



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 Cremo

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 Albornoz – 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. Liliãni 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

Emanoel 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 VARIEDADES 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 5

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

Aceptado: 03/11/2020

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
ID Lattes: 7810178532592114

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

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
Piracicaba, São Paulo, Brasil
ID Lattes: 8454553859685834

ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ

Análisis previos y criterios iniciales para la clasificación de razas de maíz

El primer criterio utilizado para definir la estrategia de análisis de datos fue el tipo de grano (tipo de endospermo). Este criterio se estableció con base en análisis multivariados previos¹ (datos no presentados) que estructuraron los grupos principalmente por el tipo de grano. Los análisis genómicos preliminares también señalaron la estructuración genética de la población asociada con el tipo de endosperma.

Sin embargo, esto no implica que estemos adoptando la propuesta ya obsoleta de Sturtevant (1899), que clasificó la diversidad del maíz en seis grupos según el tipo de grano: *Indurata* (flint o duro), *Saccharata* (dulce), *Amylacea* (harinoso), *Indentata* (dentado), *Everta* (pisingallo) y *Tunicata* (tunicado); sobre todo porque su clasificación no tuvo en cuenta la variabilidad genética, el componente ambiental (región geográfica) y los aspectos socioculturales dentro de cada grupo. En otras palabras, todos los maíces pisingallos (palomeros), por ejemplo,

¹ Los análisis multivariados realizados fueron: i) análisis discriminante para las variables cualitativas, que separó las variedades principalmente por el tipo de grano, y ii) análisis de componentes principales para las variables cuantitativas, que separó las variedades principalmente por país.

ya sea que se hayan colectado en el estado de Acre o en Rio Grande do Sul, en Brasil o Uruguay, serían iguales simplemente porque tienen el mismo tipo de grano. De hecho, esta característica define grupos contrastantes, incluso porque el maíz con diferentes tipos de granos tiene diferentes usos (datos del relevamiento etnobotánico).

Por lo tanto, la clasificación actual de las razas de maíz de Brasil y Uruguay se llevó a cabo considerando los diferentes tipos de grano: *harinoso*, *dentado* y *semidentado*, *duro* y *semiduro*, y *pisingallo*, como grupos predefinidos y, a partir de ahí, se realizaron análisis estadísticos basados en las otras 18 características fenotípicas del grano y la espiga para cada grupo. En el caso específico de variedades caracterizadas con granos *semiduros*, los análisis se realizaron con variedades de granos *duros*; lo mismo se consideró para las variedades de granos *semidentados*, es decir, los análisis se realizaron con las variedades de granos *dentados*. Esto se debe a que la clasificación de estos tipos de endosperma es una línea muy tenue; se sabe que cualquier variedad con granos *semiduros* o *semidentados* es el resultado del cruce entre variedades duras y dentadas. Además, como la caracterización de las espigas y los granos fue realizada por un equipo y no por una sola persona, esto podría influir en los resultados, considerando la subjetividad en la evaluación de esta característica.

En el caso del grupo *dulce*, solo dos variedades se caracterizaron con este tipo de endosperma y, por lo tanto, no fue necesario analizar los datos estadísticamente. Las variedades que se caracterizaron con el tipo de grano *tunicado* no se consideraron en los análisis, ya que esta característica es una mutación que puede asociarse con cualquier tipo de grano, como definieron Brieger y otros (1958).

El segundo criterio establecido fue realizar los análisis por separado para cada país, con la excepción del grupo de pisingallos que, debido al bajo número de variedades recolectadas en Uruguay (solo tres), se decidió realizar los análisis junto con las variedades recolectadas en Brasil. Este criterio también se definió con base en resultados preliminares (datos no mostrados) del análisis de conglomerados², realizado solo con las razas que se describieron en la década de 1970³. En general, las razas están separadas por país y no por raza. En otras palabras, las razas comunes a Brasil y Uruguay, pero que se caracterizaron en cada país de origen, no estaban agrupadas, lo que podría explicarse por un «efecto ambiental». Esto demuestra que las comparaciones con las clasificaciones de 1970 serán limitadas y este aspecto se consideró al discutir los resultados y clasificar las razas.

² Basado en el índice de similitud de Gower (1971).

³ Los datos de raza se extrajeron de Brieger y otros (1958); Paterniani y Goodman (1977); De María y otros (1979); Fernández y otros (1983), y Gutiérrez y otros (2003).

Análisis de conglomerados

Una vez que se definieron los criterios iniciales, los análisis de conglomerados se realizaron a partir de la distancia de similitud de Gower (1971), lo que permite la combinación de variables cualitativas y cuantitativas. Se consideró la moda para las variables cualitativas y la media aritmética para las variables cuantitativas. Con base en la matriz de distancia de Gower (1971), los análisis se realizaron en dos niveles. En el Nivel 1, solo se consideran las variedades recolectadas hoy. El objetivo de esta primera etapa fue identificar grupos; para esto, el análisis de conglomerados se realizó utilizando el método Ward (jerárquico) con un límite establecido por la metodología Mojena (1977). Es importante resaltar que los análisis previos (realizados con un grupo de variedades de granos *harinosos*; datos no mostrados) comparando dos métodos jerárquicos, Ward y UPGMA, demostraron que el método de Ward permite agrupaciones más consistentes con la realidad «biológica y geográfica», ya que era más discriminatorio y, por lo tanto, separó mejor a los grupos. Una vez que los grupos fueron identificados, se «analizaron críticamente», verificando si su composición estaba de acuerdo con la realidad estudiada, si había asociaciones entre variedades que generaban dudas y por qué características.

En el Nivel 2, llamado «análisis de agrupación conjunta», los análisis se realizaron considerando las modas y los promedios de los grupos resultantes del Nivel 1 y los datos de las razas descritas en Brasil y Uruguay disponibles en la literatura científica (Brieger y otros, 1958; Paterniani y Goodman, 1977; De María y otros, 1979; Fernández y otros, 1983; Gutiérrez y otros, 2003). El objetivo era verificar si los grupos relacionados con las colecciones actuales estaban asociados o no con las razas descritas anteriormente, ayudando así en su clasificación como raza antigua o «nueva». Destacamos algunas particularidades en relación con los análisis:

i) Para las regiones donde se recolectaron diez o menos variedades, se eliminó el Nivel 1 de análisis, es decir, los datos de las variedades se analizaron directamente con los datos de las razas descritas en la década de 1970.

ii) No se consideró la categoría de subrazas, ya que en la mayoría de los casos se clasificaron en función de una sola característica. Por lo tanto, los datos no se incluyeron en los análisis, excepto en los casos en que los datos no estaban disponibles para las razas.

iii) Para el grupo de *pisngallos*, además de las razas descritas para Brasil y Uruguay, como referencia, se incluyeron datos para tres nuevas razas de la región del extremo oeste de Santa Catarina descritas por Silva y otros (2017).

iv) Para Brasil, considerando que los grupos *dentado* y *semidentado* tenían la mayor proporción de variedades, representando el 79 % del total de variedades

incluidas en los análisis (1970), se realizaron por separado para cada región de ocurrencia de este tipo de endosperma (Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraíba y Mato Grosso do Sul). En el caso de Uruguay, el análisis se realizó considerando todas las regiones, debido al reducido número de variedades (22) caracterizadas con este tipo de endosperma.

v) Las variables con más de dos datos faltantes se eliminaron de los análisis.

El análisis de conglomerados no proporciona resultados absolutamente concluyentes, pero ayuda a comprender la composición de los grupos, y tomar una decisión al determinar si un grupo o una variedad pertenece o no a una raza en particular previamente descrita. Cuando fue necesario, se utilizó el registro fotográfico de espigas y granos para confirmar, eliminar o agregar información. Todos los análisis se realizaron con la ayuda del programa estadístico R (*R Development Core Team*, 2015), paquete *vegan* (Oksanen y otros, 2010).

Supuestos considerados en la clasificación actual de razas de maíz en Brasil y Uruguay

Además de los resultados obtenidos por el análisis de conglomerados para la clasificación de razas de maíz de Brasil y Uruguay actualmente recolectadas, se consideraron los siguientes supuestos:

i) La clasificación racial del maíz tiene como objetivo distinguir poblaciones prominentes y formas no particulares, poco comunes, raras (Perales y Golicher, 2014). Casi todas las razas tienen variabilidad en términos de color, características fisiológicas y fenológicas y, en general, no se considera que las variantes más pequeñas justifiquen la creación de nuevas razas.

ii) Las variedades criollas generalmente comparten características de dos o más razas; es decir, es raro encontrar poblaciones completamente puras que pertenezcan a una raza típica, ya que las razas generalmente comparten espacios físicos y están sujetas a una dinámica de intercambio de semillas entre los agricultores, además del flujo genético natural, dependiendo de la biología reproductiva de la especie.

iii) Las razas «nuevas» fueron aquellas relacionadas con grupos que no estaban asociados con ninguna de las razas descritas anteriormente, lo que significa que pueden provenir de procesos de selección de agricultores, cruces, diversificación y/o presentaciones recientes, o simplemente porque se recolectaron en territorios que no se incluyeron en las clasificaciones de 1970.

iv) Los nombres de las razas «nuevas» se determinaron siguiendo la lógica de las clasificaciones anteriores, en algunos casos, de acuerdo con la nomenclatura local, en otros (nombres que los agricultores atribuyen a sus variedades), o en

función de alguna característica fenotípica llamativa.

v) El complejo racial en este estudio se definirá como un conjunto de variedades que caen dentro de la variabilidad fenotípica de una raza determinada.

RAZAS DE MAÍZ DE BRASIL Y URUGUAY

Harinosos de Brasil

El análisis de conglomerados de 14 variedades de maíz harinoso permitió la estructuración en tres grupos (Figura 5.1A). El G1 (rojo) se formó solo por variedades recolectadas en los estados de RO y AC. El G2 (verde) estaba formado por variedades recolectadas en los estados de RS y MS. El grupo G3 (azul) estaba formado por cuatro variedades de los estados de MG, RS y PB. Este último fue el único grupo caracterizado por el borde de grano contraído, y las variedades PBN12A (PB) y RSF2M (RS) se introdujeron recientemente desde Perú, según los datos de origen de la encuesta etnobotánica. Por esta razón, para el análisis de agrupamiento conjunto, G3 se dividió en G3a (MGP2A y RSF2J) y G3b (PBN12A y RSF2M).

El análisis de agrupamiento conjunto (grupos + razas de Brasil) a su vez presentó un conglomerado compuesto por G1 y la raza *Entrelazada* (Figura 5.1B). Este grupo, exclusivo del bioma amazónico, estaba claramente aislado de las otras razas, lo que excluía la posibilidad de pertenecer a otras razas de maíz harinoso descritas para Brasil. Por lo tanto, las variedades G1 pertenecen a la raza *Entrelazado*. El G2 se asoció con la raza *Avatí moroti* (Figura 5.1B). De hecho, este grupo mostró características típicas de esta raza, como espigas cónicas y granos con forma de borde plano. G3a, que tiene granos amarillos y bordes contraídos, estaba genéticamente más cerca de la raza *Caingang*. Brieger y otros (1958) describieron una subraza de la raza *Caingang* llamada *Ivaí Amarelo* (granos amarillos y borde contraído), que se originó a partir del cruce entre las razas *Avatí moroti* y *Caingang*. La típica raza *Caingang*, según la descripción realizada por los autores, presente desde São Paulo hasta Uruguay, tiene granos blancos y un borde contraído, con espigas cilíndricas «perfectas».

Con base en estos aspectos, consideraremos que el G3a pertenece al complejo racial *Moroti-Caingang*, es decir, comparte características de las dos razas, ya que en este estudio no estamos considerando la categoría de subraza, como se explicó anteriormente. El G3b, como se mencionó, estaba compuesto por variedades introducidas desde Perú, con granos negros y bordes contraídos, por lo tanto, este grupo será considerado como una raza exótica, introducida en la última década (el tiempo promedio de cultivo fue de 12 años). Ningún grupo se asoció ni presentó características de la raza *Lenha*.

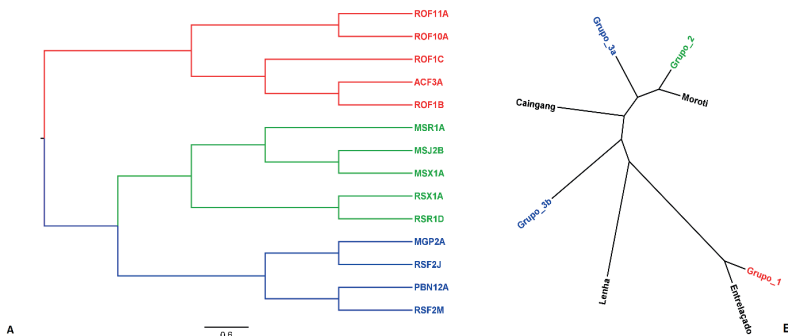


Figura 5.1. **A:** Análisis de conglomerados por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz farináceo en Brasil. Punto de corte: 0,5; coeficiente cofenético: 0,7. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (verde), G3 (azul). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano.

Harinosos de Uruguay

Con respecto al maíz uruguayo, el análisis de conglomerados permitió la estructuración de dos grupos (Figura 5.2A). G1 (rojo) estaba formado por cuatro variedades, de las cuales tres se caracterizan por tener granos planos, y la variedad UYNN1A, que presentaba granos con bordes contraídos. El G2 (azul) estaba formado por siete variedades, cuatro con granos de borde contraído y tres con borde plano (UYNB1A, UYNB4C y UYNN4A). Todas las variedades fueron recolectadas en la región norte del país, en los departamentos de Tacuarembó y Rivera.

En el análisis de agrupamiento conjunto (grupos + razas) elegimos incluir las razas de maíz brasileñas como comparación, ya que la última clasificación de las razas de Uruguay se basó en la clasificación brasileña, y la única raza harinosa descrita para Uruguay fue *Avatí moroti*. Por lo tanto, las razas *Lenha*, *Entrelaçado*, *Avatí moroti* y *Caingang* de Brasil, y la raza *Avatí moroti* se incluyó desde Uruguay. Los resultados demuestran la asociación de G1 con la raza *Caingang*, descrita en Uruguay por Paterniani y Goodman (1977), y la asociación de G2 con la raza *Avatí moroti* (Figura 5.2B). Sin embargo, en ambos grupos hay variedades con características que están más cerca de la raza asociada con el grupo del que no forman parte.

Como se mencionó, el análisis de conglomerados no es concluyente, por lo tanto, los resultados se analizaron en contraste con la descripción de cada raza. Así, las variedades de grano plano UYNB2A, UYNB5A y UYNN7B de G2, y UYNB1A, UYNB4C y UYNN4A de G1 fueron indicadas como pertenecientes a la raza *Avatí moroti*. La variedad UYNN2A de G1 pertenece a la raza *Caingang*, habiéndose

considerado la única variedad típica de esta raza por sus características. Las otras variedades pertenecen al complejo racial *Moroti-Caingang*. Ningún grupo se asoció ni presentó características de las razas *Entrelaçado* y *Lenha*.

Como fue comentado, los análisis de agrupamientos no son conclusivos, por lo tanto, los resultados fueron analizados contrastando con la descripción de cada una de las razas. De esa forma, las variedades de granos planos UYNB2A, UYNB5A y UYNN7B de G2, y UYNB1A, UYNB4C y UYNN4A de G1 fueron indicadas como pertenecientes a la raza *Avatí moroti*. La variedad UYNN2A del G1 pertenece a la raza *Caingang*, por lo que fue considerada la única variedad típica de esta raza por sus características. Las demás variedades pertenecen al complejo racial *Moroti-Caingang*. Ningún grupo se asoció ni presentó características de las razas *Entrelaçado* o *Lenha*.

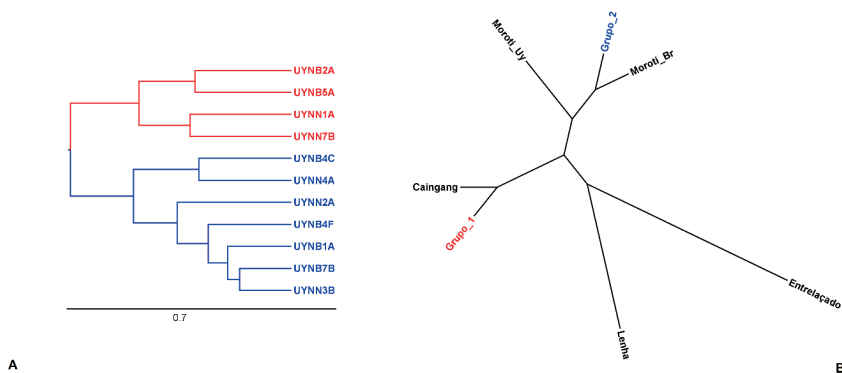


Figura 5.2. **A:** Análisis de conglomerados por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz farináceo en Uruguay. Punto de corte: 0,6; coeficiente cofenético: 0,7. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo) y G2 (azul). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano.

Pisingallos

Los datos sobre variedades de pisingallos de ambos países se analizaron juntos, sin considerar los criterios de análisis por país, ya que solo se recolectaron tres variedades de pisingallos en Uruguay. Los resultados demostraron la estructuración de al menos tres grupos (Figura 5.3A). El G1 (rojo) estaba compuesto por seis variedades que tienen granos redondos, con la única excepción de la variedad MGL1D, que tiene granos puntiagudos. El G2 (verde) estaba compuesto por tres variedades, todas caracterizadas por tener granos redondos. El G3 (azul) estaba compuesto por 11 variedades, predominantemente de granos puntiagudos,

con la excepción de las variedades RSX6A, MGP3B y MGY1D, que tienen granos redondos.

La división entre variedades de granos redondos y granos puntiagudos se utilizó como criterio principal para la indicación de las dos razas de pisingallo en Brasil, *Avatí pichingá ihú* (redonda) y *Avatí pichingá* (puntiaguda), porque se configura como la característica más discriminante entre las dos razas. Adoptamos este mismo criterio para caracterizar, al principio, los tres grupos. Paterniani y Goodman (1977) informaron que, en ese momento, los pisingallos puntiagudos eran menos frecuentes en Brasil, a diferencia de las variedades actualmente recolectadas. En el caso de Uruguay, este aspecto ocurre de manera opuesta: las variedades más frecuentes recolectadas en ese momento tenían granos puntiagudos (De María y otros, 1979), y los pisingallos de grano redondo fueron menos frecuentes. En nuestro estudio, las únicas tres variedades recolectadas en Uruguay se caracterizaron como granos redondos.

El análisis de agrupamiento conjunto (Figura 5.3B) mostró que los grupos G1, G2 y G3 estaban asociados con las razas antiguas, formando un conglomerado único separado de las nuevas razas que se han descrito para el microcentro de diversidad en la región del extremo oeste de Santa Catarina. Esto significa que las variedades actualmente recolectadas se incluyen dentro del rango de variabilidad fenotípica de las razas antiguas, sin presentar características que puedan diferenciarlas lo suficiente como para indicarlas como razas «nuevas».

Por lo tanto, se considerarán las siguientes razas actualmente conservadas en Brasil y Uruguay: i) pisingallos puntiagudos de Brasil, pertenecientes a la raza *Avatí pichingá*, reconocida localmente como maíz de *alho*; ii) pisingallos redondos de Brasil, que pertenecen a la raza *Avatí pichingá ihú*, genéricamente reconocida como *pipoca*; y iii) pisingallos redondos de Uruguay pertenecientes a la raza *Pisingallo redondo*, reconocida localmente como pisingallo, *picoca*.

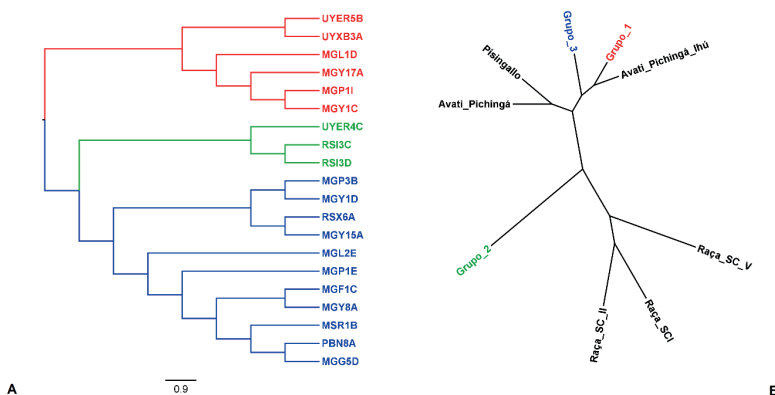


Figura 5.3. **A**: análisis de conglomerados por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de pisingallos de Brasil y Uruguay. Punto de corte: 0,46; coeficiente cofenético: 0,6. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (verde), G3 (azul). **B**: Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de pisingallos de Brasil y Uruguay.

Duros y semiduros de Brasil

El análisis de agrupamiento de las variedades de maíces duros y semiduros en Brasil se llevó a cabo directamente en conjunción con las razas *Cateto* y *Cristal*, siendo los únicos descritos para el país, en los estudios del siglo pasado, que presentaron endospermo duro. En este caso, el Nivel 1 de análisis no se consideró debido al bajo número de variedades (ocho) caracterizadas con este tipo de endospermo. Los resultados demostraron la estructura genética en dos grupos (Figura 5.4). El G1 (rosa) fue formado por las variedades MGY7A y MGP1B, ambas de Minas Gerais, y por la raza *Cristal*. Esta raza fue descrita inicialmente por Cutler (1946) como *Abati tupi*, interpretada como blanco duro. En las clasificaciones de la década de 1970, Paterniani y Goodman (1977) describieron esta raza de las accesiones recolectadas en los estados de Minas Gerais, São Paulo y Bahía.

El grupo G2 (verde) estaba formado por la raza *Cateto* y por las otras variedades; RSF2G y RSZ1A, ambas de Rio Grande do Sul, eran las variedades fenotípicamente más cercanas a esta raza y, por lo tanto, se considerarán representantes típicos de la raza, que se caracteriza por tener granos duros y un color naranja intenso, con amplia distribución territorial. Paterniani y Goodman (1977) describieron una subraza llamada *Cateto assis*, endémica del estado de Rio Grande do Sul y originada en el cruce entre la raza *Cateto* y *Canario de ocho* (con distribución en Uruguay y Argentina), llamada Charrúa. Es de destacar que la

única diferencia señalada en la clasificación de 1977 entre las razas *Cateto* (Brasil), *Cateto sulino* (Uruguay) y *Cateto nortista* (Guyana) es el origen geográfico.

Teniendo en cuenta que el objetivo de la clasificación racial no es identificar tipos raros, sino comunes, las variedades MGP1A, RSX5A, MSX2A y PBF2A también se considerarán como pertenecientes a la raza *Cateto*, que en este estudio se denominará *Complejo Cateto*, por compartir características que les permitieron estar estructurados en el mismo grupo que la raza *Cateto*, pero en el proceso de divergencia, es decir, todavía no tienen suficientes características diferentes para ser indicados como razas «nuevas».

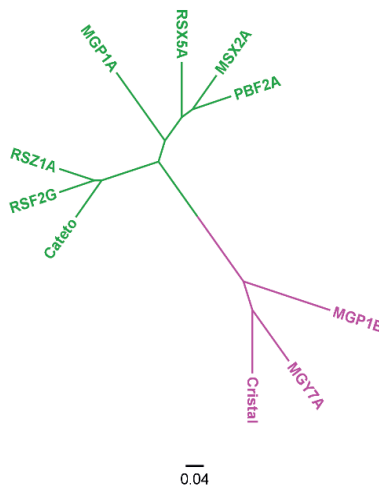


Figura 5.4. Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz duro y semiduro en Brasil. Grupos: G1 (rosa) y G2 (verde).

Duros y semiduros de Uruguay

En Uruguay, se identificaron maíces duros y semiduros en todas las regiones de recolección, pero en una proporción menor (30 %) que la reportada en la década de 1970 (65 %). El análisis de conglomerados de las variedades de maíz duro y semiduro de Uruguay permitió la estructuración de cuatro grupos (Figura 5.5A). El grupo G1 (verde) estaba formado por cuatro variedades de color de grano anaranjado, cada variedad con un número diferente de filas. El G2 (azul) estaba compuesto por diez variedades, predominantemente granos anaranjados y espigas con 14 hileras, con las variedades UYNB4A y UYNB4D con espigas con 16 hileras, y las variedades UYNB4D, UYNN6A y UYNN7A fueron las únicas caracterizadas con granos de color morado. Fue el único grupo que mostró variación en términos de

color de grano. El G3 (rosa) estaba formado por las variedades UYES2A y UYER6A, las únicas que tenían un color de grano blanco. El grupo G4 (rojo) estaba formado por seis variedades de granos naranja, con 12 filas, siendo la variedad UYNB6A la única con espigas con 20 filas, y la variedad UYSS8A la única con granos blancos.

En el análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) los resultados mostraron la división en dos grandes grupos, uno con la raza G3 y *Cristal*, y el otro con G1, G2, G4 y las otras razas. En general, los grupos G1, G2 y G4 se asociaron con las razas *Cateto sulino*, *Cateto sulino grueso*, *Cuarentino*, *Canario de ocho*, en mayor o menor proximidad (Figura 5.5B). El grupo G3 se asoció con la raza *Cristal*. En la clasificación de De María y otros (1979) las razas *Cateto sulino*, *Cateto sulino grueso*, *Cuarentino*, *Canario de ocho* mostraron características muy similares, que difieren solo en una o dos características (como el número de filas y/o el tamaño del grano), lo que podría explicar la estructuración de las razas en un solo conglomerado.

La variedad UYEN1A, llamada por el agricultor «criollo», presentó características típicas de la raza *Cateto sulino*; la variedad UYNB6A mostró características típicas de la raza *Cateto sulino grueso*. Las variedades G3 y UYSS8A, con color de grano blanco, se considerarán pertenecientes a la raza *Cristal*. Se considerará que las otras variedades pertenecen al *Complejo cateto sulino*. Ninguna variedad mostró características típicas de las razas *Canario de ocho* (espiga cilíndrica con ocho hileras) ni *Cuarentino* (granos muy pequeños con un intenso color naranja).

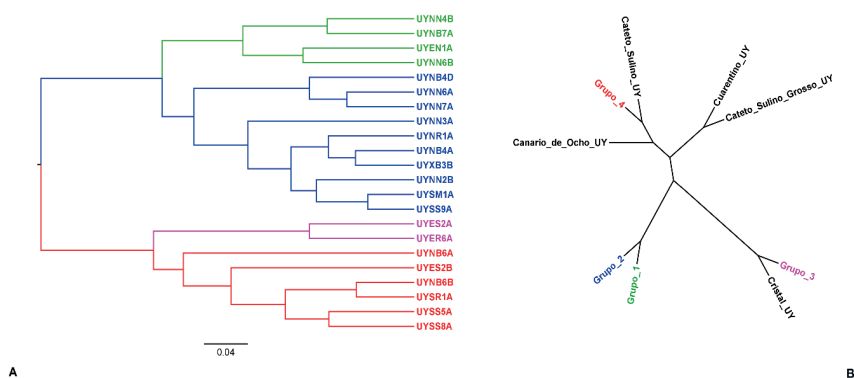


Figura 5.5. **A:** Análisis de conglomerados utilizando el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz duro y semiduro en Uruguay. Punto de corte: 0,45; coeficiente cofenético: 0,6. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (verde), G2 (azul), G3 (rosa) y G4 (rojo). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz uruguayo duro y semiduro.

Dentados y semidentados de Ibarama, Rio Grande do Sul

El análisis de conglomerados de 45 variedades con granos *dentados* y *semidentados* recolectados en la ciudad de Ibarama, Rio Grande do Sul, permitió la estructuración genética en cinco grupos (Figura 5.6A). El grupo G1 (rojo) estaba compuesto por 21 variedades, caracterizadas predominantemente por variedades de grano amarillo, con la excepción de las variedades RSI2B (blanco), RSN1D (púrpura y amarillo), RSX3C (blanco y púrpura) y RSZ2B (blanco). El G2 (amarillo) estaba formado por 11 variedades, agrupando variedades que tienen color de grano blanco y variedades que tienen espigas con ocho filas. El G3 (verde) estaba formado por tres variedades, la RSM2C con espigas con dos colores de grano, la RSM2A con color de grano rojizo y la RSX3A con granos de color amarillo. El G4 (azul) se formó exclusivamente por variedades que tienen espigas con más de 20 hileras. El grupo G5 (púrpura) estaba compuesto por seis variedades, dos de las cuales tienen granos rosados (RSF2F y RSZ2A), la variedad RSF2L con granos morados, las variedades RSF2C y RSF2I de granos amarillos, y la variedad RSF2D de grano blanco.

El análisis de agrupamiento conjunto (Figura 5.6B) mostró que los cinco grupos relacionados con las colecciones actuales permanecieron dentro del rango de variabilidad fenotípica de las razas descritas anteriormente. Ningún grupo se asoció con la raza *Hickory king*, caracterizada por granos blancos y espigas con ocho filas de disposición completamente recta. Sin embargo, las variedades RSF2H, RSM3B y RSR1A (granos blancos/amarillos y ocho filas de disposición completamente recta), pertenecientes a G2, tienen características más cercanas al *Hickory king* que el patrón fenotípico del grupo. Por lo tanto, se considerará que estas tres variedades pertenecen a esta raza, que en este trabajo se llamará *Oito carreiras* (nomenclatura local).

Consiguientemente, las razas presentes hoy son *Dente riograndense* (liso o rugoso), *Dente branco riograndense* (RSF2A, RSF2D, RSG2A, RSG4A, RSI2B y RSZ2B), *Cravo* (G4, localmente llamado «Cunha») y *Oito carreiras* (RSF2H, RSM3B y RSR1A), *Dente colorado riograndense* (RSF2L), *Dente pintado riograndense* (RSM2C, RSN1D y RSX3C) y *Dente rosado riograndense* (RSZ2A y RSF2F).

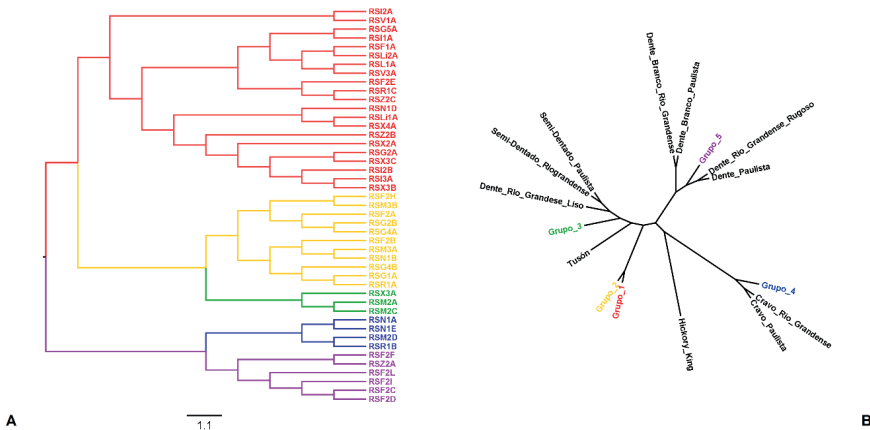


Figura 5.6. **A:** Análisis de conglomerados utilizando el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz abollado y semiabollado en el municipio de Ibarama, Rio Grande do Sul. Punto de corte: 0,45; coeficiente cofenético: 0,7. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (amarillo), G3 (verde), G4 (azul) y G5 (púrpura). **B:** Análisis de agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz abollado y semiabollado en el municipio de Ibarama, Rio Grande do Sul, bioma bosque atlántico-pampa.

Dentados y semidentados de la Zona de la Mata, Minas Gerais

El análisis de conglomerados de 58 variedades caracterizadas como *dentados* y *semidentado* colectadas en la región de la Zona da Mata, Minas Gerais, permitió la estructuración genética en seis grupos (Figura 5.7A). El G1 (rojo) estaba formado por ocho variedades exclusivamente de color rojo, morado y marrón. El G2 (amarillo) estaba compuesto por seis variedades, todas con un color de grano blanco. El G3 (verde) estaba formado por cinco variedades de granos y espigas amarillas con predominantemente 12 hileras. El G4 (celeste) también estaba compuesto por cinco variedades, con predominio de granos anaranjados y espigas de diez hileras. El G5 (azul) estaba formado por 15 variedades y el G6 (rosa) estaba compuesto por 19 variedades, ambas con predominantemente granos amarillos y espigas con 12 hileras.

El análisis conjunto (Figura 5.7B) mostró que los seis grupos no estaban asociados con las razas de maíz dentadas y semidentadas descritas para Brasil. De hecho, en las clasificaciones de 1958 y 1977 no se reportó ninguna raza con este tipo de endospermo del estado de Minas Gerais. Por lo tanto, las razas de maíz dentado y semidentado conservadas en la región de la Zona da Mata de Minas Gerais, bioma del bosque atlántico, se indicarán como *Dente colorado mineiro* (G1), *Dente branco mineiro* (G2), *Dente mineiro* (G3, G4, G5 y G6) y *Dez fileiras alaranjado* (MGG1D).

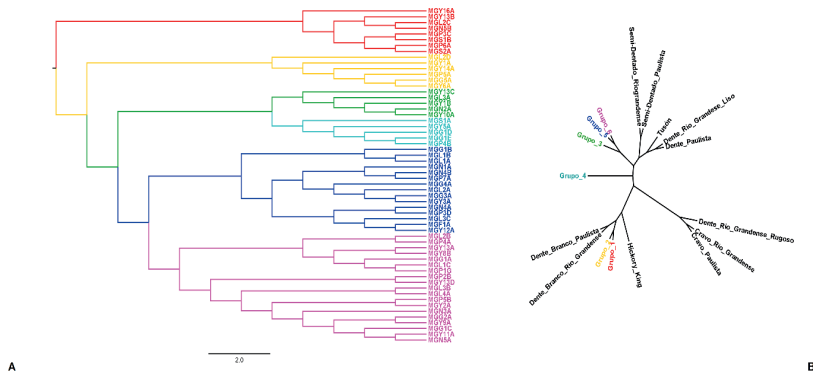


Figura 5.7. **A:** Análisis de conglomerados por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz dentado y semidentado en la región de la Zona de la Mata, Minas Gerais. Punto de corte: 0,55; coeficiente fenético: 0.7. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (amarillo), G3 (verde), G4 (azul claro), G5 (azul oscuro) y G6 (rosa). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz dentado y semidentado en la región de la Zona de la Mata. Minas Gerais, bioma bosque atlántico.

Dentados y semidentados del Polo da Borborema, Paraíba

El análisis de conglomerados de 43 variedades caracterizadas como dentadas y semidentadas colectadas en la región de Polo da Borborema, Paraíba, permitió la estructuración genética en seis grupos (Figura 5.8A). El G1 (rojo) estaba formado por solo dos variedades, PBN6A y PBY1A, con mayor longitud de espiga (10 cm) y diámetro del raquis (1,98 cm). El G2 (amarillo) estaba formado por siete variedades, cuya principal diferencia con respecto a los otros grupos es el predominio de variedades con un color de grano rojizo. El G3 (verde) estaba compuesto por seis variedades, todas con marlos rojos, siendo esta la característica principal que lo diferenciaba de los otros conglomerados. El G4 (azul claro), compuesto por nueve variedades, mostró un patrón fenotípico similar a G1 y G3. El G5 (celeste) estaba formado por 14 variedades, caracterizadas por tener espigas con 12 hileras. El G6 (rosa) estaba compuesto por cinco variedades caracterizadas por tener espigas con 14 hileras. Es de destacar que la mayoría de las variedades presentaron espigas con 10 hileras, de manera diferente a otras regiones.

El análisis de agrupamiento conjunto (Figura 5.8B) mostró que los seis grupos no estaban asociados con ninguna de las razas de maíz dentadas y semidentadas descritas para Brasil. De hecho, las clasificaciones de 1958 y 1977 no incluían el bioma caatinga. Los seis grupos se asociaron entre sí y ninguna variedad fue una excepción al patrón fenotípico de los grupos. Así, la raza de maíz dentada y

semidentada conservada en la región de Polo da Borborema, estado de Paraíba, bioma caatinga, se denominará *Dente paraibano*.

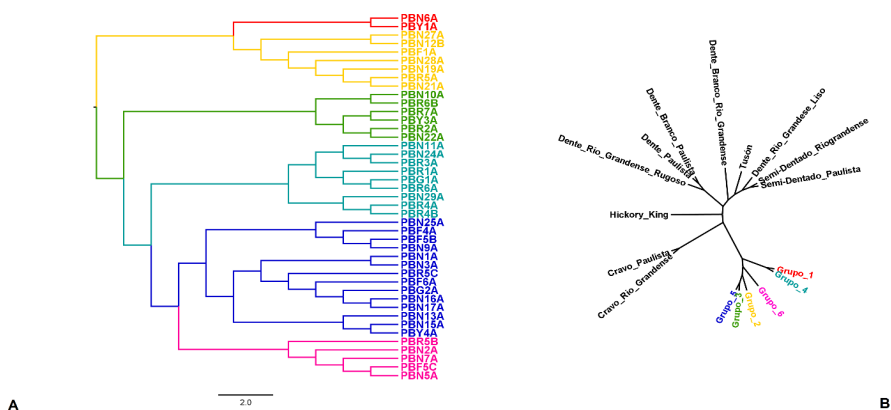


Figura 5.8. **A:** Análisis de conglomerados utilizando el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz dentado y semidentado en la región de Polo da Borborema, Paraíba. Punto de corte: 0,6; coeficiente cofenético: 0,8. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (amarillo), G3 (verde), G4 (azul claro), G5 (azul oscuro) y G6 (rosa). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz dentado y semidentado en la región de Polo da Borborema, Paraíba, bioma caatinga.

Dentados y semidentados de Mato Grosso do Sul

El análisis de conglomerados de las variedades de maíz dentado y semidentado en el estado de Mato Grosso do Sul se realizó directamente junto con las razas descritas para Brasil. En este caso, el *Nivel 1* de análisis no se consideró debido al bajo número de variedades (diez) caracterizadas con este tipo de endospermo. Los resultados demostraron la estructura genética en dos grupos (Figura 5.9). El G1 (azul) fue formado por todas las variedades de Mato Grosso do Sul y el G2 (rojo) por las razas antiguas. De hecho, en las clasificaciones de 1958 y 1977 no se notificó ninguna raza con este tipo de endospermo del estado de Mato Grosso do Sul. Analizando la variabilidad interna de G1, las variedades MSS1C (color de grano blanco), MSF3A y MSN2A (granos rojos) fueron las únicas que no mostraron el patrón de granos amarillos, predominando en el grupo.

Por lo tanto, las razas de maíz dentado y semidentado actualmente conservadas en el estado de Mato Grosso do Sul, bioma cerrado, se denominarán: *Dente branco sul mato-grossense* (MSS1C), *Dente sul mato-grossense* (azteca), *Colorado sul mato-grossense*.

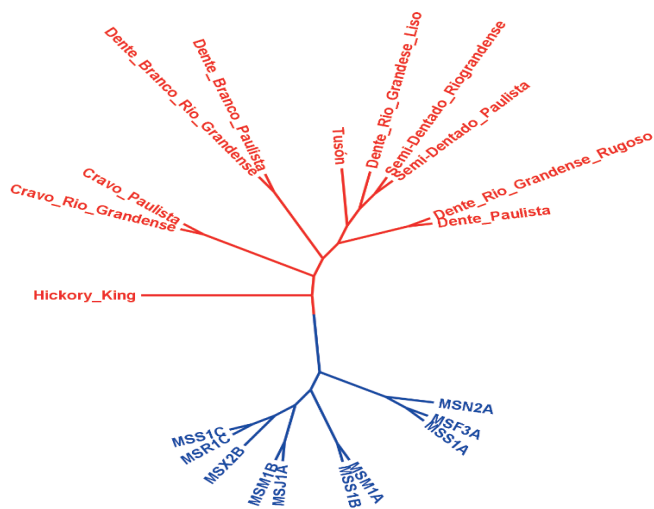


Figura 5.9. Análisis de agrupamiento conjunto (variedades + razas de maíz dentado y semidentado) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para variedades en el estado de Mato Grosso do Sul, bioma cerrado, y razas de maíz con dientes y semidientes de Brasil. Punto de corte: 0.5; coeficiente cofenético: 0,8.

Dentados y semidentados de Uruguay

El análisis de conglomerados de las variedades caracterizadas como dentadas y semidentadas recogidas en Uruguay (seis del norte, ocho del este y ocho del sur) se realizó considerando todas las regiones juntas en función del número de variedades (menor o igual a diez) recogidas por región. Los resultados mostraron estructura genética en cuatro grupos (Figura 5.10A). El G1 (rojo) estaba compuesto por 11 variedades, todas con granos blancos. El G2 (verde claro) estaba formado por las variedades UYER3A y UYEA1A de color de grano blanco, y por la variedad UYER3B de color de grano amarillo. El grupo G3 (celeste) estaba compuesto por cuatro variedades, todas ellas de color de grano amarillo y forma de espiga cilíndrica. Finalmente, el G4 (morado) también estaba formado por cuatro variedades, con color de grano amarillo y espigas cónicas-cilíndricas.

El análisis conjunto de conglomerados (Figura 5.10B) mostró que los cuatro grupos relacionados con las colectas actuales estaban asociados entre sí, pero no con ninguna de las razas descritas anteriormente. Así, indicamos dos razas de maíz dentado y semidentado actualmente conservadas en Uruguay, el bioma pampa, que se llamarán: Amarillo dentado (G3, G4 y UYER3B), Blanco dentado (G1

y G2), que probablemente sean descendientes de las razas descritas por De María y otros (1979) como *Dente riograndense*, *Semi-dente riograndense* y *Dente branco riograndense*.

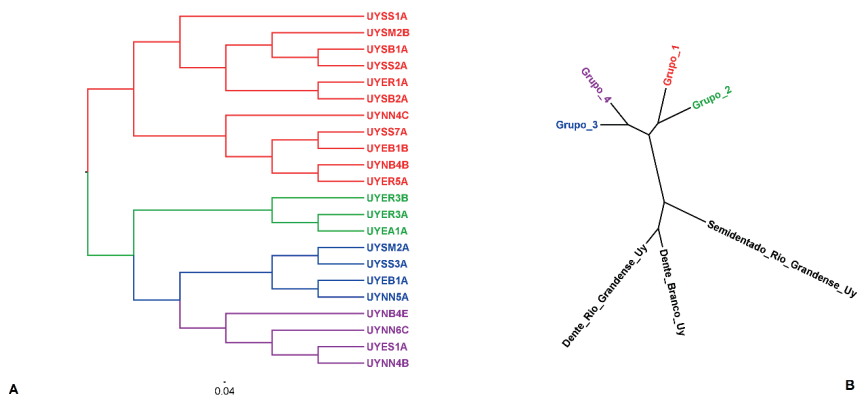


Figura 5.10. **A:** Análisis de conglomerados utilizando el método WARD basado en el índice de Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano de las variedades de maíz dentadas y semidentadas en Uruguay. Punto de corte: 0,44; coeficiente cofenético: 0,6. Los colores indican los diferentes grupos: G1 (rojo), G2 (verde), G3 (azul) y G4 (púrpura). **B:** Análisis de la agrupación conjunta (grupos + razas) por el método WARD basado en el índice Gower, estimado a partir de las características fenotípicas de la espiga y el grano para las variedades y razas de maíz dentado y semidentado en Uruguay, bioma pampeano.

Dulces

Se identificaron dos variedades con el endospermo dulce (arrugado) en Brasil, una preservada en el estado de Rio Grande do Sul (caracterizada fenotípicamente por el equipo del Proyecto) y la otra preservada en Minas Gerais (sin datos de caracterización fenotípica). Como en la clasificación de las razas de maíz en Brasil no se describieron razas de maíz dulce, consideraremos las dos variedades que pertenecen a la misma raza llamada *Doce*. En el futuro deben llevarse a cabo trabajos para evaluar si hay suficientes diferencias fenotípicas entre las variedades para clasificarlas en razas distintas de maíz dulce.

LAS RAZAS DE MAÍZ DE BRASIL Y URUGUAY: CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS

En este estudio se clasificaron un total de 29 razas y tres complejos raciales (Tabla 5.1; Figura 5.11 y Figura 5.12), con 25 razas/complejos raciales descritos para Brasil y 10 razas/complejos raciales descritos para Uruguay. Solo tres razas/complejos raciales eran comunes a ambos países. De las 29 razas, 14 fueron

consideradas «razas nuevas». Las cinco razas y/o complejos raciales con el mayor número de variedades fueron *Dente paraibano* (43), *Dente mineiro* (42), *Dente riograndense* (27), *Complejo cateto sulino* (17) y *Blanco dentado* (13). Un total de 16 razas y complejos raciales (50 %) tienen menos de cinco variedades que representan el grupo.

Raza	Bioma	Número de variedades	¿Nueva raza?
<i>Alho (Avatí Pichingá)</i>	Caatinga, Cerrado y Bosque Atlántico	09	No
<i>Avatí Moroti</i>	Cerrado, Ecotono Bosque Atlántico/Pampa y Pampa	10	No
<i>Amarillo dentado</i>	Pampa	09	No
<i>Blanco dentado</i>	Pampa	13	No
<i>Caingang</i>	Pampa	01	No
<i>Cateto</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	03	No
<i>Cateto Sulino</i>	Pampa	01	No
<i>Cateto Sulino Grosso</i>	Pampa	01	No
<i>Complejo Cateto</i>	Caatinga, Cerrado, Ecotono Bosque Atlántico/Pampa y Bosque Atlántico	40	No
<i>Complejo Cateto Sulino</i>	Pampa	17	No
<i>Complejo Moroti-Caingang</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa y Pampa	07	No
<i>Cravo</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	04	No
<i>Cristal</i>	Bosque Atlántico y Pampa	05	No
<i>Dente Branco Mineiro</i>	Bosque Atlántico	06	Sí
<i>Dente Branco Riograndense</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	06	No
<i>Dente Branco Sul Matogrossense</i>	Cerrado	01	Sí
<i>Dente Colorado Mineiro</i>	Bosque Atlántico	08	Sí
<i>Dente Colorado Riograndense</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	01	Sí
<i>Dente Colorado Sul Matogrossense</i>	Cerrado	01	Sí

<i>Dente Mineiro</i>	Bosque Atlántico	42	Sí
<i>Dente Paraibano</i>	Caatinga	43	Sí
<i>Dente Pintado Riograndense</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	03	Sí
<i>Dente Riograndense</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	27	No
<i>Dente Rosado Riograndense</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	02	Sí
<i>Dente Sul Mato-grossense</i>	Cerrado	08	Sí
<i>Dez fileiras alaranjado</i>	Bosque Atlántico	02	Sí
<i>Doce</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa y Bosque Atlántico	02	Sí
<i>Entrelaçado</i>	Amazonía	05	No
<i>Exótica</i>	Caatinga y Ecotono Bosque Atlántico	02	Sí
<i>Oito Carreiras</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa	02	No
<i>Pipoca redonda (Avatí Pichingá Ihú)</i>	Ecotono Bosque Atlántico/Pampa, Bosque Atlántico	08	No
<i>Pisingallo redondo</i>	Pampa	03	Sí

Tabla 5.1. Distribución de razas por bioma, número de variedades criollas de maíz representativas de cada raza e información sobre si es una raza existente o nueva.

Es importante destacar que la investigación no incluyó los mismos territorios que las clasificaciones realizadas en la década de 1970, por lo tanto, la información generada por el Proyecto se agrega a la información anterior y no la reemplaza. Las características de cada raza se están organizando en un catálogo sobre las razas de maíz en Brasil y Uruguay. Es de destacar que investigar la diversidad del maíz basado en el estudio de razas no es algo definitivo, dado que la información debe analizarse periódicamente, ya sea haciendo nuevas colecciones o revisando y ajustando los datos generados por el Proyecto, agregando nueva información al respecto de variedades o incluso utilizando otras herramientas de análisis de datos. Los resultados obtenidos sirvieron de base para el establecimiento de microcentros de diversidad, como se presentará en el Capítulo 6.

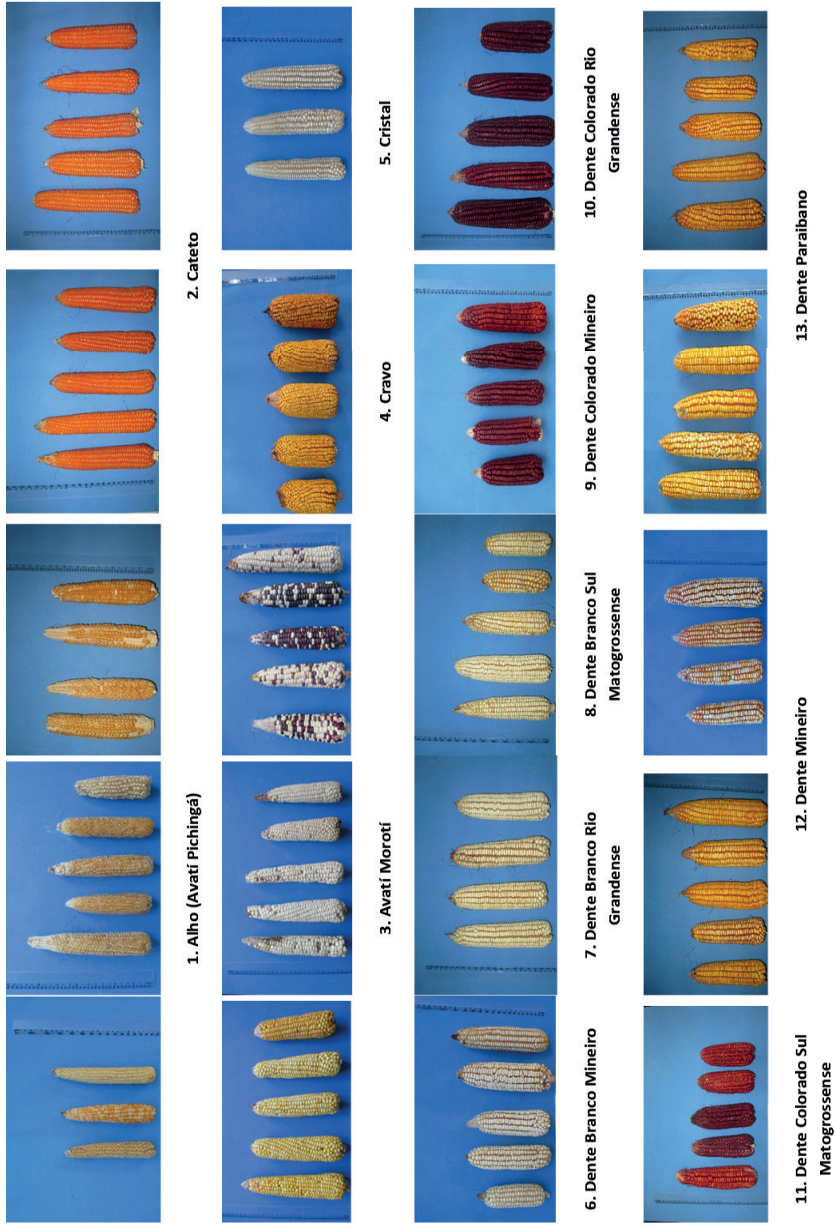
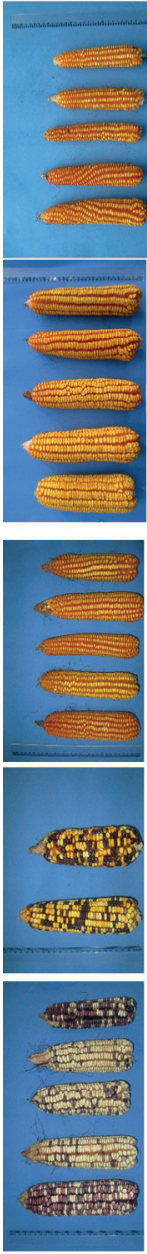
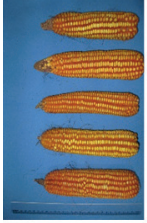


Figura 5.11. Razas de maíz de Brasil clasificadas en el Proyecto de Razas de Maíz de la Tierras Bajas en América del Sur.



14. Dente Pintado Rio Grandense



15. Dente Rio Grandense



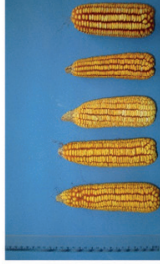
16. Dez Fileiras Alaranjado



17. Dente Rosado Riograndense



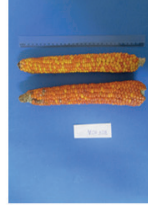
18. Dente Sul Matogrossense



19. Doce



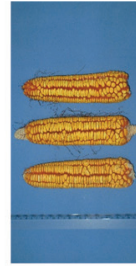
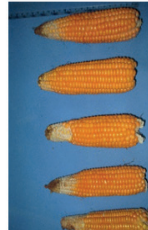
20. Entrelaçado



21. Exótica



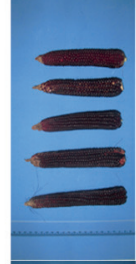
Complexo Cateto



22. Oito Carreiras



23. Pipoca redonda (Avati Pichingá Ihu)



Complexo Moroti-Caingang



Figura 5.11 . Razas de maíz de Brasil clasificadas en el Proyecto de Razas de Maíz de la Tierras Bajas en América del Sur (continuación) .

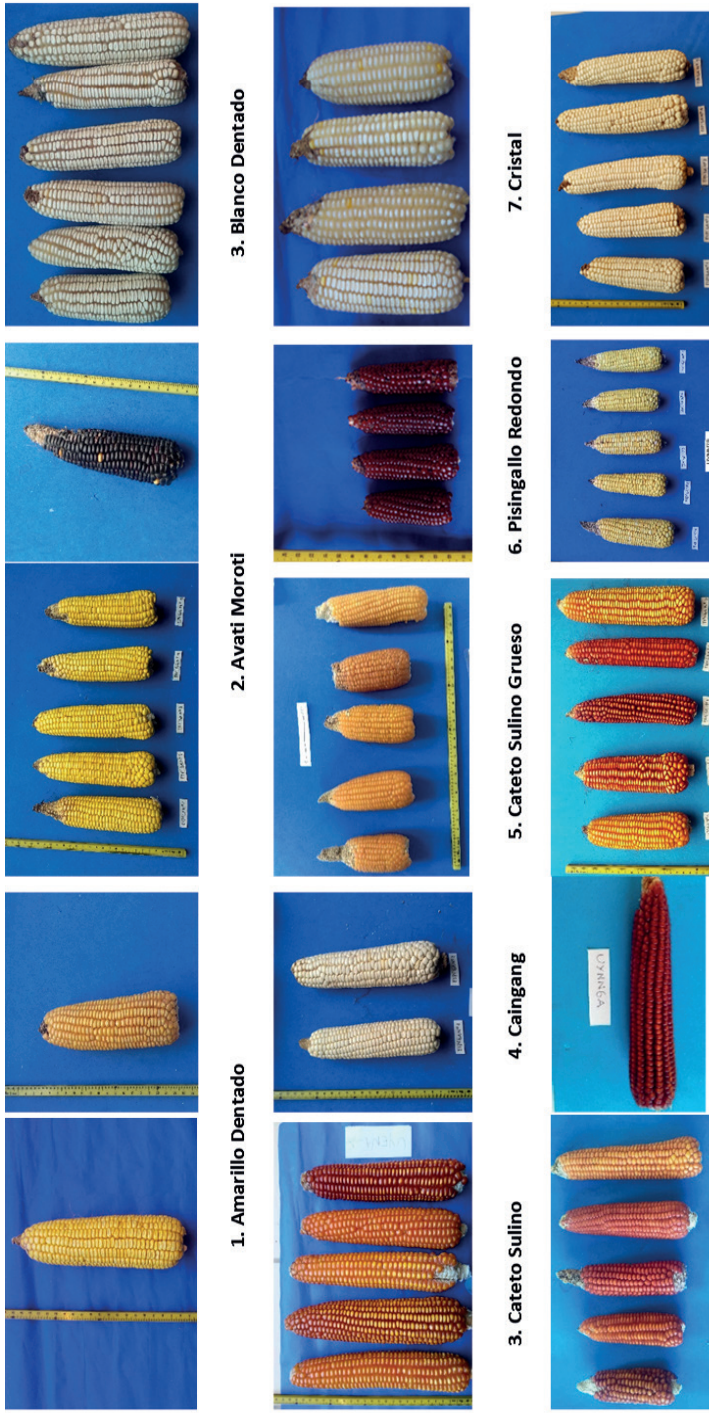


Figura 5.11. Razas de maíz de Uruguay clasificadas en el Proyecto de Razas de Maíz de la Tierras Bajas en América del Sur (continuación).

REFERENCIAS

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.

De María, F.; Fernández, G.; Zoppolo, G. (1979) Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz colectadas en Uruguay bajo el Proyecto IBPGR y Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Montevideo.

Fernández, G.; Frutos, E.; Maiola, C. (1983) Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Uruguay. INTA-EERA, Pergamino.

Goodman, M.M.; Bird, R.M. (1977) The races of maize IV. Tentative grouping of 219 Latin American races. *Economic Botany* 31:204-221.

Gower, J.C. (1971) A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27(4):857-871.

Gutiérrez, L.; Franco, J.; Crossa, J.; Abadie, T. (2003) Comparing a preliminary racial classification with a numerical classification of the maize landraces of Uruguay. *Crop Science* 43:718-727.

Mojena, R. (1977) Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. *Computer Journal* 20:359-363.

Oksanen, J.; Guillaume Blanchet, F.; Friendly, M.; y otros (2019) Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-5. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acceso em 10/12/2019.

Paterniani, E.; Goodman, M.M. (1977) Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City.

Perales, H.; Golicher, D. (2014) Mapping the diversity maize races in Mexico. *PLoS One* 9(12):e114657.

R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>. Acceso em 10/12/2019.

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 of Crop Evolution* 64: 1191-1204.

Sturtevant, E.L. (1899) Varieties of corn. USDA Bulletin. No. 57, Washington, DC.



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 