las etapas de implementación, los materiales, los métodos, las herramientas y los principales resultados relacionados con el relevamiento etnobotánico, la colecta de variedades criollas y la caracterización fenotípica de espigas y granos. El capítulo 5 describe la metodología para la clasificación de razas de maíz, así como las razas actualmente identificadas y mantenidas por agricultoras y agricultores de Brasil y Uruguay. Finalmente, el capítulo 6 presenta la metodología para identificar microcentros de diversidad, los criterios que se utilizaron para indicar y reconocer regiones como áreas prioritarias para la conservación de la diversidad genética del maíz.

La parte III está dedicada a las experiencias de la Red de Investigación Colaborativa que actuó en la ejecución del Proyecto, relacionadas con la conservación, el manejo y el uso de la agrobiodiversidad en Brasil y Uruguay, que incluyen maíz, pero van mucho más allá de la conservación de esta especie. Los capítulos publicados revelan las estrategias de cada región, de las organizaciones locales y de los agricultores para superar los desafíos que rodean la conservación de los recursos genéticos, y promover el fortalecimiento y el empoderamiento de los agricultores en el manejo de la agrobiodiversidad. Los temas cubiertos revelan la diversidad y la naturaleza de las experiencias, los puntos de convergencia y sus particularidades, organizados en diez capítulos.

En el contexto del bioma Pampa, los primeros tres capítulos están dedicados a experiencias en el territorio uruguayo, el primero (capítulo 7) presenta la experiencia de la Red de Semilla Criolla y Nativa, su proceso de organización, actividades con los agricultores y el impacto en la formulación de políticas públicas, como el Plan Nacional de Agroecología de Uruguay. El segundo (capítulo 8) trae la experiencia rescate del maíz pisingallo bajo el Programa Huertas en Centros Educativos,

basado en acciones pedagógicas integradas que involucran a niños de escuelas públicas, que van desde la siembra, la selección, la evaluación y la conservación, hasta la incorporación de maíz pisingallo en la merienda escolar. Finalmente, el capítulo 9 presenta una caracterización de las variedades criollas maíz pisingallo y su evaluación gastronómica con diferentes públicos en reuniones científicas y de agroecología, como una estrategia para la revalorización de las variedades criollas.

En el ecotono Pampa-Bosque Atlántico, el capítulo 10 presenta la experiencia de la Associação dos Guardiões das Semillas Crioulas de Ibarama, Rio Grande do Sul, se muestran las debilidades y las potencialidades que los guardianes tienen como grupo organizado, ya sea en sus procesos de gestión, en sociedad con otras instituciones o en la valoración del trabajo de las mujeres guardianas. En el bioma Bosque Atlántico, el capítulo 11 explora cómo la estrategia denominada Intercambios Agroecológicos y los intercambios de semillas promueven la conservación de las variedades criollas, permitiendo además el diálogo entre los agricultores, la libre circulación del germoplasma local, así como el intercambio y la construcción de conocimientos sobre las semillas, su manejo y los usos en la región de la *zona da mata* de Minas Gerais.

Yendo hacia al Cerrado, considerado el bioma de contacto con prácticamente todos los demás biomas (con la excepción del Pampa), el capítulo 12 aborda las diferencias en el manejo de la diversidad genética del maíz que realizan los agricultores familiares de la reforma agraria y las comunidades indígenas guaraní-kaiowá, siendo «la semilla el principio y el fin de este camino». En la Caatinga, un bioma genuinamente brasileño, se presentan experiencias de convivencia con el semiárido. La primera, discutida en el capítulo 13, trae la experiencia de la red de guardianes de las semillas *da paixão* (semillas de la pasión) de Agreste de la Paraíba, destacando la diversidad manejada en los Bancos Comunitarios de Semillas, la *Festa Estadual das Sementes da Paixão* y las estrategias de oposición al maíz transgénico.

El capítulo 14 cuenta la historia de la Comunidad Ouricuri, ubicada en Uauá, Bahía, en la gestión del territorio y de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola tradicional llamado *Fundo de Pasto*, que articula el uso de áreas individuales y áreas de uso colectivo para la ganadería, la agricultura y el extractivismo.

Al llegar al bioma amazónico, el capítulo 15 aborda la diversidad de la mandioca, la dificultad de la nomenclatura de las variedades y la investigación llevada a cabo por Embrapa Acre con respecto a la caracterización, la evaluación, la conservación y el mejoramiento genético de la especie. El capítulo 16 describe la importancia del curso de capacitación de Agentes Agroforestales Indígenas, promovido por la *Comissão Pró-Índio do Acre* y regido por el principio de la educación intercultural en la gestión territorial y ambiental, la protección de las tierras indígenas

y sus alrededores, el uso y la conservación de recursos naturales y agroforestales, especialmente de las *palheiras* (palmeras).

Finalmente, el capítulo 17 reflexiona sobre cómo las mediaciones sociales, a partir del análisis de dos estudios de caso, fomentan y promueven procesos organizativos, movilización social y acceso a proyectos y políticas públicas por parte de los agricultores y sus organizaciones, para la conservación, el manejo y el uso de la agrobiodiversidad.

De esta manera, este trabajo tiene como objetivo alcanzar diferentes perfiles de lectores, como estudiantes y profesores de la comunidad académica, investigadores, técnicos, extensionistas, agricultores familiares e indígenas, y así generar un mayor impacto social. Además, puede usarse como referencia metodológica y colaborar en la capacitación de recursos humanos para la conservación de la agrobiodiversidad, la valoración de variedades criollas, la clasificación de razas de maíz y la identificación de microcentros de diversidad de maíz y otras especies.

Esperamos que el libro sea de su agrado, como lo fue para nosotros este viaje lleno de encuentros, aprendizajes y descubrimientos.

¡Buena lectura!

ÍNDICE

PARTE I - MAÍZ: LA PLANTA EMBLEMÁTICA DEL CONTINENTE AMERICANO

CAPÍTULO 1..... 1

ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DISPERSIÓN DEL MAÍZ EN LAS AMÉRICAS

Flaviane Malaquias Costa
Natália Carolina de Almeida Silva
Rafael Vidal
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.9422017121

CAPÍTULO 2..... 25

RAZAS DE MAÍZ DE LAS AMÉRICAS: REVISITANDO LOS ESTUDIOS SOBRE LA DIVERSIDAD DE LA ESPECIE HASTA EL SIGLO XX

Natália Carolina de Almeida Silva
Rafael Vidal
Flaviane Malaquias Costa
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.9422017122

CAPÍTULO 3..... 44

DIVERSIDAD GENÉTICA EN COLECCIONES EX SITU DE MAÍZ DEL CONO SUR

Mariana Vilaró Varela

DOI 10.22533/at.ed.9422017123

PARTE II - DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE MAÍZ DE BRASIL Y URUGUAY

CAPÍTULO 4..... 57

EL PROYECTO DE RAZAS DE MAÍZ EN LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR: AMPLIANDO EL CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD DE VARIETADES CRIOLLAS DE BRASIL Y URUGUAY

Natália Carolina de Almeida Silva
Flaviane Malaquias Costa
Rafael Vidal
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.9422017124

CAPÍTULO 5..... 87

CLASIFICACIÓN DE LAS RAZAS DE MAÍZ DE BRASIL Y URUGUAY: ENFOQUE METODOLÓGICO Y PRINCIPALES RESULTADOS

Natália Carolina de Almeida Silva
Rafael Vidal
Flaviane Malaquias Costa
Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.9422017125

CAPÍTULO 6.....110

MICROCENTROS DE DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ EN LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR

Natália Carolina de Almeida Silva

Flaviane Malaquias Costa

Rafael Vidal

Elizabeth Ann Veasey

DOI 10.22533/at.ed.9422017126

PARTE III - EXPERIENCIAS DE CONSERVACIÓN, MANEJO Y USO DE LA AGROBIODIVERSIDAD

CAPÍTULO 7..... 125

RED NACIONAL DE SEMILLAS NATIVAS Y CRIOLLAS DEL URUGUAY

Mariano Beltrán

DOI 10.22533/at.ed.9422017127

CAPÍTULO 8..... 131

AL RESCATE DEL MAÍZ PISINGALLO

Ana Nicola

Sebastián Silveira

Santiago Caggianni

Valentina Alberti

Laura Sánchez

Natalia Cabrera

Ana Díaz

Raquel Stracconi

Stella Faroppa

Beatriz Bellenda

DOI 10.22533/at.ed.9422017128

CAPÍTULO 9..... 140

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ PISINGALLO

Adrián Cabrera

Ximena Castro

Belén Morales

Gastón Olano

Rafael Vidal

DOI 10.22533/at.ed.9422017129

CAPÍTULO 10..... 147

LA EXPERIENCIA DE LA ASSOCIAÇÃO DOS GUARDIÕES DAS SEMENTES CRIOLLAS DE IBARAMA: UN CAMINO DE MUCHOS LÍMITES Y POTENCIALES

Lia Rejane Silveira Reiniger

Marielen Priscila Kaufmann

Iana Somavilla

Marlove Fátima Brião Muniz
Giovane Ronaldo Rigon Vielmo
Carmen Rejane Flôres Wizniewsky
José Geraldo Wizniewsky

DOI 10.22533/at.ed.94220171210

CAPÍTULO 11..... 157

LOS INTERCAMBIOS AGROECOLÓGICOS Y LOS INTERCAMBIOS DE SEMILLAS: ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE SEMILLAS CRIOLLAS EN LA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Yolanda Maulaz Elteto
Lis Soares Pereira
Irene Maria Cardoso
Breno de Mello Silva

DOI 10.22533/at.ed.94220171211

CAPÍTULO 12..... 171

MANEJO DE VARIEDADES TRADICIONALES DE MAÍZ: LA EXPERIENCIA DE LOS AGRICULTORES INDÍGENAS GUARANÍ-KAIOWÁS EN MATO GROSSO DO SUL

Marta Hoffmann
José Ozinaldo Alves de Sena

DOI 10.22533/at.ed.94220171212

CAPÍTULO 13..... 182

SEMILLAS *DA PAIXÃO*: UNA EXPERIENCIA COLECTIVA Y TERRITORIAL DE CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN AGRESTE DE PARAÍBA

Gabriel Bianconi Fernandes
Emanoel Dias da Silva

DOI 10.22533/at.ed.94220171213

CAPÍTULO 14..... 198

MANEJO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGRÍCOLA TRADICIONAL FUNDO DE PASTO - COMUNIDAD OURICURI, UAUÁ/BA

Fabricio Bianchini
Paola Cortez Bianchini
Rebeca Mascarenhas Fonseca Barreto
Paulo Anchieta Florentino da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.94220171214

CAPÍTULO 15..... 227

AGROBIODIVERSIDAD DE LA MANDIOCA DEL ACRE

Mauro Siviero
Lauro Saraiva Lessa

DOI 10.22533/at.ed.94220171215

CAPÍTULO 16..... 241

LA FORMACIÓN DEL AGENTE AGROFORESTAL INDÍGENA Y EL MANEJO Y

LA CONSERVACIÓN DE *PALHEIRAS* EN LAS TIERRAS INDÍGENAS EN ACRE

Ana Luiza Melgaço Ramalho

Renato Antonio Gavazzi

DOI 10.22533/at.ed.94220171216

CAPÍTULO 17..... 253

GUARDIANES DE SEMILLAS CRIOLLAS Y MEDIACIÓN SOCIAL: LA
CONSTRUCCIÓN DE COLABORACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA
AGROBIODIVERSIDAD

Viviane Camejo Pereira

Michele Laffayett de Campos

Fábio Dal Soglio

DOI 10.22533/at.ed.94220171217

SOBRE LOS ORGANIZADORES 264

**PARTE I - Maíz: la planta emblemática del continente
americano**

CAPÍTULO 1

ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DISPERSIÓN DEL MAÍZ EN LAS AMÉRICAS

Aceptado: 03/11/2020

Piracicaba, São Paulo, Brasil
ID Lattes: 8454553859685834

Flaviane Malaquias Costa

Ingeniera agrónoma
Máster en Recursos Genéticos Vegetales
Doctora en Genética y Mejoramiento de Plantas
Investigadora del Grupo InterABio, Escola
Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Universidad de São Paulo
Piracicaba, São Paulo, Brasil
ID Lattes: 5977815050673863

Natália Carolina de Almeida Silva

Ingeniera agrónoma
Doctora en Recursos Genéticos Vegetales
Investigadora del Grupo InterABio
Profesora asociada en la Universidad
Tecnológica del Uruguay
Durazno, Uruguay
ID Lattes: 9960873114239453

Rafael Vidal

Ingeniero agrónomo
Doctor en Recursos Genéticos Vegetales
Investigador del Grupo InterABio y del
Laboratorio de Fitotecnia del Departamento de
Biología Vegetal
Profesor adjunto de la Facultad de Agronomía,
Universidad de la Republica
Montevideo, Uruguay
<https://orcid.org/0000-0001-6162-6355>

Elizabeth Ann Veasey

Ingeniera agrónoma
Doctora en Genética y Mejoramiento de Plantas
Investigadora del Grupo InterABio
Profesora asociada de la Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São
Paulo

Estudio realizado como parte de la tesis doctoral titulada «Patrones de dispersión y conservación de la diversidad genética del maíz en las tierras bajas de América del Sur». Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Piracicaba, São Paulo, Brasil

¿EL SER HUMANO DOMESTICÓ EL MAÍZ O EL MAÍZ DOMESTICÓ AL SER HUMANO? EL CEREALE DE LAS AMÉRICAS Y SU IMPORTANCIA PARA LOS PUEBLOS

Los cultivos de plantas son artefactos hechos y moldeados por humanos, como una maceta de arcilla o una punta de flecha. Sin embargo, el ser humano se volvió tan dependiente de las plantas que cultiva, que las plantas lo domesticaron a él mismo. (Harlan, 1992; Diamond, 1997; Harari, 2014). Esta reflexión nos hace formular la siguiente pregunta: «¿El ser humano ha domesticado a las plantas o las plantas domesticaron al ser humano?».

La especie humana se considera dominante en el planeta porque ha aprendido a domesticar el fuego, los paisajes, las plantas, los animales y los microorganismos. El surgimiento de las diferentes agriculturas como parte de la evolución humana es resultado de procesos asociados a la domesticación del paisaje y las plantas. La domesticación permitió a los seres

humanos la posibilidad de seleccionar plantas y cultivarlas para su propio consumo y beneficio. Este proceso fue decisivo para cambiar el comportamiento humano, permitió el surgimiento de civilizaciones, el crecimiento de la población y la división de tareas características de las sociedades complejas (Clement y otros, 2007).

La domesticación y el origen de la agricultura son considerados procesos coevolutivos dentro de los cuales las especies se han vuelto dependientes del manejo humano, y, por otro lado, el desarrollo de las sociedades humanas se ha vuelto dependiente de las especies domesticadas y la agricultura. Las poblaciones de plantas crecieron en número y, en consecuencia, proporcionaron el crecimiento de las poblaciones humanas. Las sociedades humanas son tan dependientes de las especies de plantas cultivadas y los animales domesticados que la eliminación de ellos causaría la muerte de la mayoría de la población actual, dejando solo a aquellos grupos étnicos que no han desarrollado esta dependencia en la producción de alimentos (Clement y otros, 2009).

El caso de la domesticación del maíz retrata un evento dentro del que distintas civilizaciones y pueblos americanos, como los mayas, aztecas, incas, arahuacas, tupís y guaraníes, se volvieron lo suficientemente dependientes del cultivo para desarrollarse, así como el maíz se convirtió totalmente dependiente de los seres humanos para sobrevivir (Kato y otros, 2009), siendo una de las especies cultivadas con mayor grado de domesticación. Obviamente, esta condición no se limita al maíz. La relación entre el maíz y las sociedades humanas presenta un ejemplo clásico del éxito de una relación coevolutiva y codependiente entre humanos y plantas domesticadas. Podemos afirmar que el maíz es la especie emblemática del continente americano que permitió la conexión entre diferentes pueblos, y promovió el desarrollo y el apoyo de estas civilizaciones a lo largo del tiempo. El cultivo del maíz constituye la base alimenticia en varios países desarrollados y en desarrollo. La especie tiene una gran importancia económica y sociocultural, siendo uno de los cereales más producidos en todo el mundo. Las áreas de cultivo se encuentran entre las más grandes y se distribuyen en diferentes regiones de América y otros continentes (USDA, 2018), lo que significa que en el mundo ¡hay más individuos de maíz que la especie humana!

La versatilidad de los usos permite que la especie atienda desde las necesidades básicas de los alimentos, siendo considerado básico para la seguridad alimentaria en muchos países, hasta la producción de productos procesados en el ámbito comercial e industrial. Las diversas formas de uso del maíz implican la producción de harina, hojuelas o copos de maíz, almidón de maíz, jarabe, etanol, aceite vegetal, plástico, tela y cerveza. El maíz es un ingrediente importante en la cocina del continente americano que está presente en la vida cotidiana de la población debido a la preparación y el consumo de tortas, panes, pasteles, canjica, cremas, *pop*

(palomitas), choclo cocido, polentas, gachas, angú, munguzá, cuscús y sopas.

El cereal se expresa como un elemento cultural, en diferentes contextos alimentarios, dentro del que existen formas distintas y peculiares para su preparación como alimento, según la región. Dentro del alcance de la antropología alimentaria, la comida es una expresión cultural cuando es *producida*, porque los seres humanos no usan solo lo que encuentran en la naturaleza, sino que son capaces de crear su propia comida. La comida es cultura cuando es *preparada*, porque, una vez que se adquieren los productos básicos de los alimentos, el ser humano los *transforma* mediante el uso del fuego y una tecnología elaborada que se expresa en las prácticas y costumbres de la cocina. La comida es cultura cuando es *consumida*, porque las poblaciones humanas *eligen* su propia comida con criterios vinculados a las dimensiones económicas, culturales y nutricionales, así como sus preferencias individuales y colectivas y gustos diversos (Montanari, 2008). A través de tales rutas, el maíz se presenta como un elemento de identidad humana asociado con diferentes contextos regionales, históricos y culturales.

La especie también tiene potencial para uso medicinal debido a la presencia de carotenoides llamados luteína y zeaxantina, que son beneficiosos para la salud humana y actúan en la prevención de enfermedades. La investigación científica ha identificado un alto contenido de estos carotenoides y antocianinas en harinas, granos y estigmas (pelo de maíz) en variedades criollas de maíz en Santa Catarina, sur de Brasil (Kuhnen y otros, 2009, 2010ab, 2011, 2012). Estudios científicos como estos agregan valor a las variedades criollas de maíz, que de esta manera están indicadas para el consumo de alimentos funcionales.

Una variedad local corresponde a una población dinámica de una especie cultivada que tiene un origen histórico, una identidad distinta y no ha experimentado el proceso de mejoramiento genético formal, siendo muchas veces genéticamente diversa, adaptada localmente y asociada con un agroecosistema familiar (Zeven, 1998; Camacho Villa y otros, 2006). Las variedades locales son elementos clave en el desarrollo sostenible de los sistemas agrícolas y se utilizan muchos términos para referirse a ellas. Los términos más utilizados son variedades criollas, variedades tradicionales, etnovariedades o *landraces*. Como referencia en este trabajo, el término variedad local se usará indistintamente en relación con los otros términos, refiriéndose a las variedades manejadas y reproducidas por agricultores familiares (Costa y otros, 2017) que involucran a comunidades tradicionales, indígenas, quilombolas y ribereñas, así como agricultores de diferentes perfiles que practican la agricultura familiar.

El cultivo del maíz atribuye valores sociales y culturales a la agricultura familiar. A nivel social, una gran cantidad de agricultores dependen del maíz para garantizar el sustento de la familia, y la producción está destinada principalmente al

autoconsumo de la propiedad familiar, tanto para el consumo humano en el primer nivel, como para la alimentación animal, como se diagnosticó en una investigación realizada en Santa Catarina, Brasil (Silva, 2015; Costa y otros, 2017).

La producción de maíz promueve la realización de reuniones entre agricultores y actividades socioculturales colectivas, tales como: i) articulación y colaboración comunitaria entre los agricultores para la producción, la gestión, la cosecha y la conservación del maíz; ii) movilización de personas, historias y procesos de rescate, uso y conservación de variedades criollas; iii) articulación de ferias de intercambio de semillas; iv) articulación entre artesanos y artesanas para la producción de artesanías hechas con paja de maíz; v) fiestas gastronómicas de platos preparados con maíz; vi) fiestas juninas, dado que en Brasil el maíz está presente en la preparación de diferentes platos, y vii) rituales y ceremonias religiosas, especialmente en comunidades indígenas.

La agricultura familiar puede fortalecerse mediante estrategias que agreguen valor a la producción de variedades locales de maíz, así como a través de la identificación de nuevos nichos de mercado que incorporen estas variedades en diferentes canales de comercialización. Estas medidas pueden promover la inclusión y el aprecio de los agricultores familiares en el mercado, además de fomentar la conservación de la agrobiodiversidad. Las variedades están estrechamente vinculadas con la agricultura familiar, fortalecen la autonomía del agricultor y contribuyen para la construcción de sistemas de producción de alimentos más sostenibles. El maíz, también consagrado como el «Cereal de las Américas», representa una cultura milenaria que todavía se establece como la base para la comida de muchos pueblos de este continente.

ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL MAÍZ EN LAS AMÉRICAS: ¿CUÁNDO Y DÓNDE?

La domesticación de las plantas es un proceso evolutivo dentro del cual la selección realizada por los humanos en las poblaciones de plantas produce cambios en las frecuencias alélicas de las poblaciones, haciéndolas más útiles para los humanos y mejor adaptadas a sus intervenciones en el medio ambiente (Clement, 1999). Una de las características más observadas en las plantas domesticadas es la gran variabilidad fenotípica. El maíz es un ejemplo clásico de una especie con muchas poblaciones domesticadas.

El maíz pertenece a la familia *Poaceae*. El género *Zea* está compuesto por cinco especies nativas de México y América Central que incluyen el maíz y sus parientes silvestres: *Z. mays*, *Z. diploperennis*, *Z. perennis*, *Z. luxurians* y *Z. nicaraguensis*. Los parientes silvestres del maíz pueden llamarse teosinto o teosinte. La especie *Z. mays* comprende cuatro subespecies diploides y anuales: *Zea mays* L.

ssp. mays, que corresponde al maíz propiamente dicho; *Zea mays* L. *ssp. parviglumis* (en adelante *parviglumis*) y *Zea mays* L. *ssp. mexicana* (en adelante *mexicana*), ambas nativas de México; y *Zea mays* L. *ssp. huehuetenangensis*, teosinto endémico de Guatemala (Doebley y Iltis, 1980; Doebley, 1990). Las subespecies *parviglumis* y *mexicana*, actualmente, ocupan nichos ecológicos distintos: *mexicana* se adapta a las regiones más secas y frías del norte y centro de México (entre 1.700 y 2.600 metros), mientras que *parviglumis* se adapta a las regiones más cálidas del suroeste de México (400 a 1.800 metros de altitud) (Fukunaga y otros, 2005). Estos teosintos son geográficamente distintos, excepto en el este del río Balsas (Suroeste de México), donde se ha identificado evidencia de flujo recurrente de genes entre las dos subespecies. Esta región puede considerarse una zona de hibridación o representar el conjunto de genes de los que tanto *parviglumis* como *mexicana* se diferenciaron (Fukunaga y otros, 2005), con implicaciones directas en el origen y la domesticación del maíz.

Las hipótesis sobre el origen y la domesticación del maíz se han debatido desde finales del siglo XIX. Diferentes teorías proponen explicar cómo y cuándo ocurrió la domesticación de la especie. La teoría unicéntrica sostiene que el maíz fue domesticado de poblaciones de *parviglumis* desde un solo evento de domesticación, y que tal evento ocurrió en la cuenca del río Balsas, aproximadamente 9.000 años antes del presente (AP) (Matsuoka y otros, 2002).

Por otro lado, debido a la increíble diversidad presente en el maíz, la teoría multicéntrica llevó a suponer que ocurrieron múltiples eventos de domesticación de diferentes poblaciones de teosinte, con la indicación de cinco centros de origen-domesticación y cuatro centros primarios de diversificación, todos ubicados en México y Guatemala (Kato y otros, 2009). La teoría multicéntrica fue defendida debido a la correlación particular entre los nodos cromosómicos de las poblaciones de teosinte y diferentes complejos raciales de maíz y las regiones geográficas en las que se encuentran (Kato, 2005). Diamond (1997) consideró anteriormente que los eventos de domesticación múltiple son comunes en las Américas, mientras que los eventos únicos fueron más frecuentes en el viejo mundo.

La teoría unicéntrica ha sido ampliamente concebida por la comunidad científica en los últimos años debido a las evidencias genéticas (Matsuoka y otros, 2002; Vigouroux y otros, 2008; van Heerwaarden y otros, 2011), arqueológicas (Piperno y otros, 2009), y porque la distribución endémica del progenitor *parviglumis* se encuentra en la región del río Balsas (Fukunaga y otros, 2005). Sin embargo, la discusión sobre la domesticación del maíz ha sido reavivada por nueva evidencia que revela una historia compleja de domesticación de la especie. Kistler y otros (2018) sugieren que, en el suroeste de la Amazonía, el maíz pasó por un proceso de domesticación parcial, ya que la especie llegó a esta región semidomesticada,

y desarrolló y arregló alelos en esta ubicación. A esta región se le ha asignado el término centro secundario de mejoramiento de maíz (Figura 1.1) (Kistler y otros, 2018).

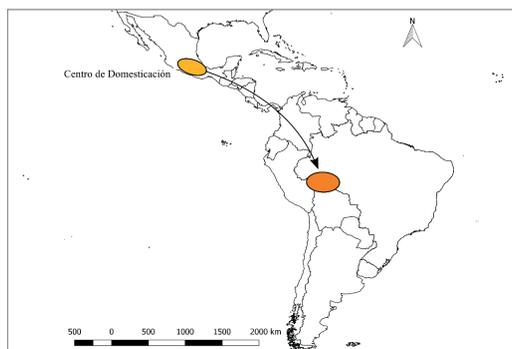


Figura 1.1. Centro de domesticación en México y centro secundario de mejoramiento de maíz en América del Sur, basado en el modelo de Kistler y otros (2018).

Esta imagen fue creada usando el *software* QGIS (<http://qgisbrasil.org>).

Según la teoría estratificada del maíz (Kistler y otros, 2018), la especie evolucionó desde poblaciones de *parviglumis*, en México, hace ~9.000 años AP, cruzó América Central hace 7.500 años AP (Piperno y otros, 1985), y se dispersó por las tierras bajas de América del Sur hace ~6.500 años (Bush, 1989; Brugger y otros, 2016). Los análisis genómicos realizados por Kistler y otros (2018) demostraron que las poblaciones de maíz revelaron asimetría en la ascendencia con *parviglumis*, lo que refuerza la teoría de que las poblaciones ancestrales de maíz sudamericano se dispersaron de México en un estado parcialmente domesticado, quedando aisladas del *pool* génico de las poblaciones silvestres de México antes de la fijación del síndrome de domesticación. Por lo tanto, las poblaciones estructuradas de maíz con síndrome de domesticación estable han evolucionado en América del Sur a partir de poblaciones ancestrales parcialmente domesticadas de México (Kistler y otros, 2018). La Figura 1.2 presenta un esquema comparativo de los modelos de domesticación simple (i) y estratificada (ii) de maíz, propuesto por Kistler y otros (2018).

Análisis genéticos en locus involucrados en la domesticación se llevaron a cabo en dos genomas arqueológicos de maíz de la región del Valle de Tehuacán, en México. Los resultados demostraron un estado de domesticación parcial de las muestras, que databan de ~5.300 años AP (Ramos-Madrugal y otros, 2016; Vallebuena-Estrada y otros, 2016). Esta evidencia corrobora las hipótesis de Kistler y otros (2018), dado que los registros arqueológicos demuestran que el maíz había llegado a Sudamérica al menos ~7.150 años AP, en Ecuador (Stohtert, 1985; Pearsall

y Piperno, 1990), ~6.700 años AP en Perú (Grobman y otros, 2012), y ~6.500 años AP (Brugger y otros, 2016) en la región de las tierras bajas amazónicas de Bolivia.

Con base en evidencias genómicas, lingüísticas, arqueológicas y paleontológicas, la región del suroeste de la Amazonía fue indicada como un probable centro de mejoramiento secundario del maíz en América del Sur, dentro del que ocurrió un proceso de domesticación parcial de la especie (Klistler y otros, 2018). Esta teoría no contradice la teoría unicéntrica, que considera que el proceso de domesticación comenzó en México. Sin embargo, llama la atención que el evento de domesticación no se completó cuando el maíz se dispersó desde México a otras regiones.

Estas evidencias refuerzan la importancia del germoplasma de maíz sudamericano en la evolución y la diversificación de la especie. El proceso de manejo y conservación de la especie llevado a cabo por agricultores indígenas desde la antigüedad es un proceso continuo que llega hasta el presente. El continente sudamericano incluye *pools* génicos exclusivos que han evolucionado durante milenios. Por esta razón, las medidas de conservación para la especie en este continente deben ser prioridad, tanto como ocurre en Mesoamérica.

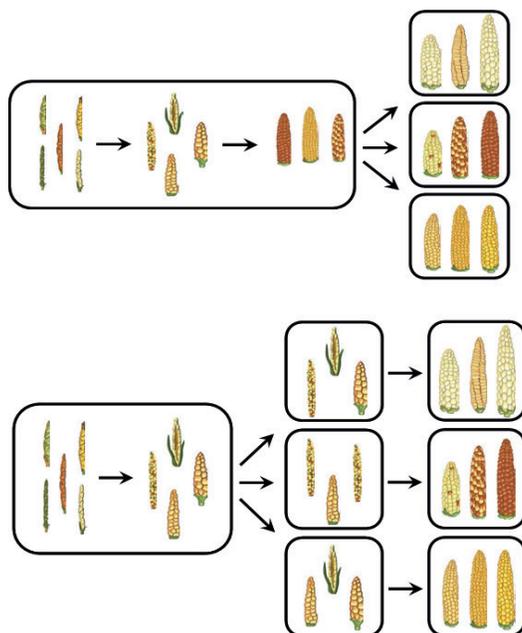


Figura 1.2. Esquema comparativo de los modelos de domesticación del maíz.
(i) Domesticación simple (teoría unicéntrica): el maíz se volvió completamente domesticado y luego se dispersó por las Américas; (ii) Domesticación estratificada: las subpoblaciones de maíz parcialmente domesticado se dispersaron y se aislaron reproductivamente antes del síndrome de domesticación.

Fuente: adaptado de Kistler y otros (2018).

GENÉTICA DE LA DOMESTICACIÓN: ¿CÓMO SE DOMESTICÓ EL MAÍZ Y CUÁLES FUERON LAS CONSECUENCIAS?

El maíz es una especie diploide ($2n = 20$) y su genoma tiene 40.000 genes, en 10 pares de cromosomas (Nannas y Dawe, 2015). La especie tiene una gran cantidad de genes duplicados o cuadruplicados, lo que puede aumentar las posibilidades de que surja una variación genética beneficiosa y disminuya el impacto de una mutación perjudicial. El genoma de la especie consta de 2.300 millones de bases de ADN, y aproximadamente el 85 % de él son elementos de transposición (Gore y otros, 2009; Schnable y otros, 2009; Soderlund y otros, 2009; Springer y otros, 2009; Vielle-Calzada y otros, 2009). Los elementos de transposición, también conocidos como transposones, son segmentos lineales de ADN capaces de cambiar posiciones dentro del genoma, independientemente de la homología entre la región donde se insertan y el lugar al que están destinados (McClintock, 1950).

El proceso de domesticación resultó en una serie de cambios morfológicos entre el teosinte silvestre y el maíz cultivado. Estos cambios morfológicos en relación con las características originales se definen como *síndromes de la domesticación*. La observación de estructuras intermedias entre especies que ocurren en su descendencia sugirió diferentes interpretaciones sobre la evolución del maíz (Figura 1.3). La intervención humana era una condición indispensable para esta transformación y el origen de las especies cultivadas. Estos cambios iban desde modificar la arquitectura de la planta (Doebley y otros, 1997, 2006; Studer y Doebley, 2012) hasta las características asociadas con los órganos reproductores de la especie (Iltis, 1983; Beadle, 1972, 1980; Doebley y otros, 1990; Doebley y Stec, 1991; Dorweiler y Doebley, 1997).

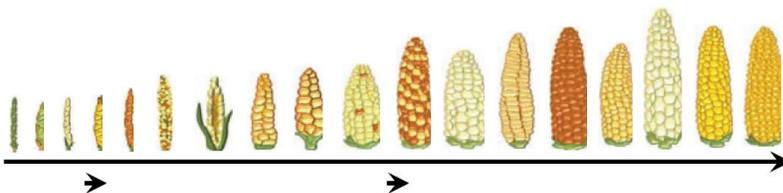


Figura 1.3. Evolución del maíz a partir del teosinte: cambios estructurales en la espiga de maíz con el tiempo.

Las espigas del esquema fueron extraídas de Kistler y otros (2018).

De acuerdo con la *teoría de la transmutación sexual catastrófica*, la inflorescencia femenina del maíz (espiga) se deriva de la inflorescencia masculina del teosinte (panoja). Según las hipótesis de Iltis, este fenómeno ocurrió a través

de un proceso conocido como asimilación genética, y no como resultado de una mutación genética (Iltis, 1983). Sin embargo, otros estudios complementarios han encontrado que estas diferencias morfológicas entre las inflorescencias femeninas de maíz y teosinte ocurrieron debido a una serie de mutaciones que involucraban solo cinco genes, ubicados en cuatro cromosomas (Beadle, 1972, 1980; Doebley y otros, 1990; Doebley y Stec, 1991; Dorweiler y Doebley, 1997). Este evento cambió la distribución de nutrientes en la planta y causó este cambio morfológico drástico, que de alguna manera y por alguna razón fue aprehendido por la selección humana (Iltis, 1983).

Con respecto a la arquitectura de la planta, el gen *tb1* (*teosinte branched1*) fue identificado como un QTL (locus de características cuantitativas) de gran efecto en el control de la diferencia en el dominio apical entre el maíz y el teosinte. Este gen pertenece a la familia de reguladores transcripcionales, una clase de genes involucrados en la regulación transcripcional de los genes del ciclo celular. El *tb1* controla la ramificación de la parte aérea y reprime el crecimiento de meristemos axilares y el alargamiento de las ramas, debido a su efecto represivo del ciclo celular (Doebley y otros, 1997, 2006; Studer y Doebley, 2012). Se comprobó que hubo una inserción de un retroelemento en las secuencias reguladoras del gen *tb1*. El efecto causado por esta inserción (alteración de la arquitectura de la planta) fue el objetivo de la selección humana durante la domesticación del maíz desde su pariente silvestre, el teosinte. Se diagnosticó que el alelo de inserción estaba presente en baja frecuencia en las poblaciones de teosinte antes del proceso de selección (Tsiantis, 2011), lo que sugiere que las plantas que contenían este alelo, así como sus cambios en la arquitectura de la planta, eran las seleccionadas por el ser humano.

Entre las diversas consecuencias del proceso de domesticación del maíz observamos la transformación de una pequeña espiga de teosinte, con granos fácilmente dispersables, en una espiga de maíz con una gran cantidad de granos fuertemente ligados al raquis. Teosinto tiene una axila con varias hojas, una gran cantidad de espigas pequeñas y frágiles, cada espiga con seis a doce semillas, en una o dos filas. El maíz, a su vez, tiene una o más espigas grandes, con muchas hileras, no frágiles (Hake y Ross-Ibarra, 2015). La Tabla 1.1 y la Figura 1.4 muestran características contrastantes que señalan rasgos del proceso de domesticación del maíz.

Teosinte	Maíz
Arquitectura: muchas ramas laterales	Arquitectura: una rama tallo principal
1 o 2 hileras de grano	4 o más hileras de grano
Espiguillas simples	Espiguillas en pares
Glumas exteriores duras	Glumas exteriores suaves
Espigas dehiscentes	Espigas no dehiscentes
Inflorescencias laterales masculinas	Inflorescencias laterales femeninas
Ramas laterales primarias largas	Ramas laterales primarias cortas

Tabla 1.1. Características morfológicas contrastantes del ancestro teosinte y el maíz, relacionadas con el proceso de domesticación del maíz.

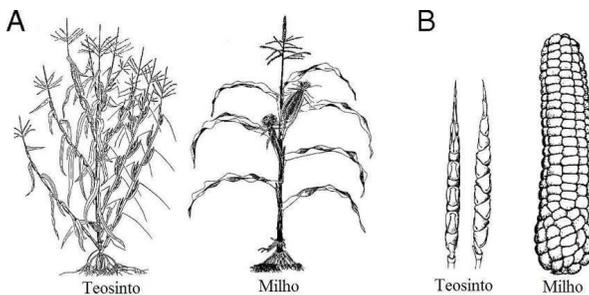


Figura 1.4. Características morfológicas de la planta (A) y la espiga (B) de teosinte y maíz.

Fuente: Yang y otros (2019), adaptado de Doebley y otros (1990).

A pesar de las diferencias morfológicas, el maíz y el teosinte pueden cruzarse naturalmente en el campo y generar descendientes fértiles. La conservación de las especies de teosinto es relevante y debe considerarse como una fuente de diversidad genética para el maíz. Además, se considera un germoplasma útil para los programas de mejoramiento genético y premejoramiento dirigidos a la introgresión de la resistencia a factores bióticos y abióticos (Nault y otros, 1982; Cohen y Galinat, 1984). Los cruces de teosintes *Z. luxurians* y *Z. mexicana* permitieron aumentar la tolerancia al calor y la sequía sin afectar significativamente el rendimiento de grano (Sánchez, 2011). El germoplasma de *Z. mexicana* también fue incorporado a una línea de maíz que resultó en líneas resistentes a diversas enfermedades de la espiga; además, el contenido de proteínas y algunos aminoácidos esenciales ha aumentado (Wang y otros, 2008). Y, para los agricultores, el teosinto es considerado un forraje de calidad para el ganado lechero (Silva y otros, 2015). Los parientes silvestres están relacionados con las especies cultivadas, sin embargo, siguen el proceso de evolución, bajo selección natural y menos intervención humana, y se

adaptan a ambientes extremos, como el calor y el frío, las sequías y las inundaciones, constituyendo un *pool* génico en respuesta a los cambios para uso futuro.

¿POR QUÉ LOS HUMANOS DOMESTICARON EL MAÍZ?

Los estudios sobre la domesticación del maíz han abordado y proporcionado respuestas asociadas principalmente con las preguntas dónde, cuándo y cómo el maíz ha sido domesticado. La pregunta de por qué la especie fue domesticada fue menos discutida en la literatura científica y, por lo tanto, merece esfuerzos para encontrar respuestas, después de todo, *¿para qué los humanos utilizaron el maíz en el proceso de domesticación?*

En el proceso de domesticación hay dos tipos de selección que actúan y se complementan entre sí: i) *selección consciente* de las características de interés, y ii) *selección inconsciente* causada por cambios ecológicos en consecuencia de la retirada de plantas de sus ambientes silvestres y transportadas a nuevos ambientes manejados por humanos, diferentes de las ubicaciones originales (Zohary, 2004). En este último caso, los cambios morfológicos en las plantas generalmente se consideran de bajo impacto (Rindos, 1984).

Darwin fue el primero en plantear la cuestión de la intencionalidad sobre el origen y la domesticación de las plantas. Utilizó la terminología de *selección inconsciente* y *selección metódica*, y sugirió que los pueblos «primitivos» practicaban la selección inconsciente y los pueblos «civilizados» practicaban la selección consciente. La selección inconsciente fue defendida, principalmente, por muchos científicos naturales, y la selección consciente por científicos sociales (Clement y otros, 2009). Según Zeder (2006), los primeros actos de domesticación del paisaje y las poblaciones de plantas y animales podrían ser inconscientes, pero tan pronto como produjeran un efecto positivo, se repetirían conscientemente, precisamente porque generaban beneficios.

Además de los factores asociados con la selección, una de las razones que intentan explicar qué llevó a los cazadores-recolectores a cambiar su estilo de vida y comenzar el proceso de domesticación son los cambios climáticos que ocurrieron al final del Pleistoceno, que promovieron la concentración de humanos y animales en áreas fértiles aisladas debido a la presencia local de agua. Este evento involucró la evolución gradual, irregular e independiente en diferentes especies de manera sincronizada en distintos ambientes (Evans, 1993).

La *selección consciente*, dadas las características de interés, ocurre porque la especie es considerada útil para los humanos por alguna razón. Algunas hipótesis sugirieron que el maíz era un cultivo secundario, o sea, su cultivo no era la principal fuente de alimento y, por lo tanto, su mayor dispersión ocurrió antes de que la

especie se desarrollara como el cultivo principal (Blake, 2006; Piperno, 2011). Ittis (2000) sugirió que el azúcar del tallo de la planta era inicialmente más importante que los granos. Esta idea se complementa con los estudios de Smalley y Blake (2003), quienes señalan que el maíz se usó principalmente para producir bebidas fermentadas y alcohólicas, utilizadas para el consumo en rituales, eventos festivos y culturales. Sin embargo, la detección de almidón en granos en lugares de antigua domesticación y la falta de fitolitos del tallo (Piperno y otros, 2009) no respaldan estas hipótesis.

Por otro lado, el teosinto tiene la capacidad de expandirse y explotar como el maíz pisingallo. Paterniani y otros (2000) mencionaron la capacidad de expansión del teosinte y consideraron los pisingallos el tipo de maíz más primitivo en la escala evolutiva de la especie. El descubrimiento de la capacidad de expansión del grano está ciertamente asociado con el manejo y el uso del fuego por parte de los pueblos prehistóricos. Otros autores apoyan la teoría de que el maíz pisingallo probablemente corresponde al primer y más bajo nivel de domesticación de la especie (Wellhausen y otros, 1951; Contreras y otros, 2006). Piperno y otros (2009) caracterizaron muestras arqueológicas de maíz encontradas en la región de Valle del río Balsas, en México, que presentaban características del endospermo de tipo pisingallo.

Estas hipótesis se basan en que el maíz pisingallo todavía presenta algunas características consideradas «silvestres», como granos más pequeños, mayor prolificidad, presencia de macollos (gen *tb1*), endospermo muy rígido (Ziegler, 2001) y forma de grano puntiagudo, en algunas razas. Su consumo, inicialmente, supuestamente ocurrió en forma de maíz tostado o granos reventados, con el uso de fuego. Además, se han identificado fragmentos de chala, espiga y granos de pisingallo con fecha de ~ 6.700 años AP en los sitios arqueológicos de Paredones y Huaca Prieta en Perú (Grobman y otros, 2012).

Los análisis genéticos han demostrado que las razas de maíz pisingallo *Cristalino de Chihuahua*, *Palomero de Chihuahua* y *Palomero* estaban genéticamente más cerca de las poblaciones de teosinto (Matsuoka y otros, 2002). En períodos más antiguos, los granos de maíz se parecían a los del tipo pisingallo (Brieger y otros, 1958; Grobman y otros, 2012), surgiendo después maíces de grano duro, harinoso, dentado (Brieger y otros, 1958) y dulce. Las fracciones proteicas del grano de maíz pueden variar según el tipo de grano como resultado de la acción de los genes mutantes. Se han descubierto varios genes capaces de modificar el tipo de endospermo (Bjarnason y Vasal, 1992). De acuerdo con Brieger y otros (1958), los diferentes tipos de granos, usos y preferencias de los agricultores están relacionados con las diferentes etapas del proceso de domesticación del maíz.

En Brasil y otros países de las tierras bajas de Sudamérica, los indígenas guaraníes cultivaron y utilizaron las razas de maíz pisingallo *Avati Pichingá* y

Avati Pinchigá Ihú para el consumo humano en sus aldeas (Brieger y otros, 1958; Paterniani y Goodman, 1977). El uso del maíz como *pop* podría ser una hipótesis a considerar en el proceso de domesticación inicial. La pregunta de por qué el maíz se ha domesticado sigue sin respuesta y merece ser investigada más a fondo, para llenar los vacíos científicos y ampliar el conocimiento sobre los usos del maíz en la historia.

DISPERSIÓN DE MAÍZ EN LAS AMÉRICAS: EL EVENTO QUE EXPANDIÓ LA DIVERSIDAD GENÉTICA

La fecha de la ocupación humana en las Américas ha sido discutida por la comunidad científica a través de datos arqueológicos (Prous, 1997; Roosevelt y otros, 1996; Goebel y otros, 2008), lingüísticos (Walker y Ribeiro, 2011; Brown y otros, 2014), biológicos y genéticos (Neves y otros, 1989; Pena y otros, 1989; Neves y otros, 2007; Goebel y otros, 2008). Estas informaciones son útiles para estudios evolutivos de especies de plantas cultivadas. A lo largo de su dispersión en todo el continente, los humanos comenzaron a usar especies de plantas y seleccionar características favorables (Harlan, 1971, 1975; Gepts y Debouck, 1991; Pickersgill, 2007; Hilbert y otros, 2017; Watling y otros, 2018). Teniendo en cuenta que el maíz es una especie domesticada y su supervivencia depende totalmente del manejo de la especie humana, la dispersión de este a varias regiones se produjo a través de migraciones de los humanos (Brown y otros, 2014).

La dispersión del maíz en el continente americano está asociada con procesos adaptativos, diversos hábitats y contextos socioculturales, lo que hace de este cereal un cultivo con gran variabilidad genética (Brieger y otros, 1958). El cultivo del maíz es considerado uno de los más antiguos del nuevo mundo. Las poblaciones de maíz en condiciones de domesticación parcial se dispersaron desde el centro de origen en dos direcciones. Comenzó en México, pasando por el oeste y el norte del país, el suroeste y el este de Estados Unidos (Hart y otros, 2007), y continuó hasta el este de Canadá (Vigouroux y otros, 2008). La segunda ruta fue a través de las tierras altas de México hacia el oeste y el suroeste de las tierras bajas, siguiendo a través de Guatemala, hasta llegar a América del Sur. Se encontraron muestras arqueológicas hace ~7.500 años en Panamá (Piperno y otros, 1985). Los registros arqueológicos indicaron que la especie alcanzó las tierras bajas de América del Sur al menos ~7.150 años AP en Ecuador (Stoother, 1985; Pearsall y Piperno, 1990), ~6.700 años AP en Perú (Grobman y otros, 2012) y ~6.500 años AP en la región suroeste del Amazonas, en el lago Rogaguado, Bolivia (Brugger y otros, 2016).

Estudios genético-evolutivos, realizados con muestras modernas y arqueológicas de maíz, sugirieron que hubo diferentes introducciones de maíz en

América del Sur en diversos momentos. La dispersión del maíz en los Andes ocurrió independientemente de la dispersión de las tierras bajas del continente (Freitas, 2001; Freitas y otros, 2003; Freitas y Bustamante, 2013). Estos estudios demostraron que el proceso de dispersión de la especie en el continente sudamericano contribuyó para la división de los dos grupos genéticos más grandes de maíz, el grupo andino y otro de las tierras bajas de América del Sur (Matsuoka y otros, 2002; Vigouroux y otros, 2008; van Heerwaarden y otros, 2011). Los patrones de «tierras altas» y «tierras bajas», en general, estaban bien establecidos en sus regiones originales. Este aislamiento de patrones ocurrió, principalmente, por las barreras culturales relacionadas con las poblaciones humanas (Freitas y otros, 2003; Freitas y Bustamante, 2013; Kistler y otros, 2018).

Los registros lingüísticos más antiguos en América del Sur para el maíz ocurrieron ~5.000 años AP, involucrando a la región amazónica. La familia lingüística indígena arahuaca (Arawak) es la más grande del continente sudamericano y tiene una gran expansión en la región norte de Brasil y las regiones adyacentes (Walker y Ribeiro, 2011; Aikhenvald, 2013). Este grupo fue el primero en considerar al maíz como muy importante (Brown y otros, 2014). Los arahuacos se dispersaron desde la Amazonía occidental sobre las tierras bajas, en diferentes momentos, a partir de un punto que se originó en el oeste de la Amazonía en diferentes direcciones: norte, sur y centro del país (Walker y Ribeiro, 2011; Aikhenvald, 2013) (Figura 1.5). Suponiendo que el maíz fue adoptado por este grupo indígena en la antigüedad, la dispersión más antigua de la especie en la región probablemente ocurrió junto con la expansión arahuaca y el intercambio entre grupos humanos en todo el continente. Se observaron otros registros lingüísticos de ~3.000 años AP en Mato Grosso, y de ~2.000 años AP en el sur de Brasil (Brown y otros, 2014). En Rondônia, databan de ~2.000 años AP, donde se concentraba la presencia de cinco grupos indígenas diferentes, incluidos los tupis-guaraníes (Brown y otros, 2014).

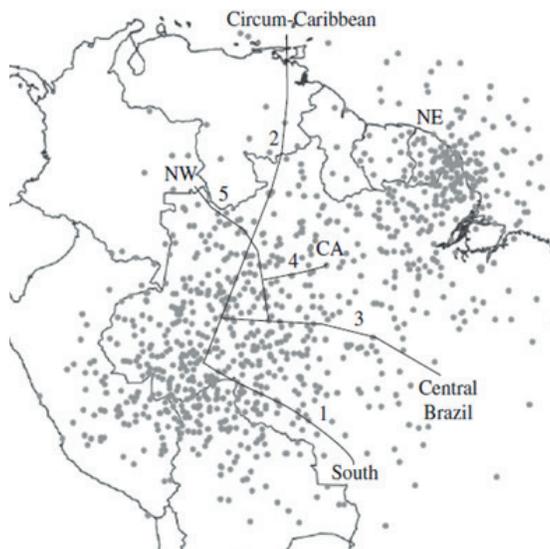


Figura 1.5. Migración del grupo indígena arahuaco (Arawak) en las tierras bajas de América del Sur, basado en el modelo lingüístico propuesto por Walker y Ribeiro (2011).

Con el descubrimiento de América, los colonizadores europeos tuvieron contacto por primera vez con el maíz (Paterniani, 1998; Mir y otros, 2013) y comenzaron a cultivar diferentes razas antiguas de la especie (Paterniani y Goodman, 1977; Paterniani, 1998). El maíz solo llegó a ser conocido por los europeos cuando Cristóbal Colón regresó a Europa, llevándose consigo el maíz encontrado en Cuba. Posteriormente, llegó a África y Asia, hasta que conquistó el comercio mundial (Mir y otros, 2013). Con los años, Brasil recibió a inmigrantes de muchos países y se introdujeron varias semillas en el territorio, como semillas de maíz dentado traídas por inmigrantes después de la guerra civil de Estados Unidos, alrededor de 1868. La mezcla entre variedades nativas e introducidas generó nuevas variedades de maíz dentado y semidentado (Paterniani, 1998).

El proceso de dispersión del maíz estuvo y está asociado con la aparición de centros de diversificación de especies en diferentes contextos ambientales y socioculturales. Los centros de diversidad deben verse como centros de acumulación de germoplasma y domesticación in situ (Harlan, 1992). La existencia de estos centros de diversidad fue causa de la hibridación entre poblaciones, el manejo y la selección por parte del ser humano en diferentes ambientes (Kato y otros, 2009). Los agricultores son los principales protagonistas en este proceso, ya que se insertan en sistemas dinámicos de manejo capaces de seleccionar, modificar y aumentar la diversidad de variedades criollas de maíz a lo largo del tiempo (Louette

y otros, 1997; Louette y Smale, 2000). La variabilidad genética permite una mayor adaptación de los cultivos al cambio climático global y constituye la base genética para los agricultores familiares. Además, la variabilidad garantiza la seguridad alimentaria e incorpora valores sociales y culturales.

Las regiones de Chiapas, Mesa Central y Sierra Madre Occidental están indicadas como centros de diversidad genética del maíz en México (Kato y otros, 2009). Bolivia y Perú tienen el mayor número de razas de maíz catalogadas en América, con 77 y 66 razas, respectivamente, superando a México (65 razas), el centro de origen de la especie (Serratos, 2009). Las tierras bajas de América del Sur, regiones con altitudes inferiores a 1500 metros que involucran a Brasil y áreas adyacentes (Argentina, Uruguay, Paraguay, tierras bajas de Bolivia y las Guayanas), se consideran un centro secundario de diversidad de maíz, con 19 razas y 23 subrazas (Brieger y otros, 1958; Paterniani y Goodman, 1977).

A nivel microrregional, se identificó un microcentro de diversidad de maíz en el sur de Brasil, en la región del extremo oeste del estado de Santa Catarina, que involucra un área de ~558.646 km² (Costa y otros, 2017). Los microcentros de diversidad están relacionados con áreas geográficas muy restringidas, dentro de las que se acumula una diversidad significativa (Harlan, 1971, 1992). El centro de diversidad Brasil/Paraguay, propuesto por Vavilov, que involucra a esta región, está asociado con la alta densidad de población de indios guaraníes en el pasado (Vavilov, 1992), de quienes se sabe que cultivaban principalmente variedades de maíz pisingallo (Paterniani y Goodman, 1977). Esta región, en el sur de Brasil, presentó una gran cantidad de variedades criollas de maíz (1.513, en total), asociadas con una riqueza expresiva de las características morfológicas del grano, los usos, el origen, el tiempo de conservación (Costa y otros, 2017), y también debido a la presencia de parientes silvestres pertenecientes a la especie de teosinto *Zea luxurians* (Silva y otros, 2015). Es probable que haya otros microcentros de diversidad de maíz en otras regiones de tierras bajas de América del Sur, lo que refuerza la importancia de realizar nuevas investigaciones que tengan como objetivo identificar otras microrregiones con diversidad importante en este rango geográfico.

La diversidad genética de las variedades de maíz criollo se caracterizó en diferentes regiones, considerando rasgos: i) morfológicos (Brieger y otros, 1958, Louette y otros, 1997; Carvalho y otros, 2008; Costa y otros, 2017; Silva y otros, 2017); ii) moleculares (Matsuoka y otros, 2002; Vigouroux y otros, 2008; van Heerwaarden y otros, 2011; Silva y otros, 2015; Kistler y otros, 2018); iii) etnobotánicos (Bellon y Brush, 1994; Louette y otros, 1997; Louette y Smale, 2000; Costa y otros, 2017); iv) bioquímicos (Kuhnen y otros, 2009, 2010a, b, 2011, 2012; Uarrota y otros, 2011a, b), y v) citogenéticos (McClintock y otros, 1981; Poggio y otros, 1998; Realini y otros, 2018). En Cuizalapa, México, las variedades blancas se asociaron con usos

gastronómicos, las variedades púrpuras se consideraron más dulces y generalmente se comían asadas en la fase láctea del grano, mientras que las variedades amarillas se asociaron principalmente con la alimentación animal (Louette y otros, 1997). En el archipiélago de Madeira, las variedades criollas de maíz se caracterizaron mediante descriptores morfológicos y reproductivos. Los análisis identificaron la formación de cuatro grupos asociados con el color del grano; se observó el predominio del tipo de grano duro y los colores variaron de blanco a amarillo, y raramente rojo (Carvalho y otros, 2008). En el microcentro de diversidad de maíz identificado en el sur de Brasil, los resultados también demostraron los ricos usos asociados con los grupos morfológicos de las variedades criollas. Se identificaron 59 grupos morfológicos distintos, a los que se atribuyen las características del grano, como el tipo de endospermo, el color y el tamaño del grano (Costa y otros, 2017).

Una caracterización molecular realizada utilizando marcadores RAPD en 81 variedades en el sur de Brasil (principalmente del estado de Paraná) diagnosticó dos grupos genéticos principales, que se asociaron con el color y el tipo de grano (Carvalho y otros, 2004). El color del grano de estas variedades también se asoció con el uso por parte de los agricultores, ya que las variedades blancas estaban indicadas para la fabricación de harina y el consumo humano, y las variedades amarillas para la alimentación animal, principalmente. Las variedades criollas de maíz se caracterizaron por marcadores de microsatélites (SSR) (Matsuoka y otros, 2002; Vigouroux y otros, 2008) y *single nucleotide polymorphisms* (SNP) (van Heerwaarden y otros, 2011; Kistler y otros, 2018). Estas investigaciones estudiaron la relación entre la diversidad genética del maíz y la región de origen geográfico para dilucidar aspectos de la evolución, la domesticación y la dispersión de la especie en el continente americano.

La identificación de regiones de diversidad puede ayudar en el desarrollo de estrategias y la indicación de áreas prioritarias para la conservación. La evolución de las variedades criollas de maíz en regiones geográficas con características edafoclimáticas, de relieve y altitud diferentes a las encontradas en su centro de origen puede contribuir a expandir la diversidad y el *pool* génico del maíz. La comprensión del proceso de dispersión y la identificación de áreas de diversidad, así como la caracterización de variedades criollas, son relevantes pues permiten esbozar estrategias de conservación y el uso de los recursos genéticos de la especie.

REFERENCIAS

Aikhenvald, A.Y. (2013) Amazonia: linguistic history. In: Ness, I., Bellwood, P. (eds.) The Encyclopedia of Global Human Migration. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, pp. 384-391.

Beadle, G.W. (1972) The mystery of maize. Field Museum of Natural History Bulletin 43:2-11.

- Beadle, G.W. (1980) The ancestry of corn. *Science American* 242:112-119.
- Bellon, M.R.; Brush, S.B. (1994) Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48(2):196-209.
- Bjarnason, M.; Vasal, S.K. (1992) Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breeding Reviews* 9(2):181-216.
- Blake, M. (2006) Dating the initial spread of *Zea mays*. In: Staller, J.E.; Tykot, R.H.; Benz, B.F. (Eds.) *Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, biogeography, domestication, and evolutions of maize*. Elsevier, San Diego, pp. 55-72.
- Brieger, F.G.; Gurgel, J.T.A.; Paterniani, E.; Blumenchein, A.; Alleoni, M.R. (1958) Races of maize in Brazil and other eastern South American Countries. National Academic of Sciences, Washington DC.
- Brown, C.H.; Clement, C.R.; Epps, P.; Luedeling, E.; Wichmann, S. (2014) The paleobiolinguistics of maize (*Zea mays* L.). *Ethnobiology* 5:52-64.
- Brugger, S.O.; Gobet, E.; van Leeuwen, J.F.N.; Ledru, M.P.; Colombaroli, D.; van der Knaap, W.O.; y otros (2016) Longterm man-environment interactions in the Bolivian Amazon: 8000 years of vegetation dynamics. *Quaternary Science Reviews* 132:114-128.
- Bush, M.B.; Piperno, D.R.; Colinvaux, P.A. (1989) A 6,000 year history of Amazonian maize cultivation. *Nature* 340:303-305.
- Carvalho, V.P.; Ruas, C.F.; Ferreira, J.M.; Moreira, R.M.P.; Ruas, P.M. (2004) Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces assessed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology* 27(2):228-236.
- Carvalho, M.A.P.; Ganança, J.F.T.; Abreu, I.; Sousa, N.F.; dos Santos, T.M.M.; Vieira, M.R.C.; Motto, M. (2008) Evaluation of the maize (*Zea mays* L.) diversity on the Archipelago of Madeira. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:221-233.
- Camacho-Villa, T.C.; Maxted, N.; Scholten, M.; Ford-Lloyd, B. (2006) Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3:373-384.
- Clement, C.R. (1999) 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany* 53:188-202.
- Clement, C.R.; Cole, D.M.; Vivan, J.L. (2007) Conservação on farm. In: Nass, L.L. (Ed.) *Recursos genéticos vegetais*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp.511-544.
- Clement, C.R.; Borém, A.; Lopes, M.T.G. (2009) Da domesticação ao melhoramento de plantas. In: Borém, A.; Lopes, M.T.G.; Clement, C.R. (Org). *Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas*. UFV, Viçosa, pp.11-38.
- Cohen, J.I.; Galinat, W.C. (1984) Potential use of alien germplasm for maize improvement. *Crop Science* 24:1011-1015.
- Contreras, T.R.; Díaz, L.G.; Reyes, G.R. (2006) Geografía e historia cultural del maíz palomero tolqueño. *Ciencia Ergo Sum* 13:47-56.

- Costa, F.M.; Silva, N.C.A.; Oglari, J.B. (2017) Maize diversity in southern Brazil: indication of microcenter of *Zea mays* L. *Genetic Resources and Crop Evolution* 64(4):681–700.
- Diamond, J. (1997). *Guns, germs and steel: The fates of human societies*. W.W. Norton, New York.
- Doebley, J.F. (1990) Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35:143-150.
- Doebley, J.F.; Iltis, H. H. (1980) Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. *American Journal of Botany* 67:982-993.
- Doebley, J.F.; Stec, A. (1991) Genetic analysis of the morphological differences between maize and teosinte. *Genetics* 129:285-295.
- Doebley, J.F.; Stec, A.; Wendel, J.; Edwards, M. (1990) Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: Implications for the origin of maize. *Proceeding of the National Academy of Science USA* 87:9888-9892.
- Doebley, J.F.; Stec, A.; Hubbard, L. (1997) The evolution of apical dominance in maize. *Nature* 386:485-488.
- Doebley, J.F.; Gaut, B.S.; Smith, B.D. (2006) The molecular genetics of crop domestication. *Cell* 127:1309-1321.
- Dorweiler, J.E.; Doebley, J.F. (1997) Developmental analysis of teosinte glume architecture 1: A key locus in the evolution of maize (Poaceae). *American Journal of Botany* 84:1313-1322.
- Evans, L.T. (1993) The domestication of crop plants. In: Evans, L.T. *Crop evolution, adaptation and yield*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.32-112.
- Freitas, F.O. (2001) Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Freitas, F.O.; Bustamante, P.G. (2013) Amazonian maize: diversity, spatial distribution and historical-cultural diffusion. *Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America* 11(2):60-65.
- Freitas, F.O.; Bandel, G.; Allaby, R.G.; Brown, T.A. (2003) DNA from primitive maize landraces and archaeological remains: implications for the domestication of maize and its expansion into South America. *Journal of Archaeological Science* 30:901-908.
- Fukunaga, K.; Hill, J.; Vigouroux, Y.; Matsuoaka, Y.; Sánchez, J.G.; Liu, K.; Buckler, E. S.; Doebley, J.F. (2005) Genetic diversity and population structure of teosinte. *Genetic Society of America* 169:2241-2254.
- Gepts, P.; Debouck, D. (1991) Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*)». In: Schoonhoven, A.; Voysest, A. (Eds.) *Common Beans – Research for crop improvement*. CIAT, Cali, pp.7-53.
- Goebel, T.; Waters, M.R.; O’rourke, D.H. (2008) The late Pleistocene dispersal of modern humans in the Americas. *Science* 319:1497-1502.

- Gore, M.A.; Chia, J.M.; Elshire, R.J.; Sun, Q.; Ersoz, E.S.; y otros (2009) A first-generation haplotype map of maize. *Science* 326:1115-1117.
- Grobman, A.; Bonavia, D.; Dillehay, T.D.; Piperno, D.R.; Iriarte, J.; Holst, I. (2012) Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proceeding of the National Academy of Science USA* 109:1755-1759.
- Hake, S.; Ross-Ibarra, J. (2015) Genetic, evolutionary and plant breeding insights from the domestication of maize. *eLife* 4:e05861.
- Harlan, J.R. (1971) Agricultural origins: centers and noncenters. *Science* 174: 468-173.
- Harlan, J.R. (1992) *Crops and man*. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, 2ed., Madison, Wisconsin.
- Hart, J.P.; Brumbach, H.J.; Lusteck, R. (2007) Extending the phytolith evidence for early maize (*Zea mays* ssp. *mays*) and squash (*Cucurbita* sp.) in Central New York. *American Antiquity* 72:563-583.
- Hilbert, L.; Neves, E.G.; Pugliese, F.; Whitney, B.S.; Shock, M.; Veasey, E.; Zimpel, C.A.; Iriarte, J. (2017) Evidence for mid-Holocene rice domestication in the Americas. *Nature Ecology & Evolution* 1:1693-1698.
- Ilits, H.H. (1983) «From teosinte to maize: The catastrophic sexual transmutation». *Science* 222:886-894.
- Ilits, H.H. (2000) Homeotic sexual translocations and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Economic Botany* 54:7-42.
- Kato, T.A. (2005). Cómo y dónde se originó el maíz. *Investigación y Ciencia* 347:68- 72.
- Kato, T.A.; Mapes, C.; Mera, L.M.; Serratos, J.A.; Bye, R.A. (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. (1st ed.). Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.
- Kistler, L.M.; Maezumi, S.Y.; de Souza, J.G.; Przelomska, N.A.S.; Costa, F.M.; Smith, O.; Loiselle, H.; Ramos-Madrigal, J.; Wales, N.; Ribeiro, E.; Grimaldo, C.; Prous, A.P.; Gilbert, M.; Thomas P.; de Oliveira, F.F.; Allaby, R.G. (2018) Multi-proxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. *Science* 362:1309-1313.
- Kuhnen, S.; Lemos, P.M.M.; Campestrini, L.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Maraschin, M. (2009) Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food. *Journal of Functional Foods* 1:284-290.
- Kuhnen, S.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Boffo, E.F.; Correia, I.; Ferreira, A.G.; Delgadillo, I.; Maraschin, M. (2010a) ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis applied to discrimination of landrace maize flours produced in southern Brazil. *International Journal of Food Science & Technology* 45:1673-1681.
- Kuhnen, S.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Santos, M.S.; Ferreira, A.G.; Bonham, C.C.; Wood, K.V.; Maraschin, M. (2010b) Metabolic fingerprint of Brazilian maize landraces silk (stigma/styles) using NMR spectroscopy and chemometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:2194-2200.

- Kuhnen, S.; Lemos, P.M.M.; Campestrini, L.H.; Ogliari, J.B.; Dias, P.F.; Maraschin, M. (2011) Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9):1548-1553.
- Kuhnen, S.; Dias, P.F.; Ogliari, J.B.; Maraschin, M. (2012) Brazilian maize landraces silks as source of lutein: an important carotenoid in the prevention of age-related macular degeneration. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 3:1609-1614.
- Louette, D.; Smale, M. (2000) Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuizalapa, Mexico. *Euphytica* 113: 25-41.
- Louette, D.; Charrier, A.; Berthaud, J. (1997) In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20-38.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, J. J.; Buckler, E.; Doebley, J. F. (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:6080-6084.
- McClintock, B. (1950) The origin and behavior of mutable loci in maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 36(6):344-355.
- McClintock, B.; Kato, T.A.; Blumenschein, A. (1981) Chromosome constitution of races of maize. *Colegio de Postgraduados, Chapingo*.
- Mir, C.; Zerjal, T.; Combes, V.; Dumas, F.; Madur, D.; Bedoya, C.; Dreisigacker, S.; Franco, J.; Grudloyma, P.; Hao, P. X.; Hearne, S.; Jampatong, C.; Laloë, D.; Muthamia, Z.; Nguyen, T.; Prasanna, B. M.; Taba, S.; Xie, C. X.; Yunus, M.; Zhang, S.; Warburton, M. L.; Charcosset, A. (2013) Out of America: tracing the genetic footprints of the global diffusion of maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 126:2671–2682.
- Montanari, M. (2008) *Comida como cultura*. Ed. Senac, São Paulo.
- Nannas, N.J.; Dawe, R.K. (2015) Genetic and genomic toolbox of *Zea mays*. *Genetics* 199:655-669.
- Nault, L.R.; Gordon, D.T.; Damsteegt, V.D.; Iltis, H.H. (1982) Response of annual and perennial teosintes (*Zea*) to six maize viruses. *Plant Disease* 66:61-62.
- Neves, W.; Zanini, M.D.C.; Munford, D.; Pucciarelli, H.M. (1989) O povoamento das Américas à luz da morfologia craniana. *Revista USP*, 34:96-105.
- Neves, W.A.; Bernardo, D.V.; Okumura, M.M.M. (2007) A origem do homem americano vista a partir da América do Sul: uma ou duas migrações? *Revista de Antropologia* 50(1):9-44.
- Paterniani, E. (1998) Diversidade genética e raças de milho no Brasil. In: Soares, A.C.; Machado, A.T.; Silva, B.M.; Weid, J.M.V.D. (Eds.) *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA, Rio de Janeiro, pp.28-31.
- Paterniani, E.; Goodman, M.M. (1977) Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City.
- Paterniani, E.; Nass, L.L.; Santos, M.X. (2000) O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil. In: Udry, C.V.; Duarte, W. (Eds.) *Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos*. Paralelo, Brasília, pp.11-41.
- Pearsall, D.M.; Piperno, D.R. (1990) Antiquity of maize cultivation in Ecuador: summary and reevaluation of the evidence source. *American Antiquity* 55:324-337.

- Pena, S.D.J.; Silva, D.R.C.; Santos, F.R. (1989) Utilização de polimorfismos de DNA do cromossomo Y no estudo do povoamento das Américas. *Revista USP* 34:44-57.
- Pickersgill, B. (2007) Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100:925-940.
- Piperno, D.R. (2011) The origins of plant cultivation and domestication in the new world tropics: patterns, process, and new developments. In: Price, D.; Bar-Yosef, O. (Eds). *The beginnings of agriculture: new data, new ideas*. *Current Anthropology* 52:453-470.
- Piperno, D.R.; Clary, K.H.; Cooke, R.G.; Ranere, A.J.; Weiland, D. (1985) Preceramic maize in central Panama: phytolith and pollen evidence. *American Anthropologist* 87:871-878.
- Piperno, D.R.; Ranere, A.J.; Holst, I.; Iriarte, J.; Dickau, R. (2009) Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:5019-5024.
- Poggio, L.; Rosato, M.; Chiavarino, A.M.; Naranjo, C.A. (1998) Genome size and environmental correlations in maize (*Zea mays* ssp. *mays*, Poaceae). *Annals of Botany* 82:107-115.
- Prous A (1997) O povoamento da América visto do Brasil: uma perspectiva crítica. *Revista USP* 34:8-21.
- Ramos-Madrigal, J.; Smith, B.D.; Moreno-Mayar, J.V.; Gopalakrishnan, S.; Ross-Ibarra, J.; Gilbert, M.T.P.; Wales, N. (2016) Genome sequence of a 5,310-year-old maize cob provides insights into the early stages of maize domestication. *Current Biology* 26:3195-3201.
- Realini, M.F.; Poggio, L.; Cámara Hernández, J.; González, G.E. (2018) Exploring karyotype diversity of Argentinian Guaraní maize landraces: Relationship among South American maize. *PLoS One* 13(6):e0198398.
- Rindos, D. (1984) The evolution of domestication. In: Rindos, D. *The origins of agriculture: an evolutionary perspective*. Academic Press, San Diego, pp.138-189.
- Roosevelt, A.C.; Costa, M.L.; Machado, C.L.; Michab, M.; Mercier, N.; Valladas, H.; y otros (1996) Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. *Science* 272:373-383.
- Sanchez, J.; De La Cruz, L.L.; Vidal, M.V.A.; Ron, P.J.; Taba, S.; Santacruz-Ruvalcaba, F.; y otros (2011) Three new teosintes (*Zea* spp., Poaceae) from México. *American Journal of Botany* 98:1537-1548.
- Serratos, J.A. (2009) *The origin and diversity of maize in the American continent*. Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Ciudad de México.
- Schnable, P. S.; Ware, D.; Fulton, R.S.; Stein, J.C.; Wei, F.; Pasternak, S.; y otros (2009) The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. *Science* 326:1112-1115.
- Silva, N.C.A. (2015) *Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil*. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

- Silva, N.C.A.; Vidal, R.; Costa, F.M.; Vaio, M.; Ogliari, J.B.O. (2015) Presence of *Zea luxurians* populations (Durieu and Ascherson) Bird in southern Brazil: implications for the conservation of wild relatives of maize. *PLoS One*. Doi: 10.1371/journal.pone.0139034.
- Silva, N.C.A.; Vidal, R.; Ogliari, J.B. (2017) New popcorn races in a diversity microcenter of *Zea mays* L. in the Far West of Santa Catarina, Southern Brazil. *Genetic Resources and Crop Evolution* 64: 1191-1204.
- Smalley, J.; Blake, M. (2003) Sweet beginnings: stalk sugar and the domestication of maize. *Current Anthropology* 44:675-703.
- Soderlund, C.; Descour, A.; Kudrna, D.; Bomhoff, M.; Boyd, L.; Currie, J.; y otros (2009) Sequencing, mapping, and analysis of 27,455 maize full-length cDNAs. *PLoS Genetics* 5(11):e1000740.
- Springer, N.M.; Ying, K.; Fu, Y.; Ji, T.; Yeh, C. T.; Jia, Y.; y otros (2009) Maize inbreds exhibit high levels of copy number variation (CNV) and presence/absence variation (PAV) in genome content. *PLoS Genetics* 5(11):e1000734.
- Stothert, K.E. (1985) The preceramic Las Vegas culture of Coastal Ecuador. *American Antiquity* 50(3):613-637.
- Studer, A.; Doebley, J.F. (2012) Evidence for a natural allelic series at the maize domestication locus *teosinte branched1*. *Genetics* 191:951-958.
- Tsiantis, M. (2011) A transposon in *tb1* drove maize domestication. *Nature Genetics* 43:1048-1050.
- Uarrota, V.G.; Severino, R.B.; Maraschin, M. (2011a) Maize landraces (*Zea mays* L.): a new prospective source for secondary metabolite production. *International Journal of Agricultural Research* 6:218-226.
- Uarrota, V.G.; Schmidt, E.C.; Bouzon, Z.L.; Maraschin, M. (2011b). Histochemical analysis and protein content of maize landraces (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy* 10:92-98.
- USDA. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Corn Area, Yield, and Production. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acceso em 02/05/2018.
- Vallebuena-Estrada, M.; Rodríguez-Arévalo, I.; Rougon-Cardoso, A.; González, J.M.; Cook, A.G.; Montiel, R.; Vielle-Calzada, J.P. (2016) The earliest maize from San Marcos Tehuacán is a partial domesticate with genomic evidence of inbreeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:14151-14156.
- van Heerwaarden, J.; Doebley, J.; Briggs, W.H.; Glaubitz, J.C.; Goodman, M.M. (2011) Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(3):1088-1092.
- Vavilov, N.I. (1992) *Origin and geographic of cultivated plants*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vielle-Calzada, J.P.; de la Veja, O.M.; Hernandez-Guzmán, G.; Ibarra-Laclette, E.; Alvarez-Mejia, C.; Veja-Arreguin, J.C.; y otros (2009) The palomero genome suggests metal effects on domestication. *Science* 326:1078.

Vigouroux, Y.; Glaubitz, J.; Matsuoka, Y.; Goodman, M.M.; Sánchez, G.J.; Doebley, J.F. (2008) Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253.

Walker, R.S.; Ribeiro, L.A. (2011) Bayesian phylogeography of the Arawak expansion in lowland South America. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278: 2562-2567.

Wang, L.; Yang, A.; He, C.; Qu, M.; Zhang, J. (2008) Creation of new maize germplasm using alien introgression from *Zea mays* ssp. *mexicana*. *Euphytica* 164: 789-801.

Watling, J.; Shock, M.P.; Mongelo, G.Z.; Almeida, F.O.; Kater, T.; De Oliveira, P.E.; y otros (2018) Direct archaeological evidence for Southwestern Amazonia as an early plant domestication and food production centre. *PLoS One* 13(7): e0199868.

Wellhausen, E.J.; Roberts, L.M.; Hernández, X.E. (en colaboración con Mangelsdorf, P.C.) (1951) Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F, pp.23-47.

Yang, C.J.; Samayoa, L.F.; Bradbury, P.J.; Olukolu, B.A.; Xue, W., York, A.M. y otros (2019) The genetic architecture of teosinte catalyzed and constrained maize domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* 116:5643-5652.

Zeder, M.A. (2006) Central questions in the domestication of plants and animals. *Evolutionary Anthropology* 15:105-117.

Zeven, A.C. (1998) Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104:127-139.

Ziegler, K.E. (2001) Popcorn. In: Hallauer, A.R. (Ed.) *Specialty corns*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.205-240.

Zohary, D. (2004) Unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Economic Botany* 58:5-10.



MAÍCES DE LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR Y CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN BRASIL Y URUGUAY

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



MAÍCES DE LAS TIERRAS BAJAS DE AMÉRICA DEL SUR Y CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN BRASIL Y URUGUAY

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 