

Sementes

do

Cactário Guimarães Duque

Juliana Gomes Freitas
Vanessa Gabrielle Nóbrega Gomes
Lizandro Nicanor Peraza-Flores
Fabiane Rabelo da Costa Batista



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional do Semiárido

Sementes do Cactário Guimarães Duque

Organizadores

Juliana Gomes Freitas
Vanessa Gabrielle Nóbrega Gomes
Lizandro Nicanor Peraza-Flores
Fabiane Rabelo da Costa Batista



Presidência da República
Luiz Inácio Lula da Silva
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Luciana Barbosa de Oliveira Santos
Instituto Nacional do Semiárido
Diretora
Mônica Tejo Cavalcanti
Projeto Gráfico e diagramação
Juliana Gomes Freitas & Lizandro Nicanor Peraza-Flores
Imagens de MEV
Rondinele Nunes de Araújo
Organizadores
Juliana Gomes Freitas, Vanessa Gabrielle Nóbrega Gomes,
Lizandro Nicanor Peraza-Flores & Fabiane Rabelo da Costa Batista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Sementes do Cactário Guimarães Duque
[livro eletrônico] / organizadoras Juliana
Gomes Freitas...[et al.]. -- Campina Grande, PB :
Instituto Nacional do Semiárido, 2023. --
(Cactos e outras suculentas do Cactário
Guimarães Duque ; 3)
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-85-64265-74-5

1. Botânica 2. Cactos - Cultivo 3. Cactos -
Cultura 4. Cactos - Espécies 5. Ecossistemas
6. Sementes I. Freitas, Juliana Gomes. II. Gomes,
Vanessa Gabrielle Nóbrega. III. Peraza-Flores,
Lizandro Nicanor. IV. Batista, Fabiane Rabelo
da Costa. V. Série.

23-157278

CDD-583.56

Índices para catálogo sistemático:

1. Cactos e suculentas : Botânica 583.56

Henrique Ribeiro Soares - Bibliotecário - CRB-8/9314

Apresentação

A obra "Sementes do Cactário Guimarães Duque" é a terceira parte de uma série que apresenta resultados das atividades taxonômicas e acompanhamento das espécies do acervo do Cactário, no período de 2018 a 2022. O primeiro catálogo, intitulado "Flores do Cactário Guimarães Duque" tratou da floração; o segundo, "Frutos do Cactário Guimarães Duque" abordou aspectos de frutificação e este terceiro traz imagens obtidas com a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), com alta capacidade de ampliação e visualização de detalhes morfológicos não observados a olho nu. Aqui podem ser vistas imagens de sementes de 49 espécies de cactos que compõem o acervo da coleção botânica do INSA, em que foram priorizadas as de ocorrência no Semiárido Brasileiro.

O catálogo traz também uma tabela com as espécies documentadas, identificação botânica, os prováveis locais de origem e status de conservação, este último baseado nos dados disponibilizados pela *International Union for Conservation of Nature* – IUCN. Todas as informações contidas na obra estão baseadas em referências bibliográficas e observações pessoais destacadas pelos autores.

Esta publicação visa apresentar a exuberância microscópica das sementes de algumas espécies do Cactário Guimarães Duque (CAGD), detalhando as diferentes formas e texturas, bem como, chamar a atenção para sua grande importância num contexto biológico, ecológico e conservacionista, considerando sua atuação na manutenção dos ecossistemas em que essas plantas estão inseridas. Pretende-se assim, oferecer uma outra forma de contemplação das estruturas microscópicas dos cactos, alimentando a curiosidade sobre esse gigante universo do micro. Com isso, concluímos o terceiro volume da série sobre os aspectos reprodutivos de espécies do CAGD, com alacridade em compartilhar um pouco do conhecimento adquirido durante os últimos cinco anos de acompanhamento e observações das espécies depositadas neste acervo.

Introdução

Semente é a estrutura mais complexa e bem-sucedida na história evolutiva de reprodução em plantas. As espermatófitas (plantas com sementes), também conhecidas por plantas superiores, compõem um grupo constituído pelas gimnospermas, que são plantas desprovidas de flores e frutos, tais como os pinheiros e araucárias, e pelas angiospermas, plantas providas de flores e frutos, que protegem as sementes e auxiliam no processo de dispersão e colonização. Este último grupo vegetal é o mais diversificado e com a maior quantidade de plantas conhecidas no mundo, do qual as Cactáceas fazem parte (ver Raven 1994, Black et al. 2006, Judd et al. 2009, Linkies et al. 2010, Sliwinska & Bewley 2014).

As sementes podem se originar de forma sexuada, como resultado da fertilização, onde o embrião se desenvolve junto a um depósito nutricional, o endosperma, e uma capa protetora, o tegumento. Esse processo garante a diversidade genética das populações e amplia a capacidade de adaptação das plantas aos vários ambientes existentes. Sementes também podem ser produzidas de forma assexuada (reprodução apomítica), isso é, sem fecundação, resultando em clones geneticamente idênticos à planta mãe (Black et al. 2006, Judd et al. 2009, Sliwinska & Bewley 2014).

Em termos morfológicos, as sementes variam muito entre os distintos níveis taxonômicos (de famílias até espécies), podendo apresentar ampla diversidade de cores, formatos, tamanhos e texturas. Essas características têm desempenhado um papel notável na sistemática vegetal, especialmente na identificação taxonômica, delimitação de espécies,

e na compreensão de variações morfológicas resultantes do processo evolutivo, já que os parâmetros do tegumento são considerados estáveis e pouco afetados por fatores ambientais externos (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, Al-Gohary & Mohamed 2007).

O processo de dispersão, no qual as unidades dispersoras das plantas (sementes, frutos ou infrutescências) são removidas das imediações da planta mãe, é essencial para o sucesso reprodutivo e adaptativo das espécies vegetais. Além de possibilitar a adição de novos indivíduos em uma população, a dispersão promove um arranjo adequado dos organismos na população local, potencializa o estabelecimento em novas áreas e permite trocas genéticas entre diferentes populações (Van der Pijl 1982, Schupp & Fuentes 1995, Cain et al. 2000, Jordano et al. 2006). O sucesso reprodutivo é ampliado quando as sementes são dispersadas para longas distâncias, atingindo novos habitats. Para tanto, as sementes de diferentes espécies evoluíram em sua complexidade estrutural e anatômica, as vezes associadas aos frutos, promovendo adaptações e obtendo vantagens dos diversos vetores de dispersão, que podem ser bióticos (animais) ou abióticos (água, vento ou gravidade) (Linkies et al. 2010, Barclay 2015).

Características adaptativas peculiares, tais como a presença de alas, plumas, espinhos ou outras projeções de fixação, facilitam a ação dos agentes dispersores de sementes. Algumas sementes possuem câmaras de ar que promovem a flutuação; outras, diminutas, podem ser facilmente levadas pelo vento ou por pequenos animais e insetos; sementes associadas a infrutescências ou frutos carnosos, com sabor, odor e coloração chamativa, beneficiam-se de sua atratividade e são consumidos por animais, sendo assim, dispersadas. Este conjunto de características é conhecido como "síndrome de dispersão"

(Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, Wilson & Traveset 2000, Linkies et al. 2010, Sliwinska 2016).

As síndromes de dispersão são categorizadas conforme o agente dispersor, sendo classificadas como anemocoria (realizada pelo vento), hidrocoria (pela água), autocoria (a planta apresenta estruturas para autodispersão) e zoocoria (dispersão por animais). Na zoocoria, o animal pode interagir distintamente com as unidades dispersoras: na epizocoria as sementes são transportadas de forma passiva, já que ficam aderidas à parte externa do corpo do animal; por outro lado, na endozocoria, as sementes são ingeridas e passam pelo trato digestivo do animal, sendo posteriormente regurgitadas ou eliminadas nas fezes (ver Van der Pijl 1982, Tiffney 1984, Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, Wilson & Traveset 2000, Linkies et al. 2010, Sliwinska 2016).

A principal forma de dispersão de frutos e sementes na família Cactaceae ocorre por meio de animais, especificamente por endozocoria. As interações cacto-dispersores facilitam o processo de germinação e são essenciais para a remoção da barreira química presente na polpa funicular de algumas cactáceas, as quais produzem substâncias alelopáticas que inibem a germinação de sementes (Meiado et al. 2012). Ademais, a redução do tempo médio de germinação de sementes é uma estratégia que favorece o estabelecimento de plântulas durante o curto período chuvoso da Caatinga (Gomes et al. 2016).

Os frutos dos cactos, comumente suculentos e deiscentes, com epicarpo de cores chamativas, são uma importante fonte de alimento e água para muitos animais frugívoros, como aves, morcegos, lagartos, jabutis, primatas, raposas e até pequenos roedores, que consequentemente exercem o papel de dispersores dessas sementes imersas na polpa

(Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, Taylor & Zappi 2004). Muitos deles interferem positivamente no processo germinativo, já que a passagem das sementes pelo seu trato digestivo promove a escarificação do tegumento e o incremento da permeabilidade à água e aos gases (efeito escarificante). Pode haver também a remoção de inibidores da germinação com a separação das sementes e da polpa (efeito de desinibição), o aumento da probabilidade de germinação e crescimento das plântulas pelo material fecal ao redor das sementes (efeito fertilizante), ou ainda a destruição das sementes (predação), mudando assim os padrões de germinação (McKey 1975, Williams & Arias 1978, Janzen 1983, Schupp 1993, Figueira et al. 1994, Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1996, Godínez-Álvarez & Valiente-Banuet 2000, Traveset & Verdu 2002, Robertson et al. 2006, Romão et al. 2007, Fonseca et al. 2008, 2012, Brito-Kateivas & Côrrea 2012, Gomes et al. 2014, 2016, 2017, 2021, Nascimento et al. 2015, Xavier & Dias 2015, Santos et al. 2019, Paixão et al. 2020, Nunes et al. 2021).

Estudos sobre germinação de sementes em Cactaceae demonstram a relação entre essas espécies e seus dispersores, através do efeito causado no tegumento, pela ingestão dos frutos por animais, promovendo sua germinação, quando depositadas em locais com condições favoráveis. Sementes de *Pereskia aculeata* Mill., por exemplo, obtidas nas fezes de duas espécies de macacos, germinaram melhor do que as sementes retiradas de frutos intactos; sementes de *Melocactus violaceus* Pfeiff. coletadas de fezes de lagartos apresentaram sucesso germinativo, enquanto sementes retiradas diretamente de frutos maduros não germinaram (ver Figueira et al. 1994, Pedroni & Sanches 1997, Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000).

Diversas pesquisas realizadas em ecossistemas da Caatinga registraram interações das

cactáceas e seus dispersores: endozoocoria entre lagartos e cactos do gênero *Melocactus* e entre aves e cactos dos gêneros *Cereus*, *Pilosocereus* e *Xiquexique*, esse último também com registros de consumo por lagartos. Lagartos da espécie *Tropidurus semitaeniatus* Spix 1825, atuaram como dispersores de sementes em *Melocactus ernestii* Vaupel, aumentando significativamente a taxa de germinação de suas sementes pós-ingestão (Gomes et al. 2016). Em *Melocactus lanssensianus* P.J.Braun, espécie ameaçada de extinção, foi constatado que a remoção da polpa por lagartos aumentou 45% a germinabilidade e reduziu o tempo médio de germinação, contribuindo para o sucesso reprodutivo dessa espécie (Gomes et al. 2021). Entre os cactos colunares, sementes de *Cereus jamacaru* DC. consumidas por aves apresentaram redução no tempo médio de germinação, quando comparadas às sementes não ingeridas (Gomes et al. 2014). Já em *Xiquexique gounellei* (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente, sementes que permaneceram com a polpa tiveram germinação tardia e apresentaram menor germinabilidade, em comparação com as sementes consumidas por lagartos e aves (ver Gomes et al. 2016, 2017).

A dormência de sementes (atividades fisiológicas suspensas de maneira reversível) é também um fator comum entre espécies de Cactaceae. Esse é um mecanismo de sobrevivência quando as condições de germinação e estabelecimento são inadequadas, ou quando necessitam de condição específica para ativação do processo germinativo (luz, acidez, ruptura do tegumento, temperatura, umidade, entre outros). Espécies que ocupam habitats sazonalmente secos ou áridos possuem sementes quiescentes, as quais germinam apenas em condições ótimas para o seu completo desenvolvimento. Nesse caso, podem apresentar dormência inata (só germinam em determinado período após a dispersão) ou dormência forçada (regulada pelas condições ambientais). Essa condição favorece a co-evolução entre plantas e animais dispersores de suas sementes, uma vez que seus

frutos fornecem nutrição e hidratação em períodos de estiagem, enquanto as sementes necessitam do transporte e das condições existentes no trato digestivo do animal dispersor para quebra da dormência, remoção de inibidores de germinação e estabelecimento das plântulas (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000, Gomes et al. 2014, 2016, 2017, 2021, Meiado et al. 2012, Nascimento et al. 2015).

Diante da importância das cactáceas na dinâmica e manutenção de ecossistemas áridos e semiáridos, tais como os ambientes sazonais observados na Caatinga, o conhecimento acurado sobre sua morfologia e relações com outros organismos e/ou com o ambiente é imprescindível. Nesse sentido, a microscopia eletrônica de varredura (MEV), torna-se uma valiosa ferramenta para ampliar a visão de estruturas pequenas como as sementes da maioria dessas espécies, exibindo aspectos da textura e escultura do tegumento de forma extraordinária. Essa técnica tem sido amplamente empregada na resolução de problemas da sistemática e filogenia de diversos organismos, graças a sua alta capacidade de ampliação e detalhamento fino de variações morfológicas não observadas em microscopia óptica (Yoshizaki 2003, Belhadj et al. 2007).

São apresentadas a seguir, uma lista de 49 espécies de Cactaceae cultivadas no Cactário Guimarães Duque (CAGD) do INSA/MCTI (Tabela 01), bem como as imagens de suas sementes, obtidas pela tecnologia do MEV. Ainda que o principal objetivo seja expandir o conhecimento sobre a morfologia dessas sementes, que é imperceptível a olho nu, a visualização dessa ultraestrutura é fundamental para a classificação das espécies e compreensão das relações ecológicas responsáveis pela manutenção dos diferentes ecossistemas em que essas plantas estão inseridas, especialmente sua grande importância ambiental em regiões de escassez hídrica como o Semiárido brasileiro (SAB).

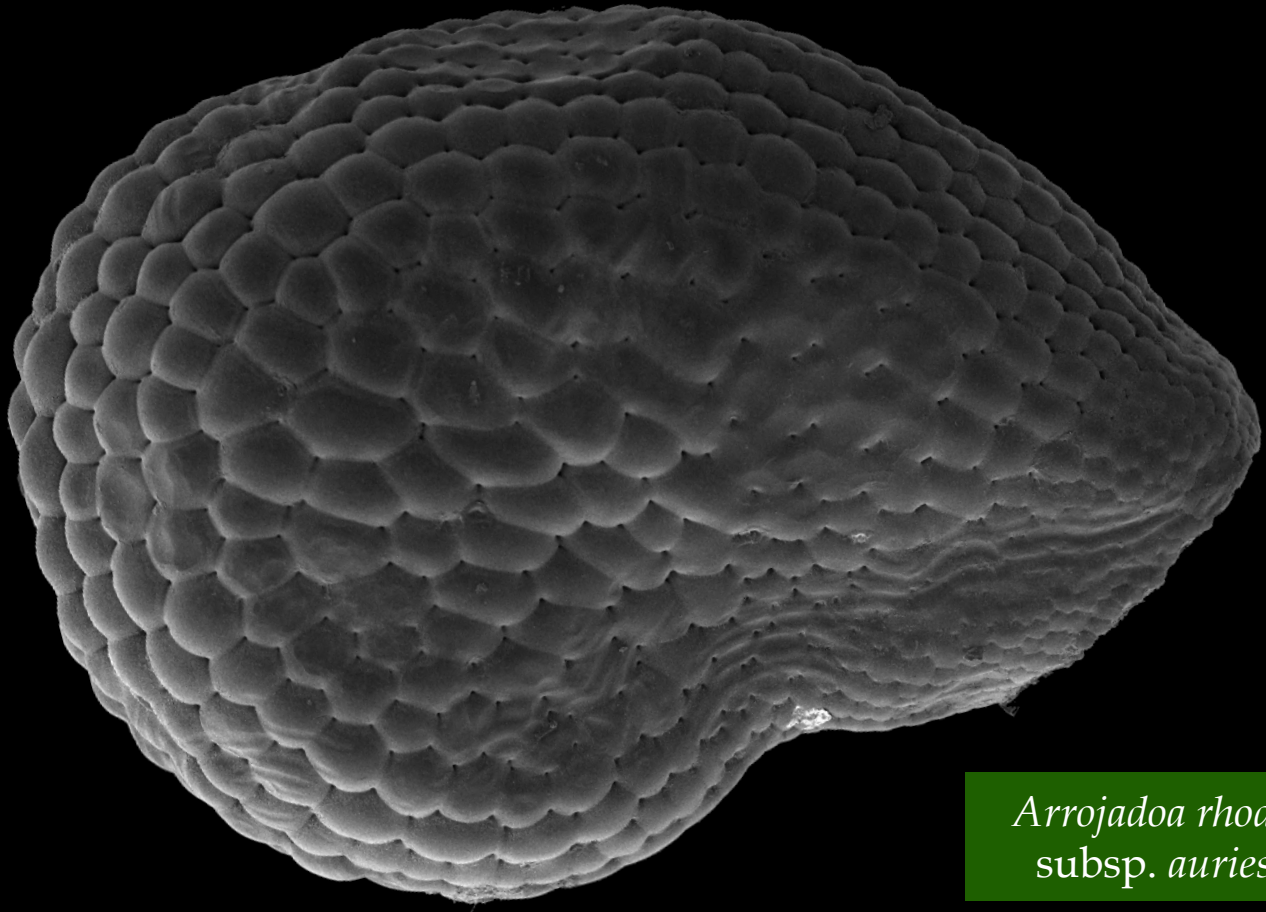
Tabela 01: Sementes de espécies do acervo do Cactário Guimarães Duque - CAGD analisadas sob MEV, provável local de origem e status de conservação, segundo *International Union for Conservation of Nature* (IUCN Red List). ■ LC. Pouco preocupante (*Least Concern*); ■ VU. Vulnerável (*Vulnerable*); ■ EN. Em perigo (*Endangered*); ■ CR. Em perigo crítico (*Critically Endangered*); ■ NT. Quase ameaçado (*Near Threatened*); ■ Deficiência de dados (*Deficient Data*); ■ DC. Desconhecido.

Espécie	Origem	Status de conservação
<i>Arrojadoa rhodantha</i> subsp. <i>aurispina</i> (Buining & Brederoo) P.J.Braun & Esteves	Endêmica do Brasil	LC
<i>Arrojadoa rhodantha</i> subsp. <i>reflexa</i> P.J.Braun	Endêmica do Brasil	LC
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Endêmica do Brasil	LC
<i>Coleocephalocereus aureus</i> F.Ritter	Endêmica do Brasil	LC
<i>Discocactus bahiensis</i> Britton & Rose	Endêmica do Brasil	VU
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw.	Américas, México até o sul da Argentina	LC
<i>Freilea schilinzkyana</i> (F.Haage ex K.Schum.) Britton & Rose	Brasil, Bolívia, Argentina e Paraguai	VU
<i>Harrisia adscendens</i> (Gürke) Britton & Rose	Endêmica do Brasil	LC

Espécie	Origem	Status de conservação
<i>Kroenlenda grussonii</i> (Hildm.) Lodé	Não nativa - México	EN
<i>Lepismium cruciforme</i> (Vell.) Miq.	Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai	LC
<i>Mammillaria prolifera</i> (Mill.) Haw.	Não nativa - México, USA, Cuba, República Dominicana e Haiti	LC
<i>Mammillaria spinosissima</i> Lem.	Não nativa - México	DD
<i>Melocactus azureus</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	EN
<i>Melocactus bahiensis</i> subsp. <i>amethystinus</i> (Buining & Brederoo) N.P.Taylor	Endêmica do Brasil	LC
<i>Melocactus conoideus</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	CR
<i>Melocactus ernestii</i> Vaupel	Endêmica do Brasil	LC
<i>Melocactus ferreophilus</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	CR
<i>Melocactus glaucescens</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	EN
<i>Melocactus inconcinus</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	LC
<i>Melocactus lanssensianus</i> P.J.Braun	Endêmica do Brasil	EN
<i>Melocactus oreas</i> subsp. <i>cremnophilus</i> (Buining & Brederoo) P.J.Braun	Endêmica do Brasil	LC
<i>Melocactus paucispinus</i> Heimen & R.J.Paul	Endêmica do Brasil	VU
<i>Melocactus pruinosus</i> Werderm.	Endêmica do Brasil	LC

Espécie	Origem	Status de conservação
<i>Melocactus violaceus</i> subsp. <i>margaritaceus</i> N.P.Taylor	Endêmica do Brasil	VU
<i>Melocactus violaceus</i> subsp. <i>violaceus</i> Pfeiff.	Endêmica do Brasil	VU
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Endêmica do Brasil	LC
<i>Micranthocereus flaviflorus</i> Buining & Brederoo	Endêmica do Brasil	NT
<i>Micranthocereus polyanthus</i> (Werderm.) Backeb.	Endêmica do Brasil	EN
<i>Opuntia cochenillifera</i> (L.) Salm-Dyck.	Não nativa - México	DD
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw.	Não nativa - México	DC
<i>Pilosocereus catingicola</i> subsp. <i>catigicola</i> (Gürke) Byles & G.D.Rowley	Endêmica do Brasil	LC
<i>Pilosocereus glaucochrous</i> (Werderm.) Byles & G.D.Rowley	Endêmica do Brasil	VU
<i>Rhipsalis baccifera</i> (J.S.Muell.) Stearn	Continente Americano e África	LC
<i>Rhipsalis floccosa</i> Salm-Dyck ex Pfeiff	América do Sul	LC
<i>Rhipsalis lindbergiana</i> K.Schum.	Endêmica do Brasil	LC
<i>Rhodocactus bahiensis</i> (Gürke) I.Asai & K.Miyata	Endêmica do Brasil	LC
<i>Rhodocactus grandifolius</i> (Haw.) F.M.Knuth	Endêmica do Brasil	LC
<i>Selenicereus monacanthus</i> (Lem.) D.R.Hunt	Não nativa - sul da América Central e norte da América do Sul	LC

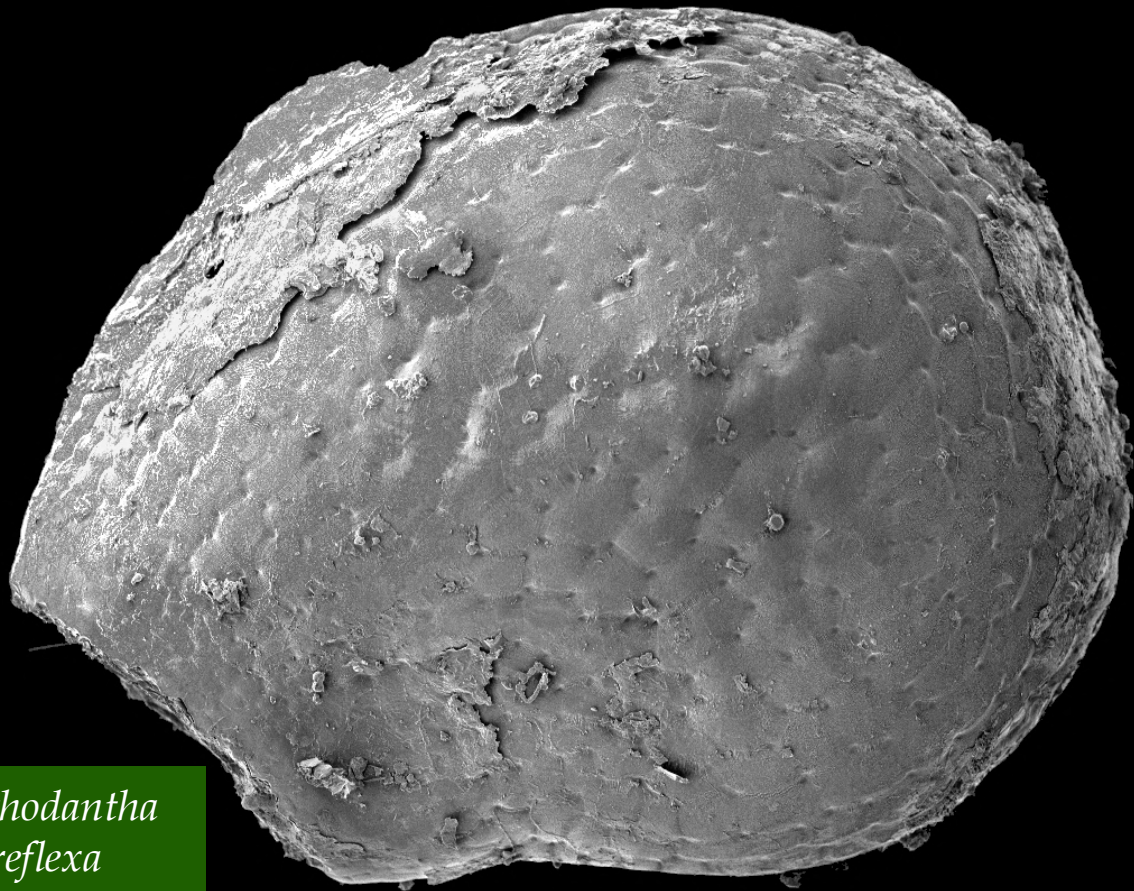
Espécie	Origem	Status de conservação
<i>Tacinga armata</i> J.G.Freitas & E.M.Almeida	Endêmica do Brasil	VU
<i>Tacinga braunii</i> Esteves	Endêmica do Brasil	VU
<i>Tacinga gladiospina</i> J.G.Freitas & E.M.Almeida	Endêmica do Brasil	VU
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	Endêmica do Brasil	LC
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	Endêmica do Brasil	LC
<i>Tacinga subcylindrica</i> (M.Machado & N.P.Taylor) M.Machado & N.P.Taylor	Endêmica do Brasil	EN
<i>Tacinga wernerii</i> (Eggli) N.P.Taylor & Stuppy	Endêmica do Brasil	LC
<i>Tacinga</i> × <i>flammea</i> J.G.Freitas & E.M.Almeida	Endêmica do Brasil	CR
<i>Tacinga</i> × <i>quipa</i> (F.A.C.Weber) N.P.Taylor & Stuppy	Endêmica do Brasil	LC
<i>Xiquexique gounellei</i> subsp. <i>gounellei</i> (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Lavor & Calvente	Endêmica do Brasil	LC
<i>Xiquexique gounellei</i> subsp. <i>zehntneri</i> (Britton & Rose) Lavor & Calvente	Endêmica do Brasil	LC



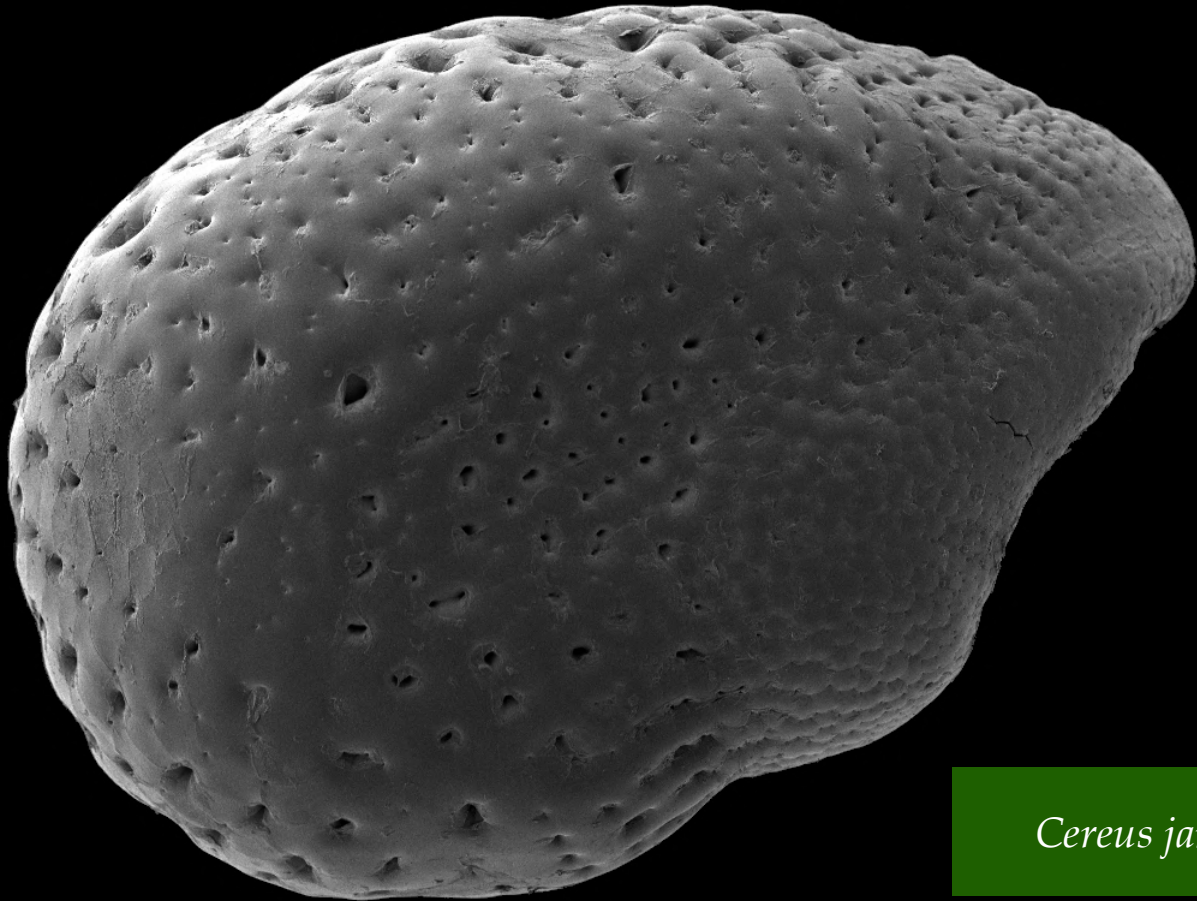
15

Arrojadoa rhodantha
subsp. *auriespina*

16



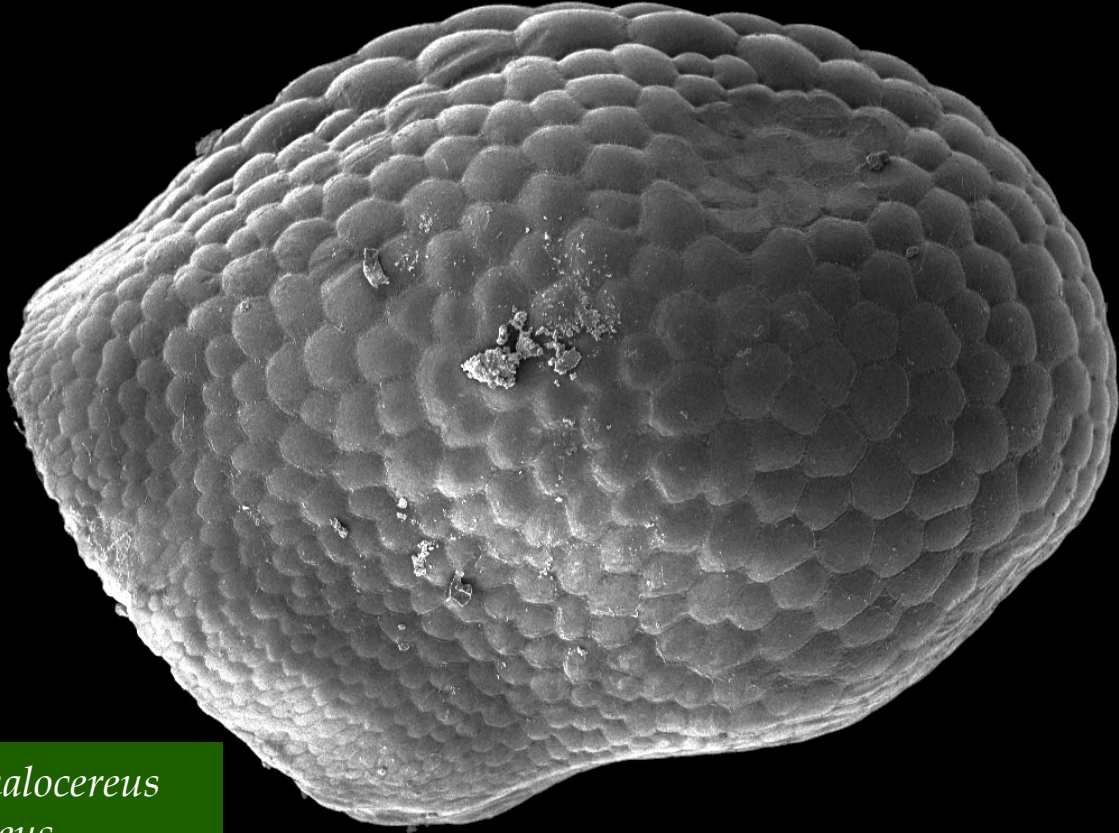
Arrojadoa rhodantha
subsp. *reflexa*



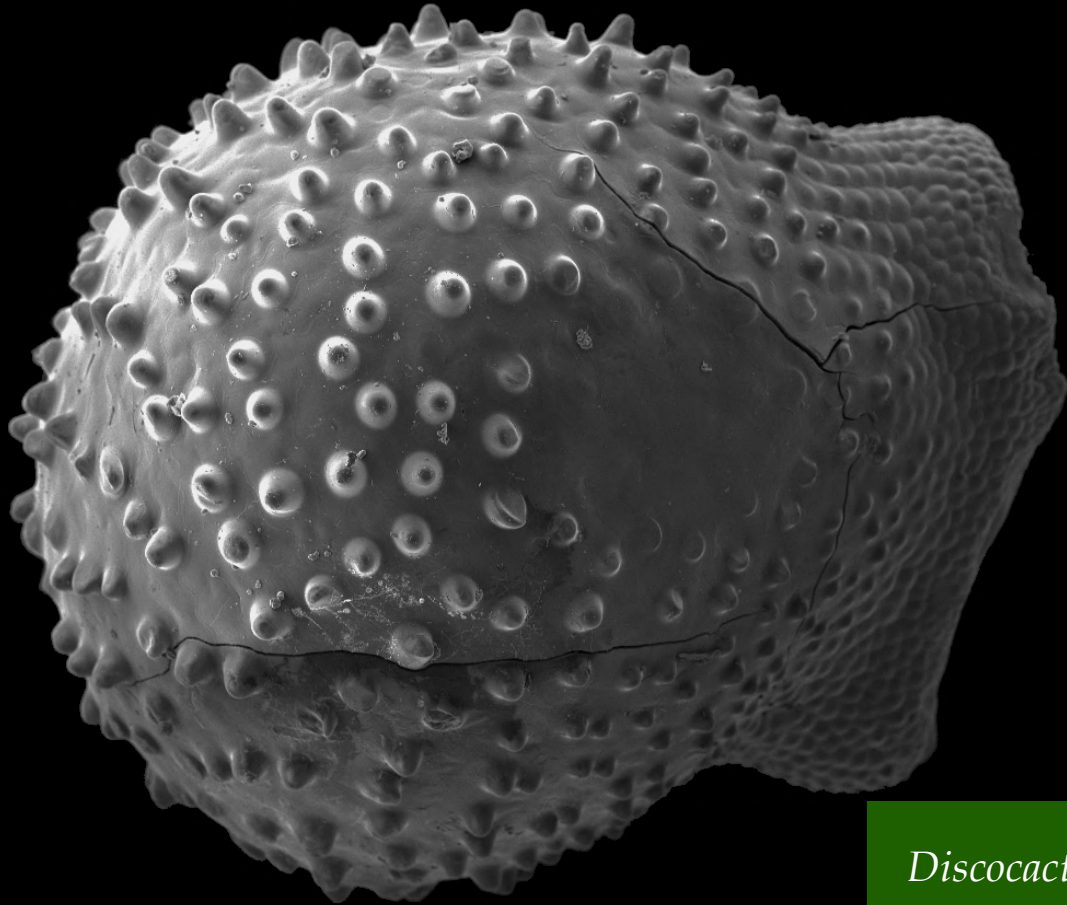
17

Cereus jamacaru

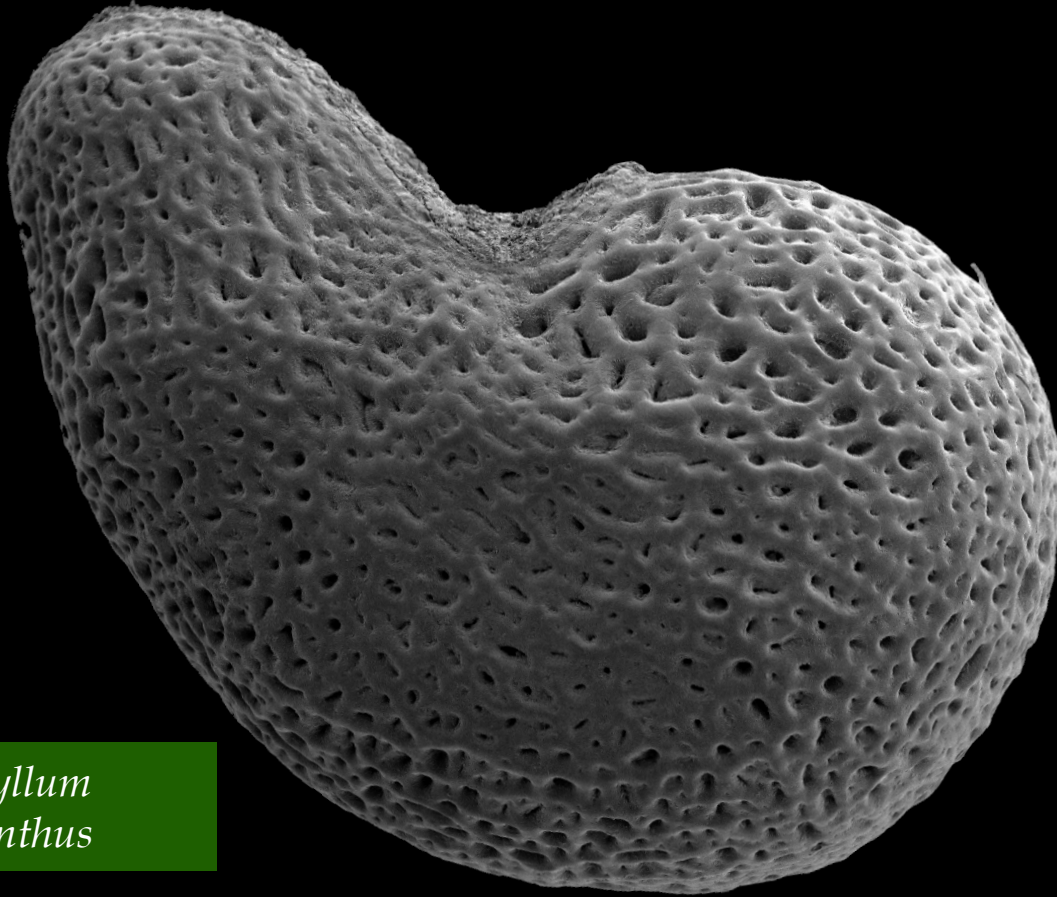
18

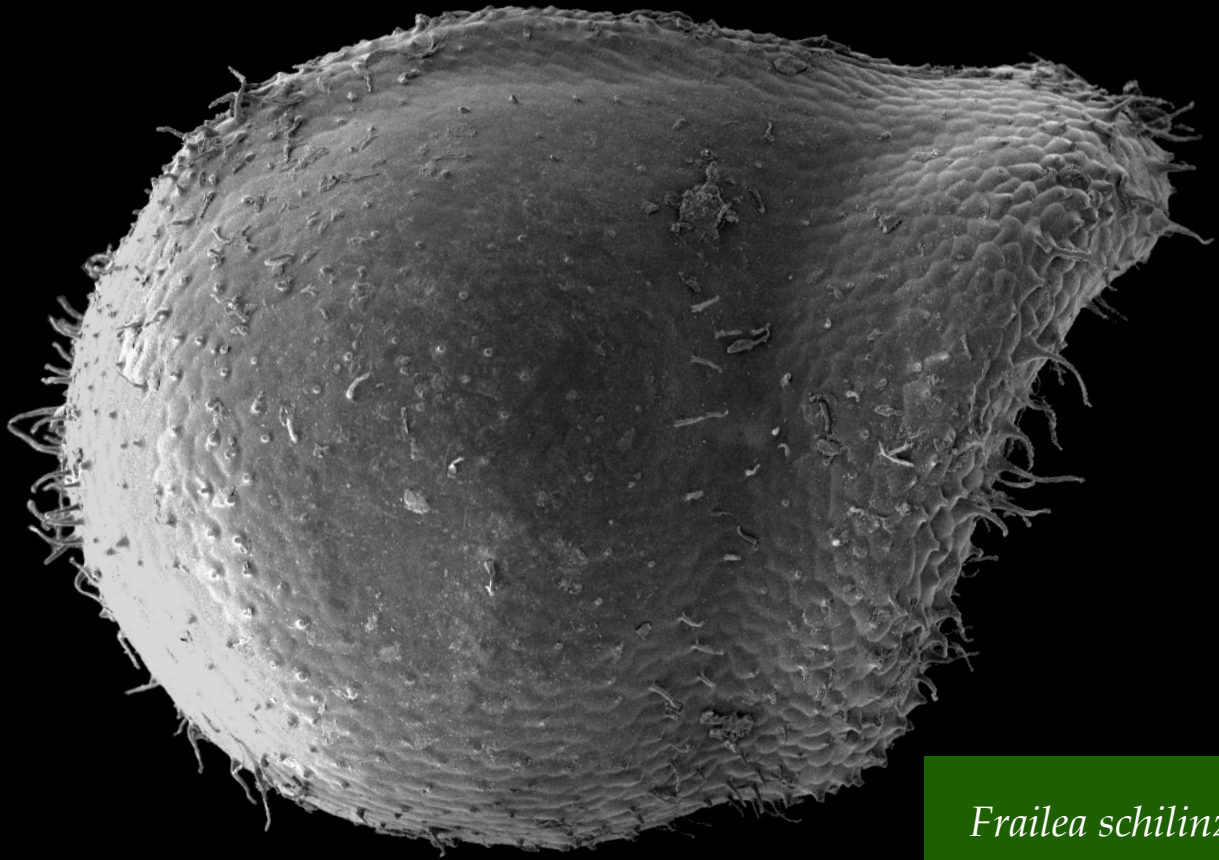


Coleocephalocereus
aureus



*Epiphyllum
phyllanthus*





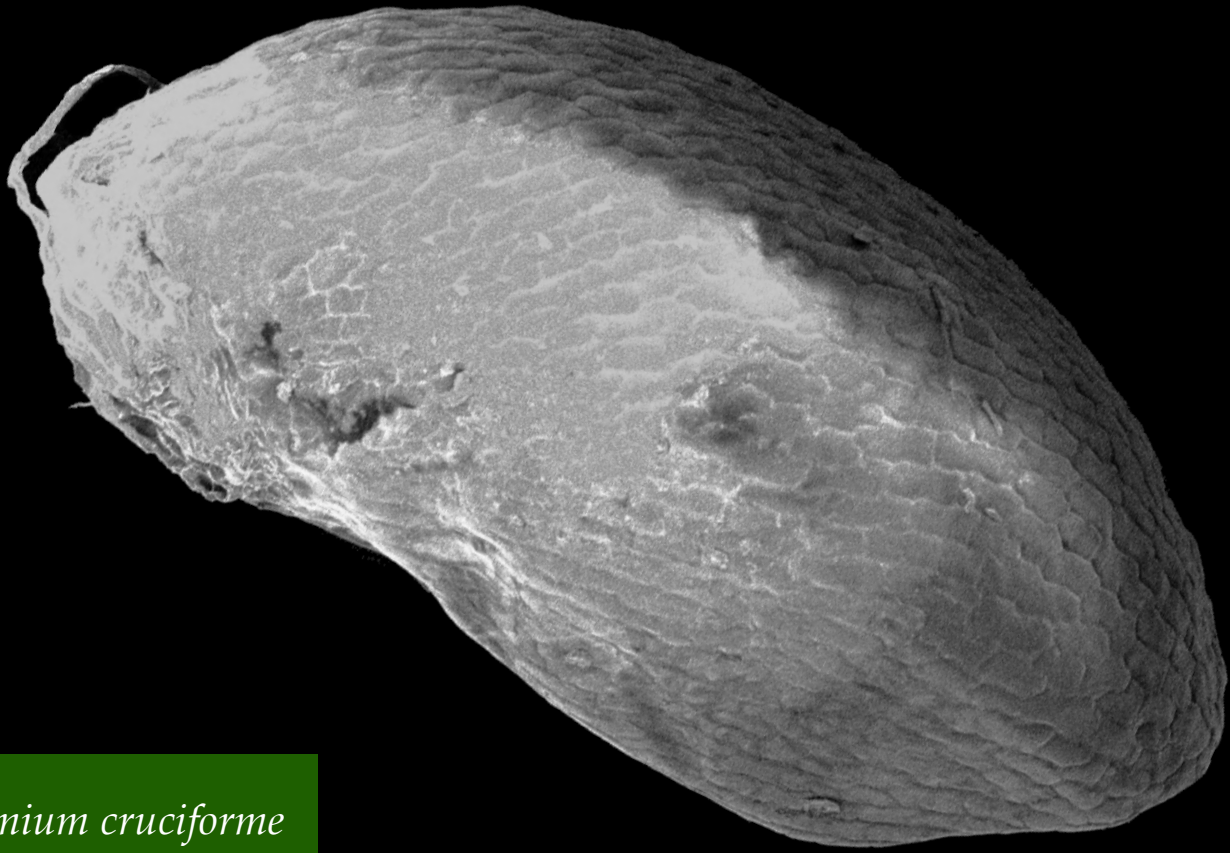


Harrisia adscendens

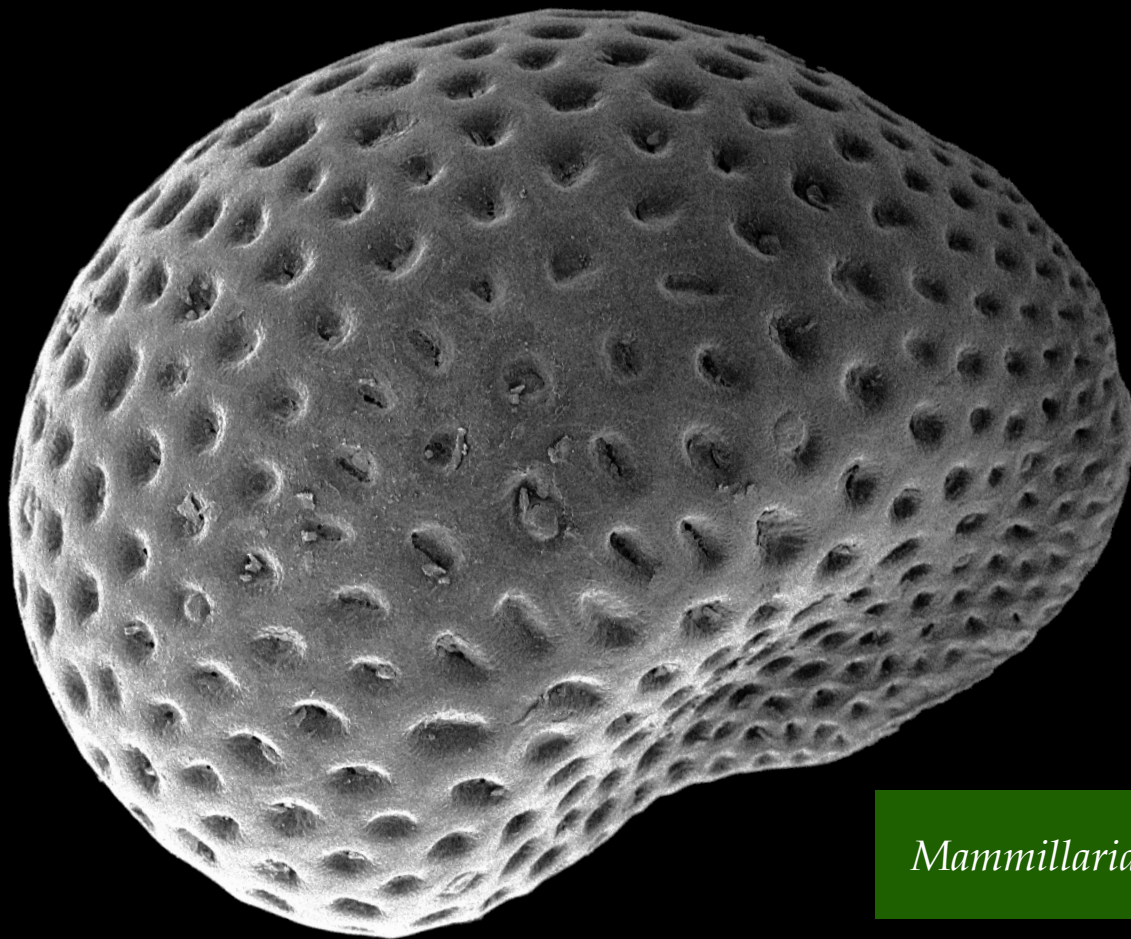


23

Kroenlencia grussonii



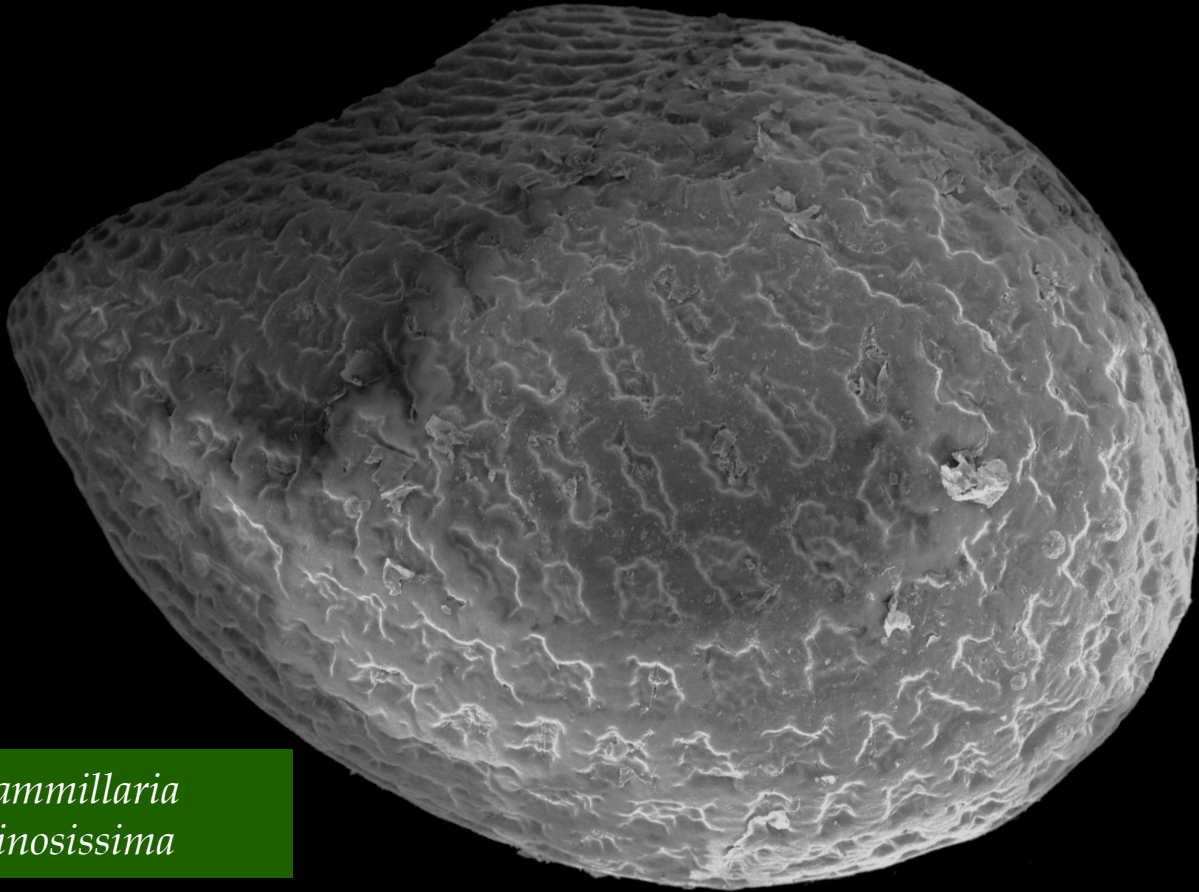
Lepismium cruciforme



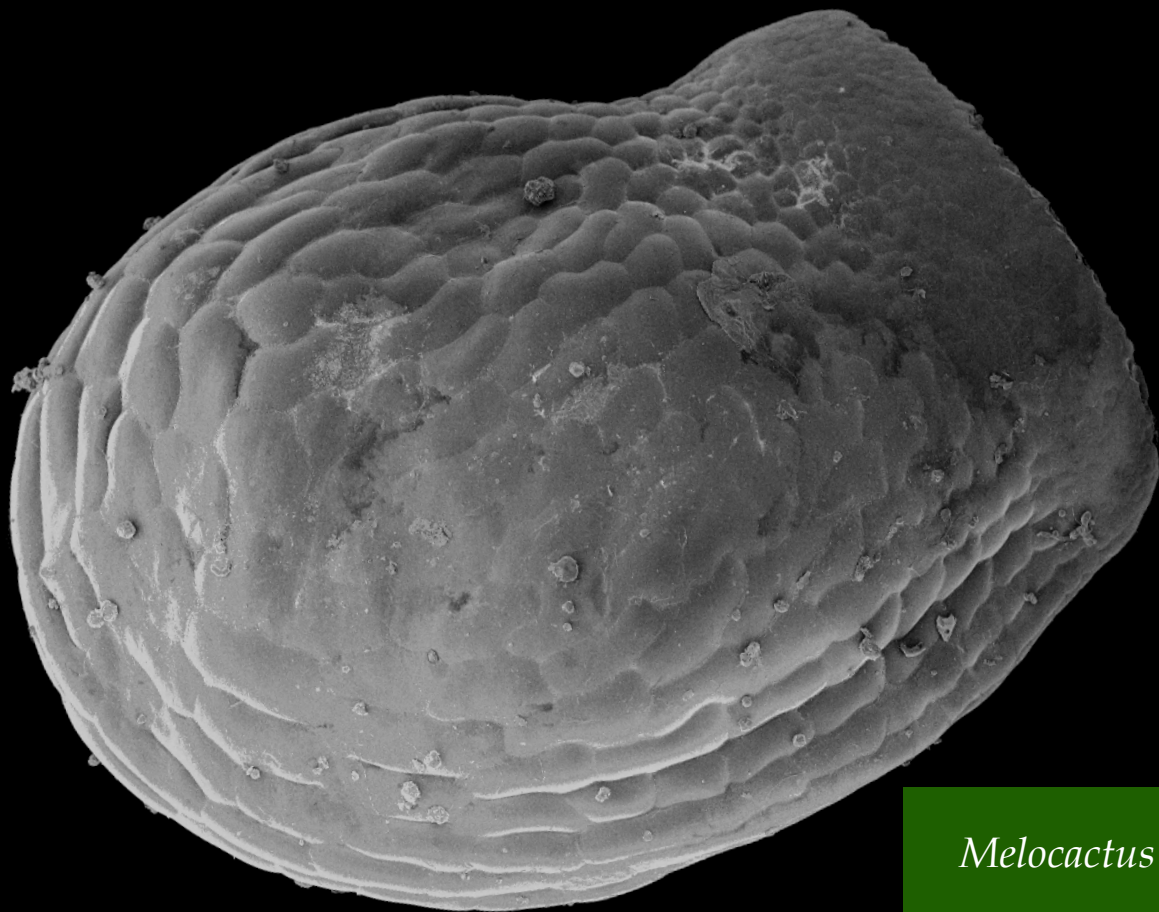
25

Mammillaria prolifera

26



*Mammillaria
spinosissima*



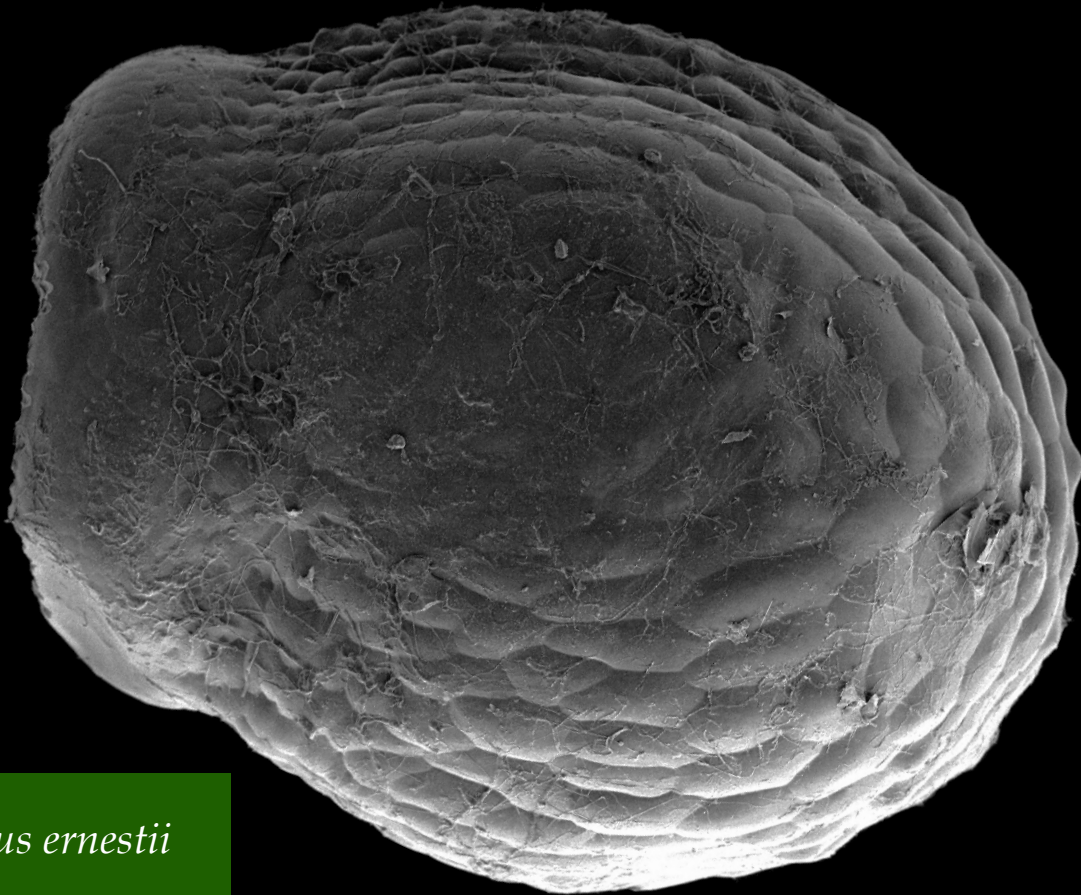
27

Melocactus azureus



Melocactus bahiensis
subsp. *amethystinus*





Melocactus ernestii



31

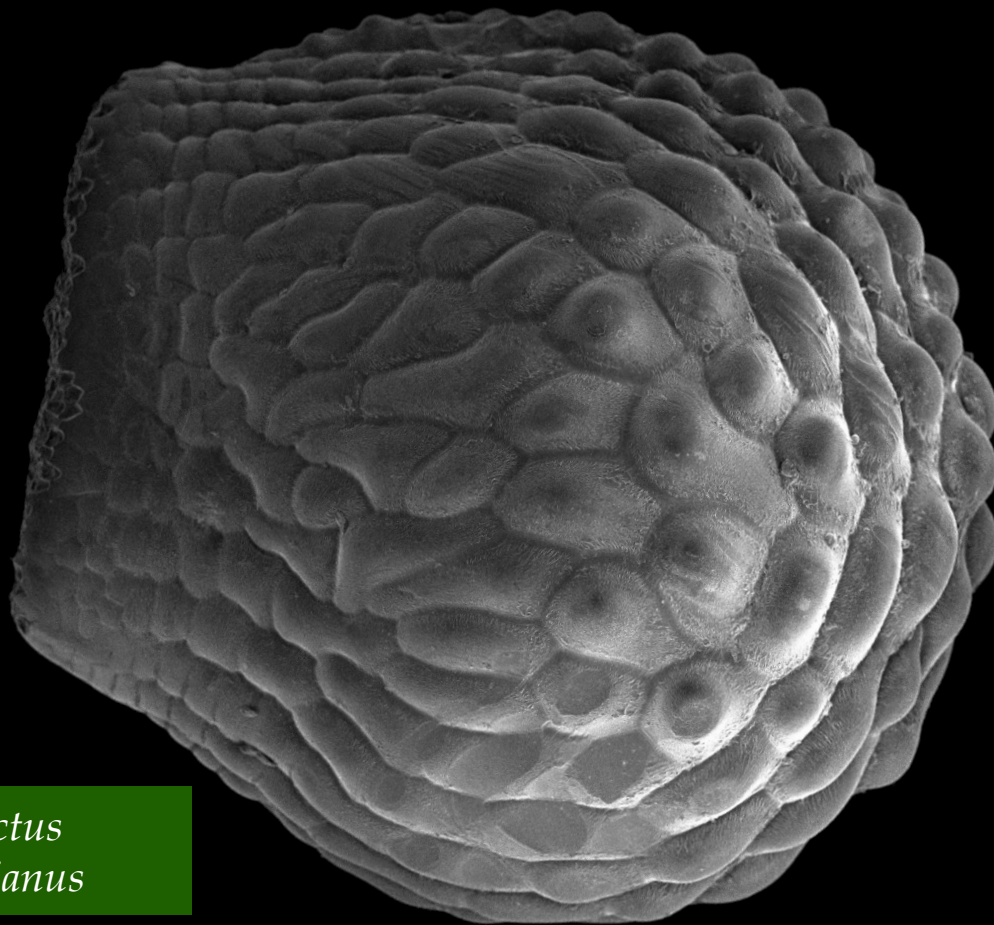
Melocactus ferreophilus

32

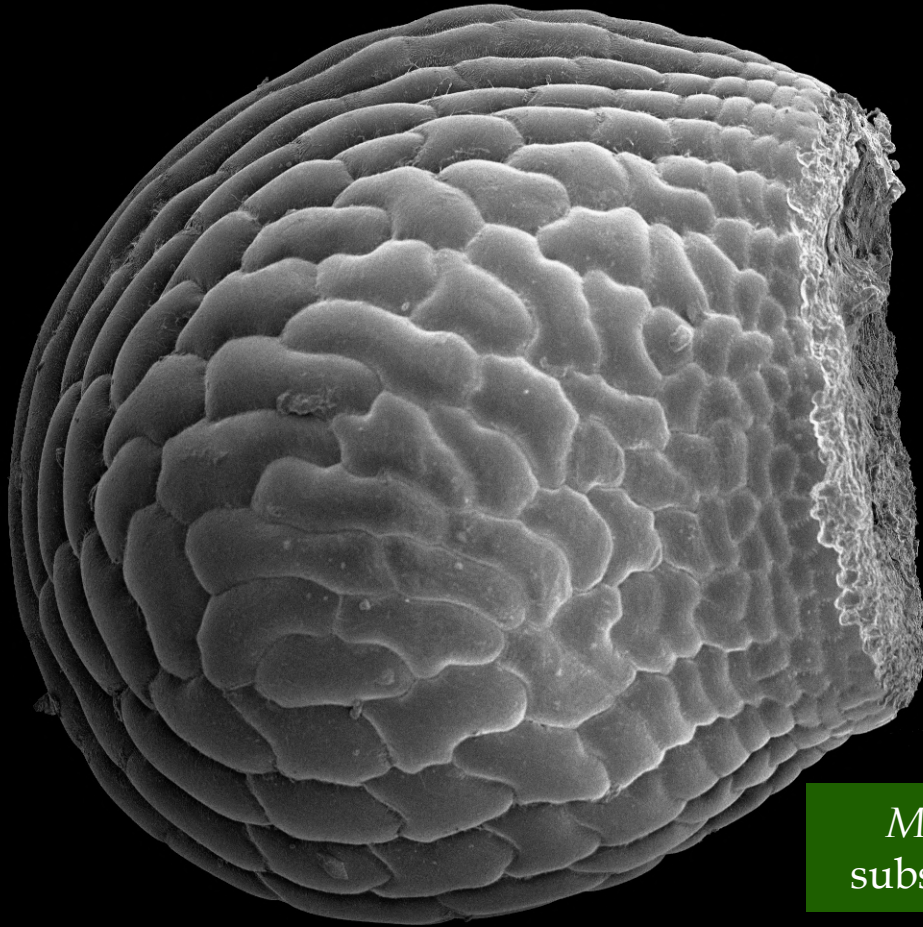


Melocactus glaucescens

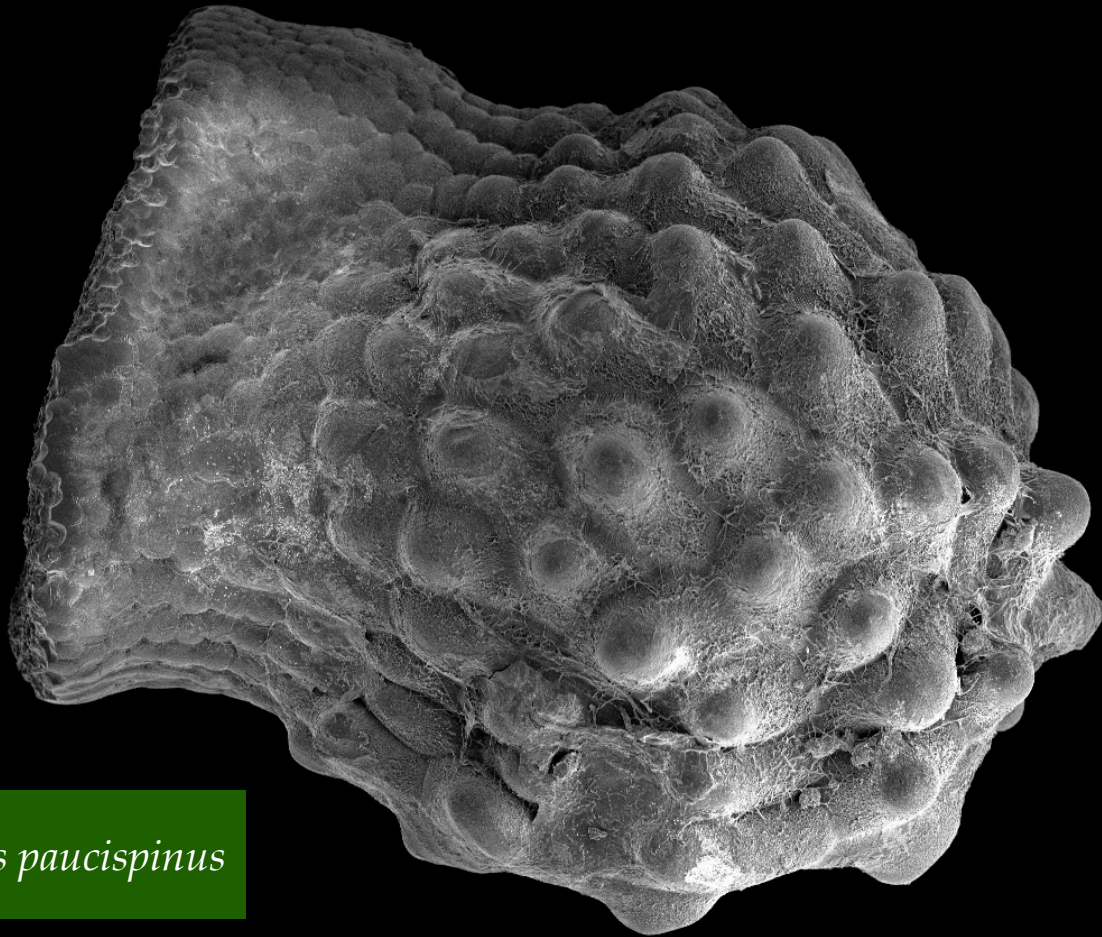




*Melocactus
lanssensianus*



Melocactus oreas
subsp. *cremnophilus*



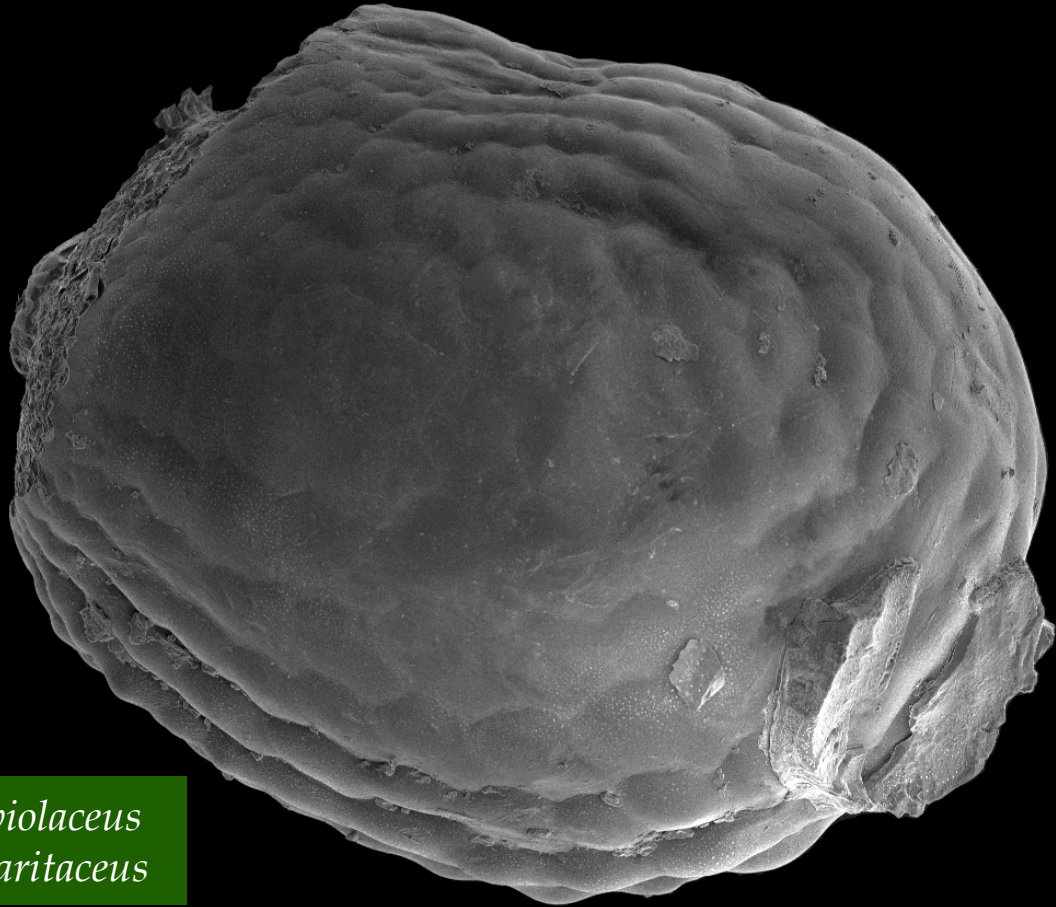
Melocactus paucispinus



37

Melocactus pruinosus

38



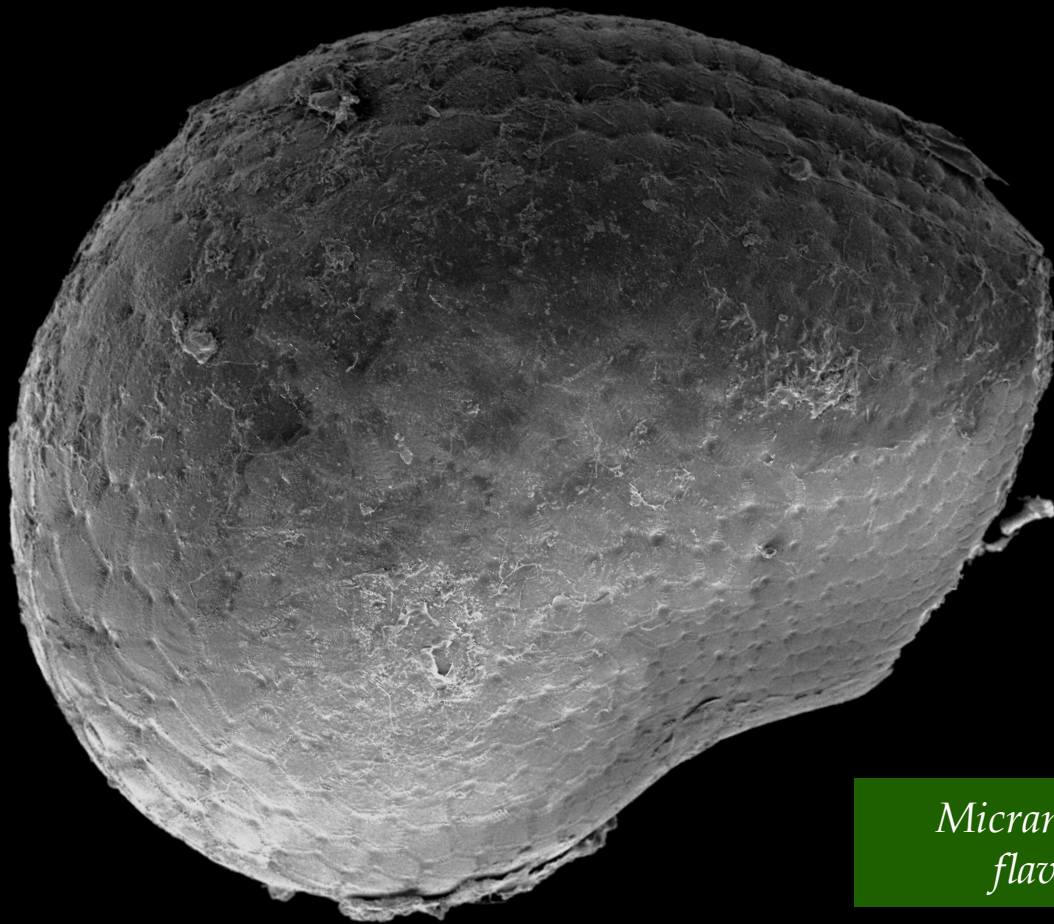
Melocactus violaceus
subsp. *margaritaceus*



Melocactus violaceus
subsp. *violaceus*

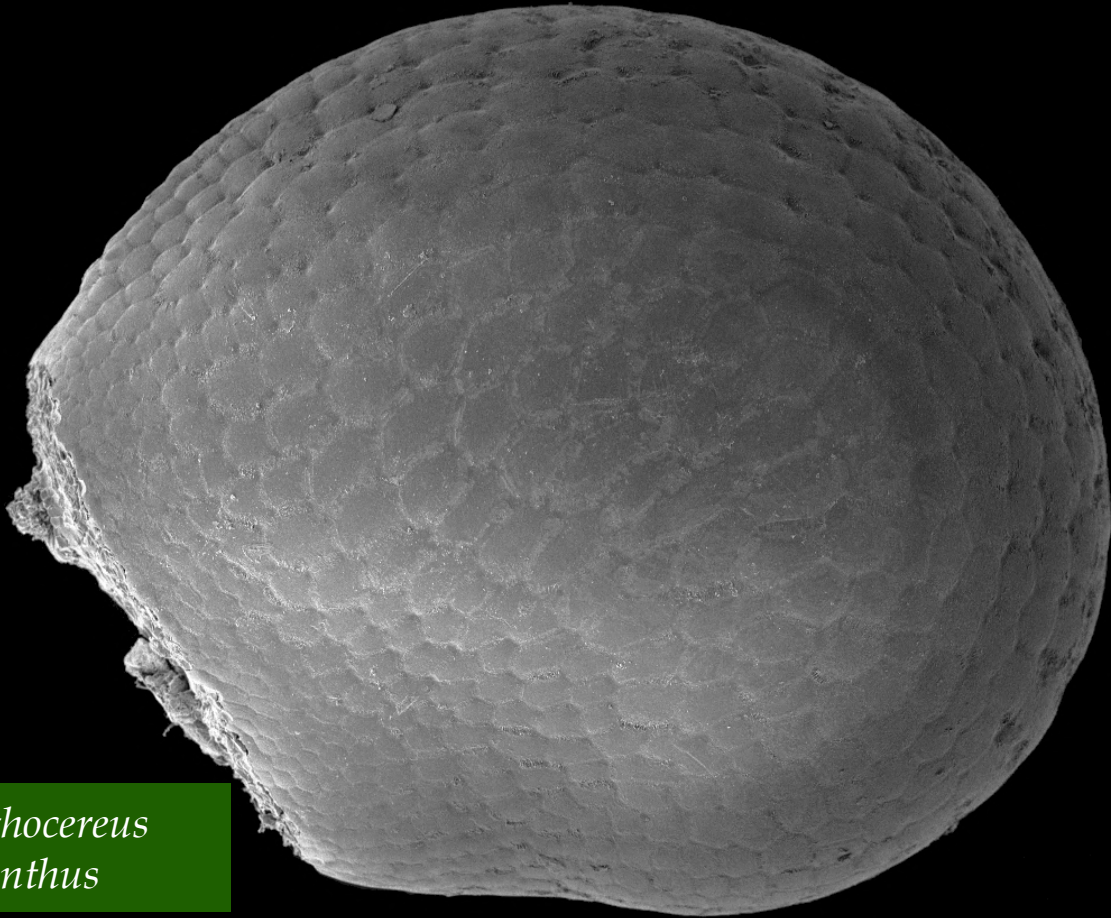


Melocactus zehntneri

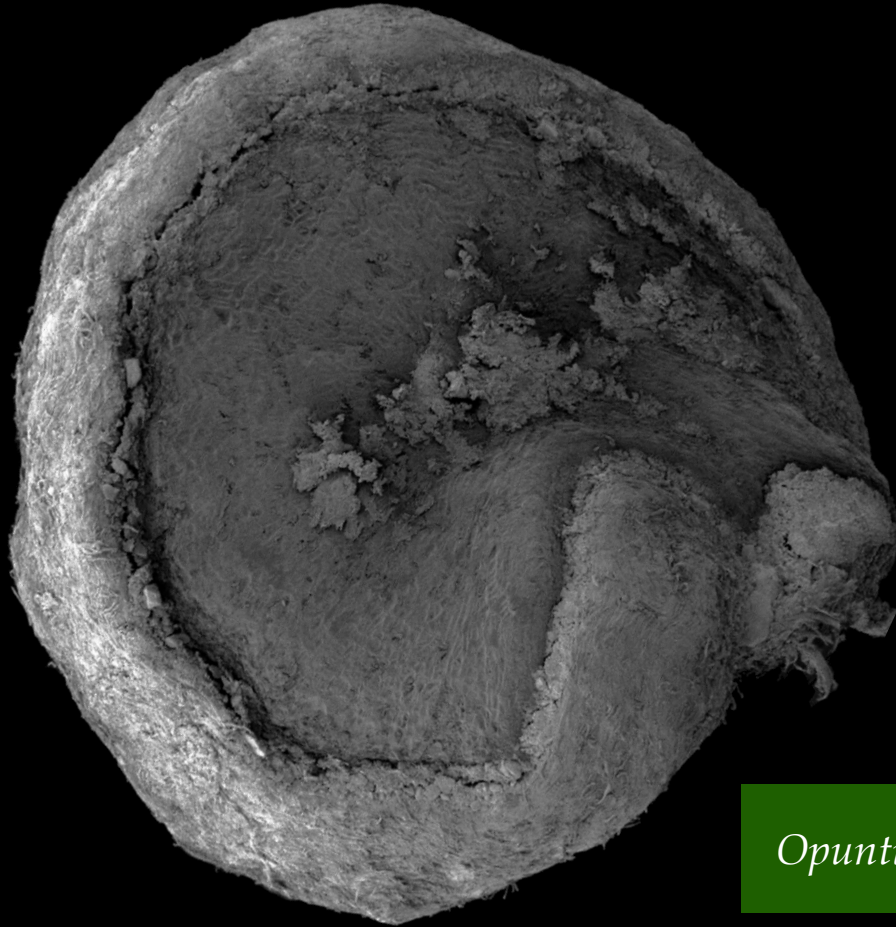


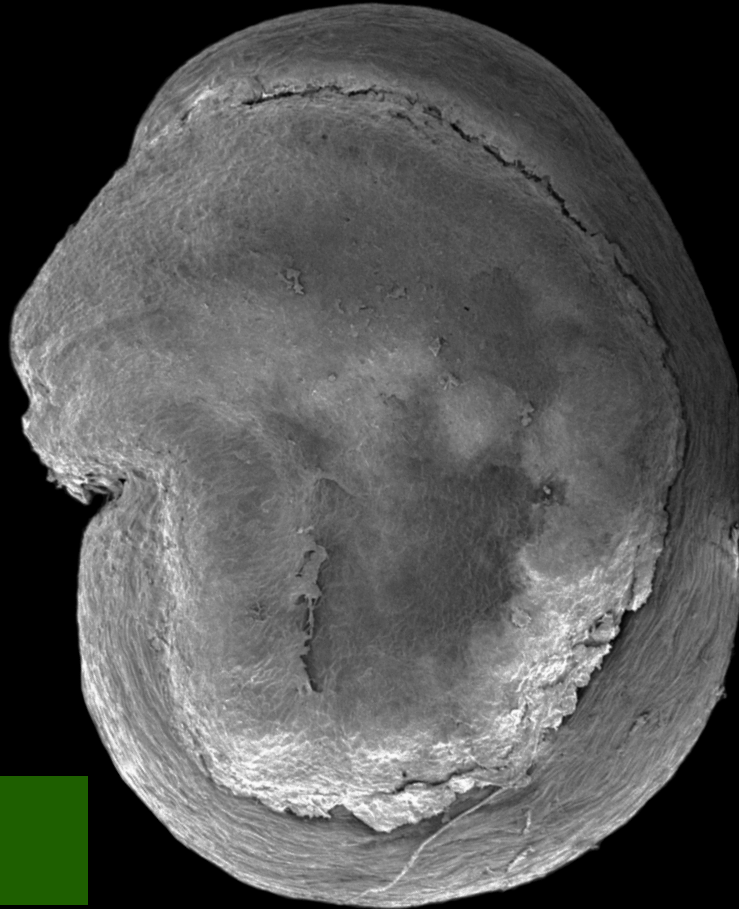
41

*Micranthocereus
flaviflorus*

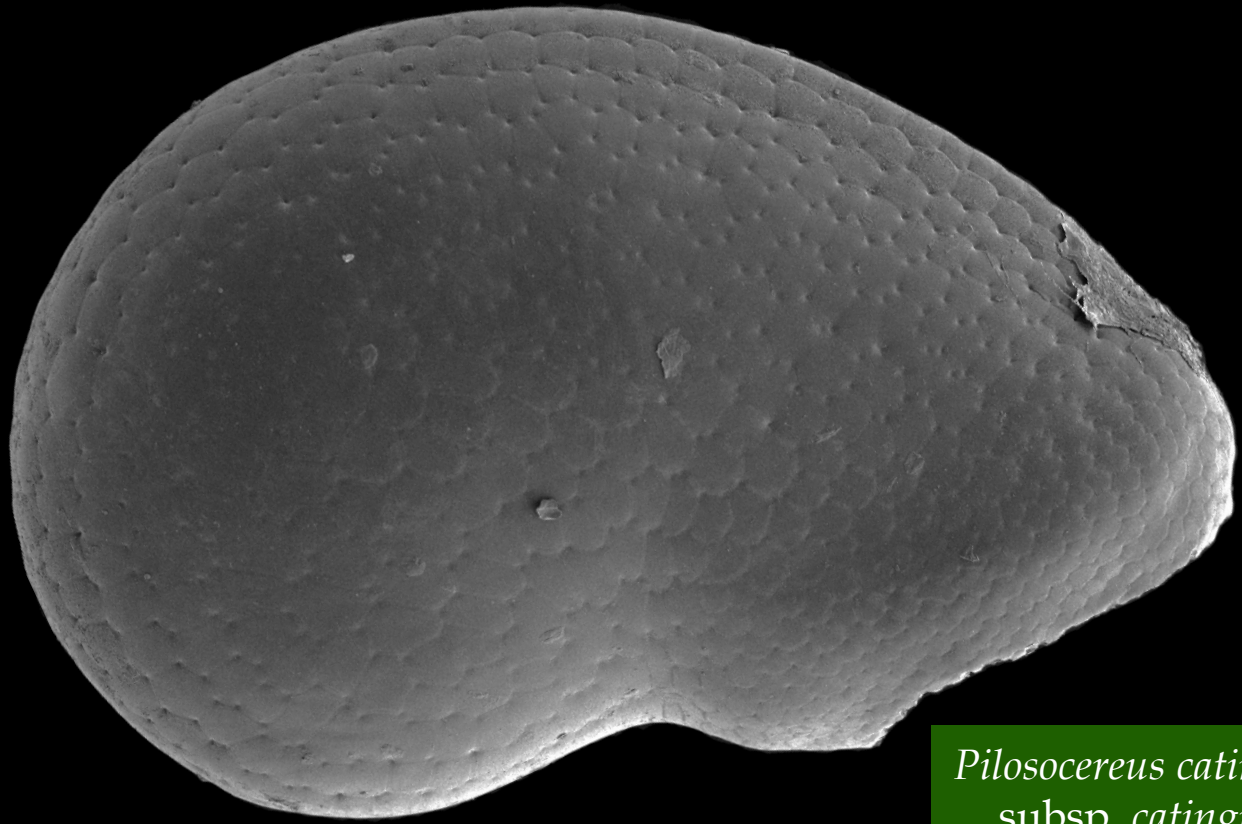


Micranthocereus
polyanthus





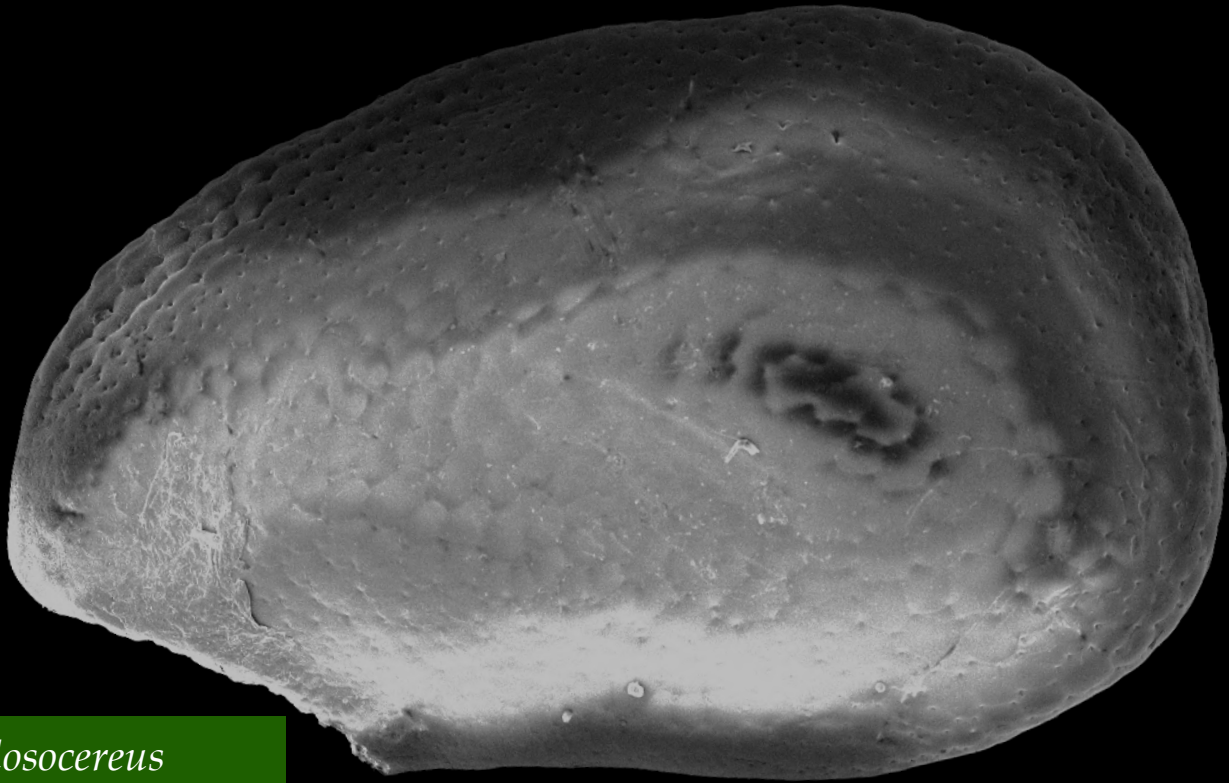
Opuntia dillenii



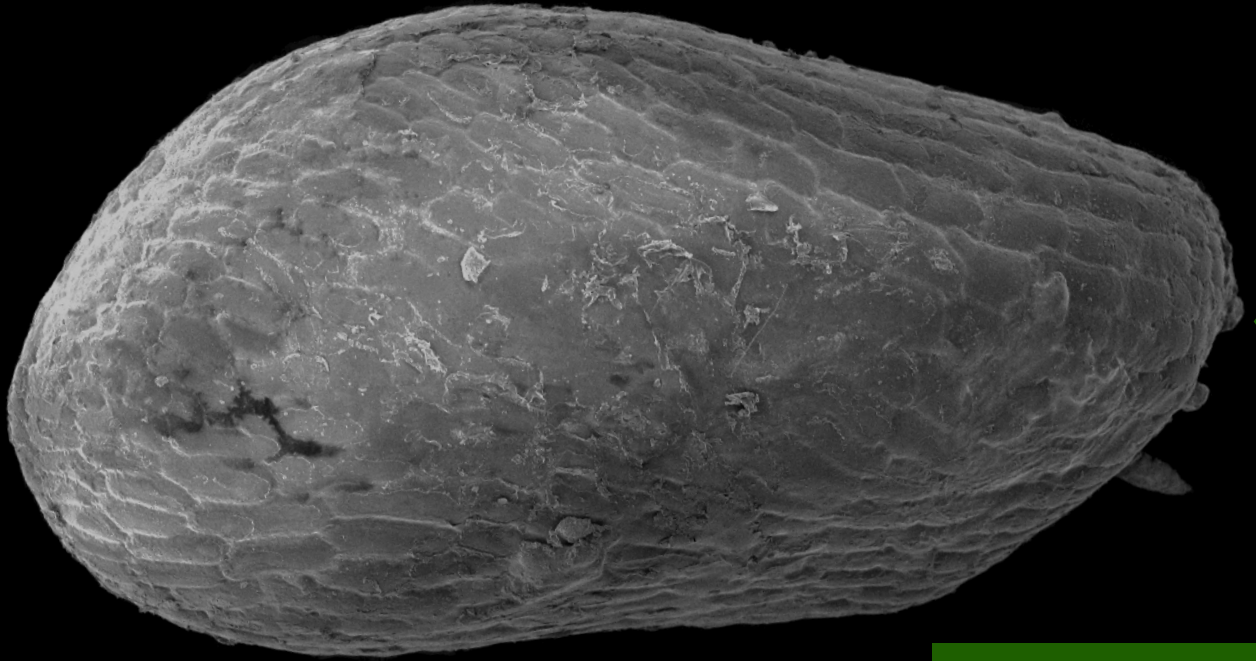
45

Pilosocereus catingicola
subsp. *catingicola*

46

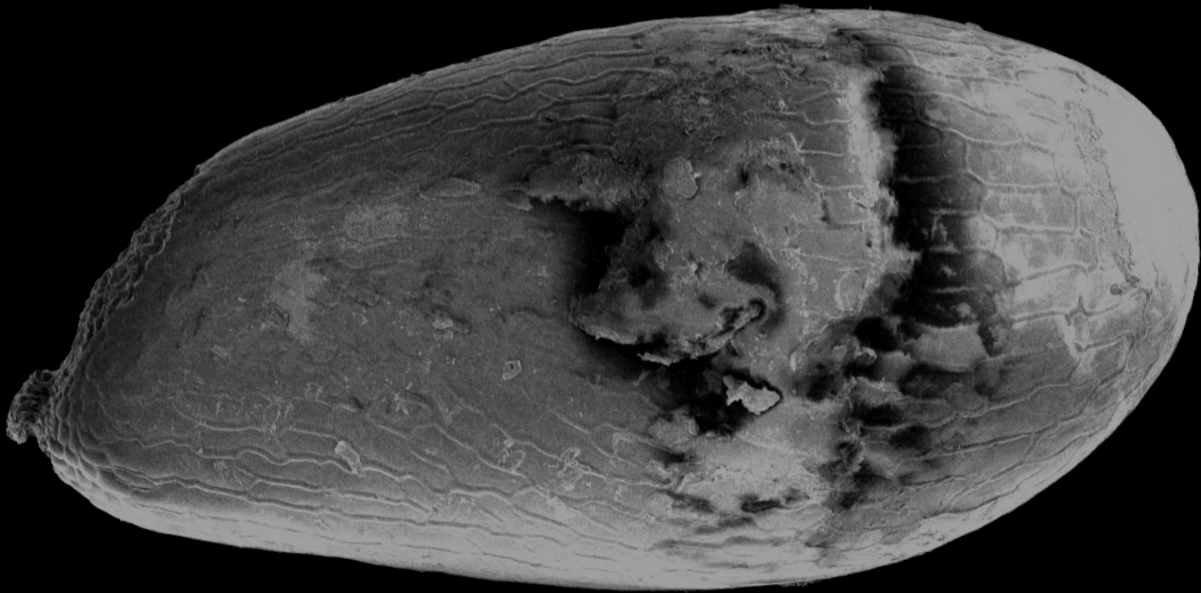


Pilosocereus
glaucochrous

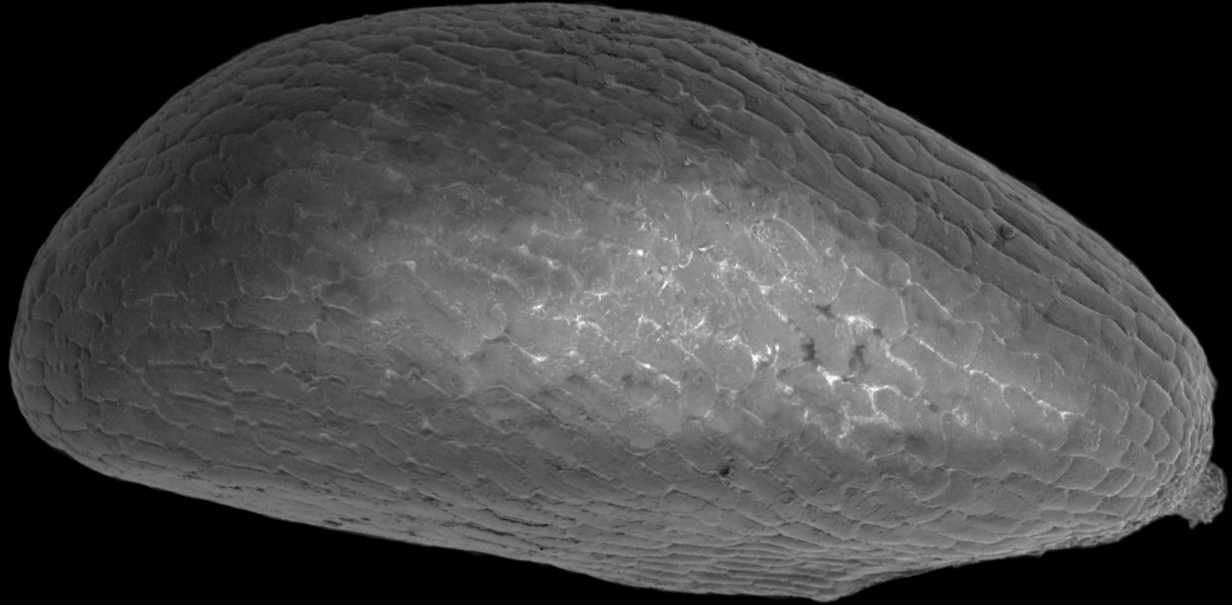


47

Rhipsalis baccifera



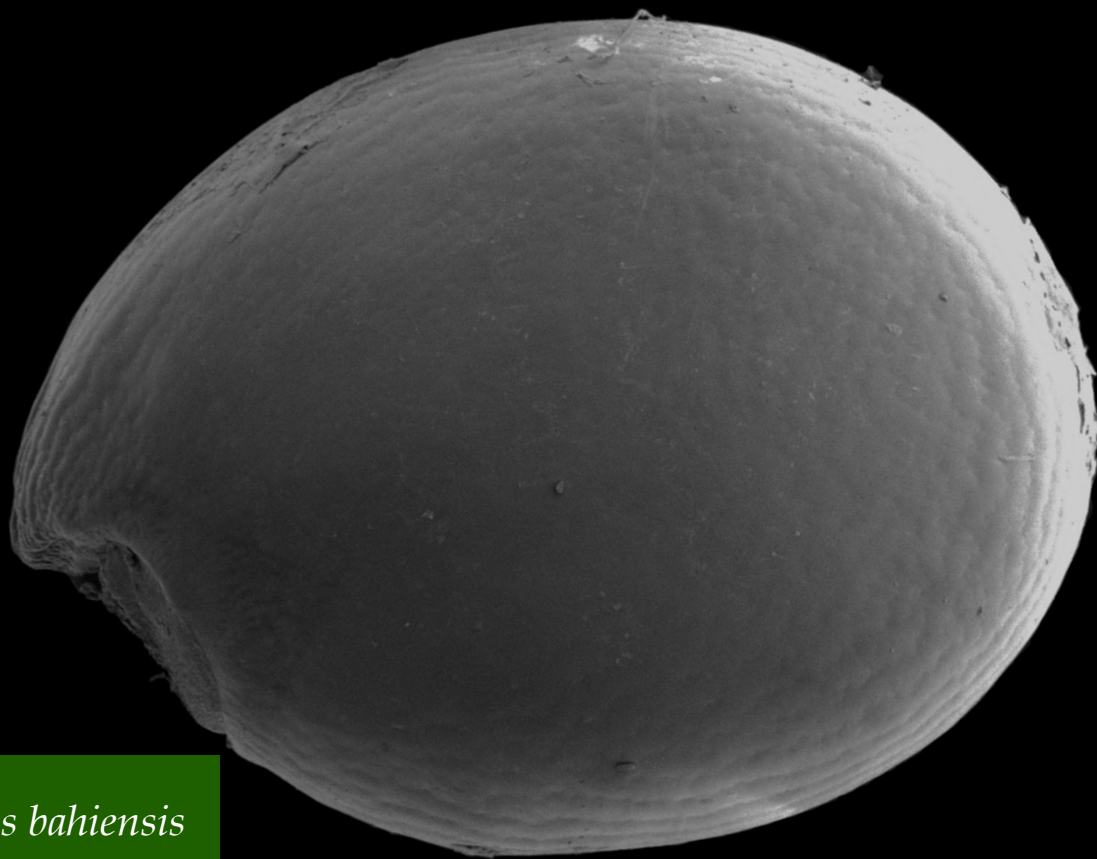
Rhipsalis floccosa



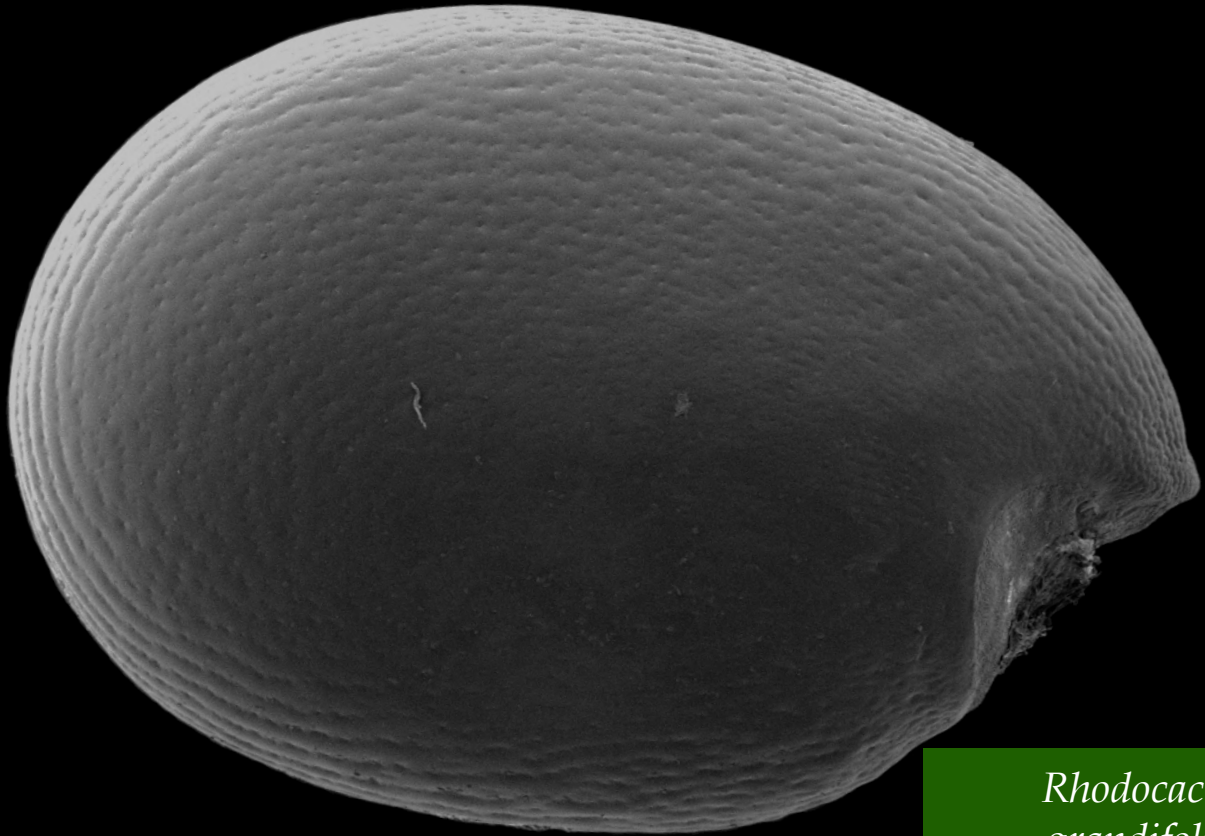
49

Rhipsalis lindbergiana

50



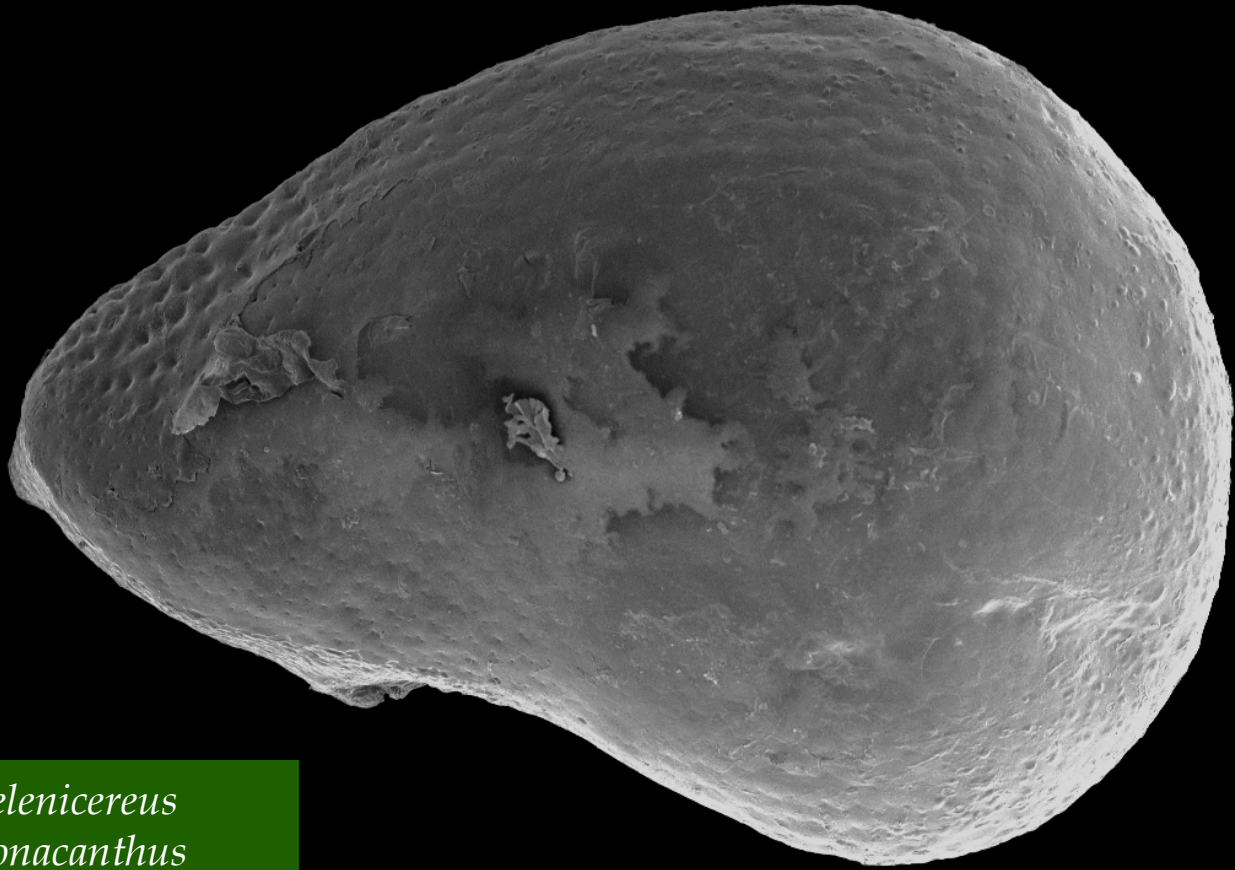
Rhodocactus bahiensis



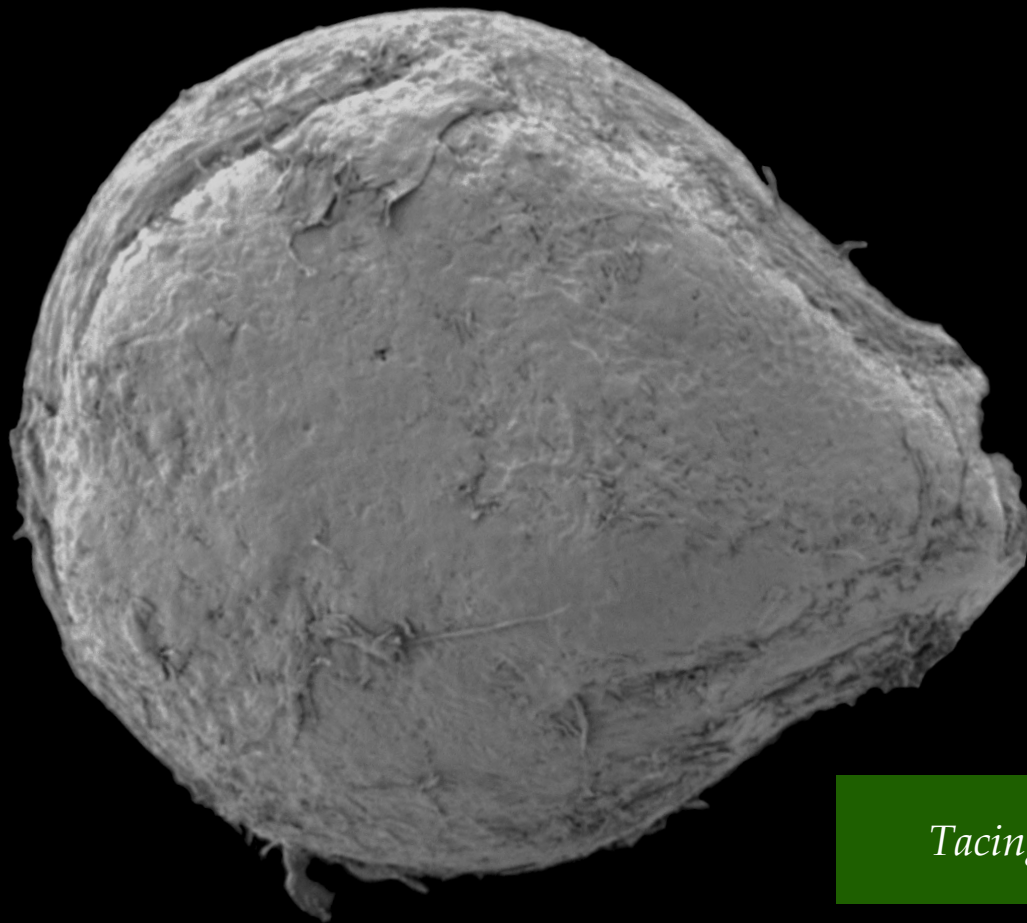
51

*Rhodocactus
grandifolius*

52



*Selenicereus
monacanthus*



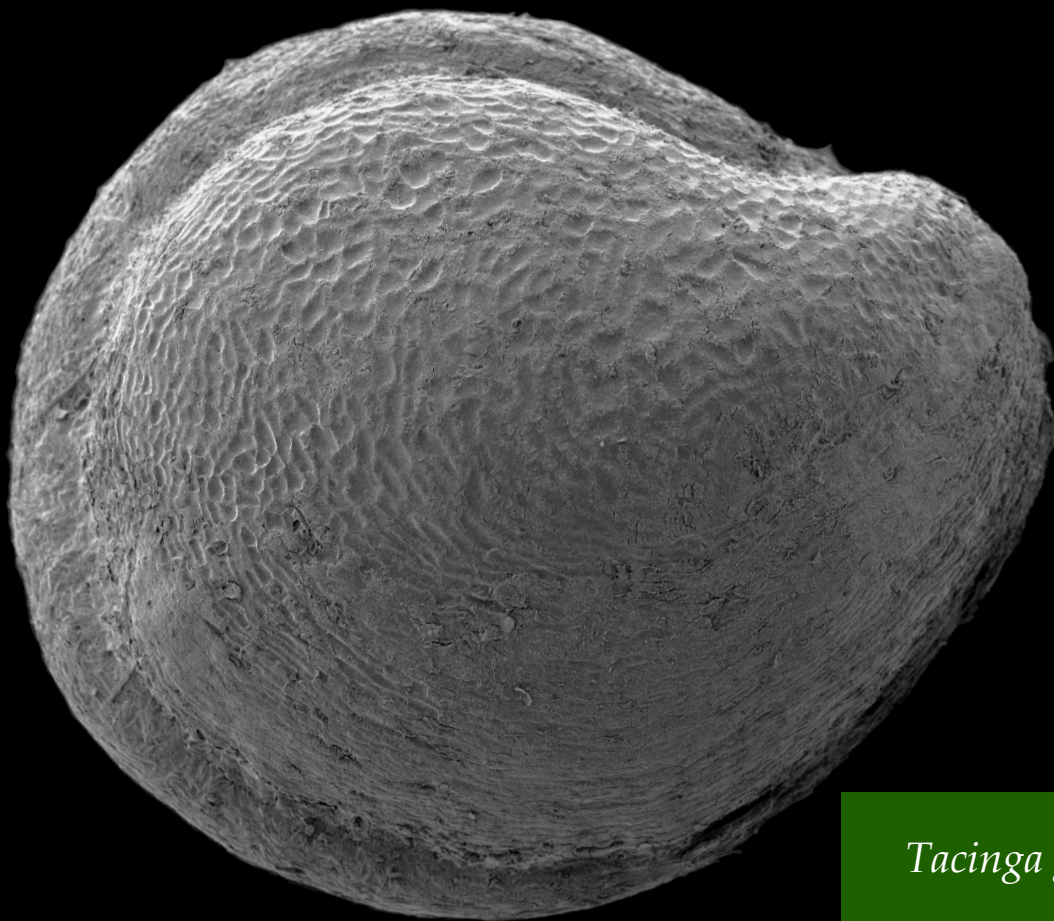
53

Tacinga armata

54

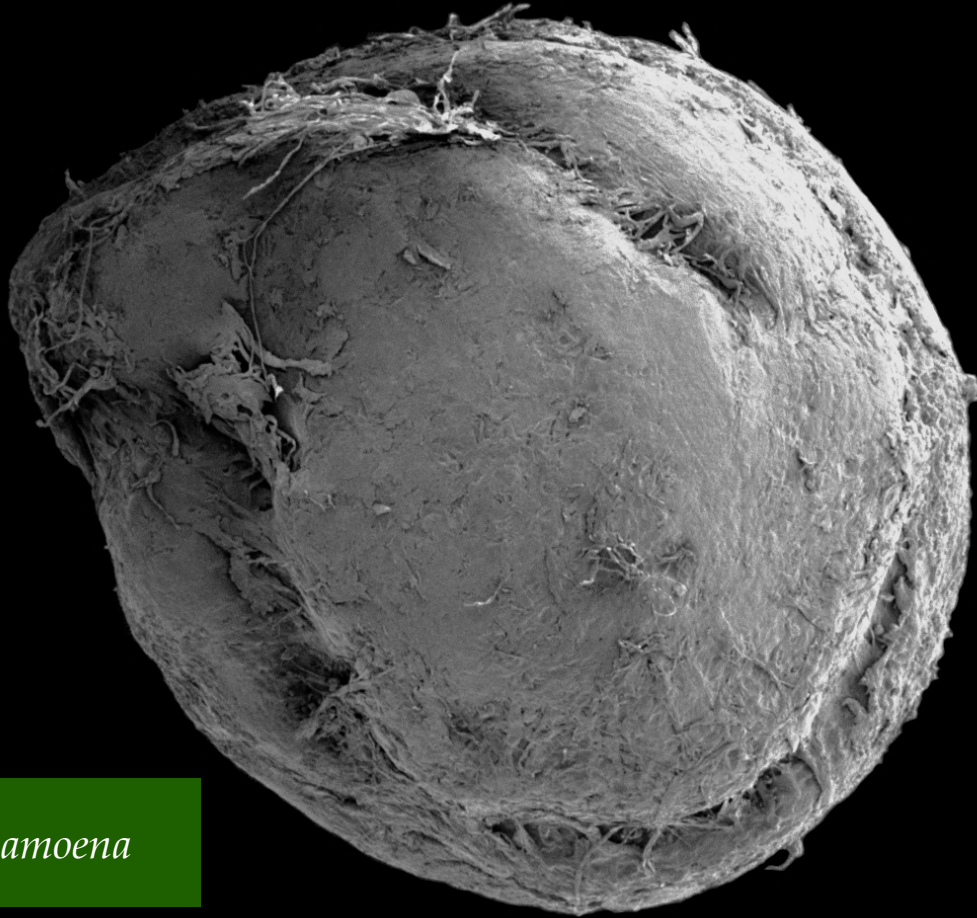


Tacinga braunii



55

Tacinga gladiospina



Tacinga inamoena



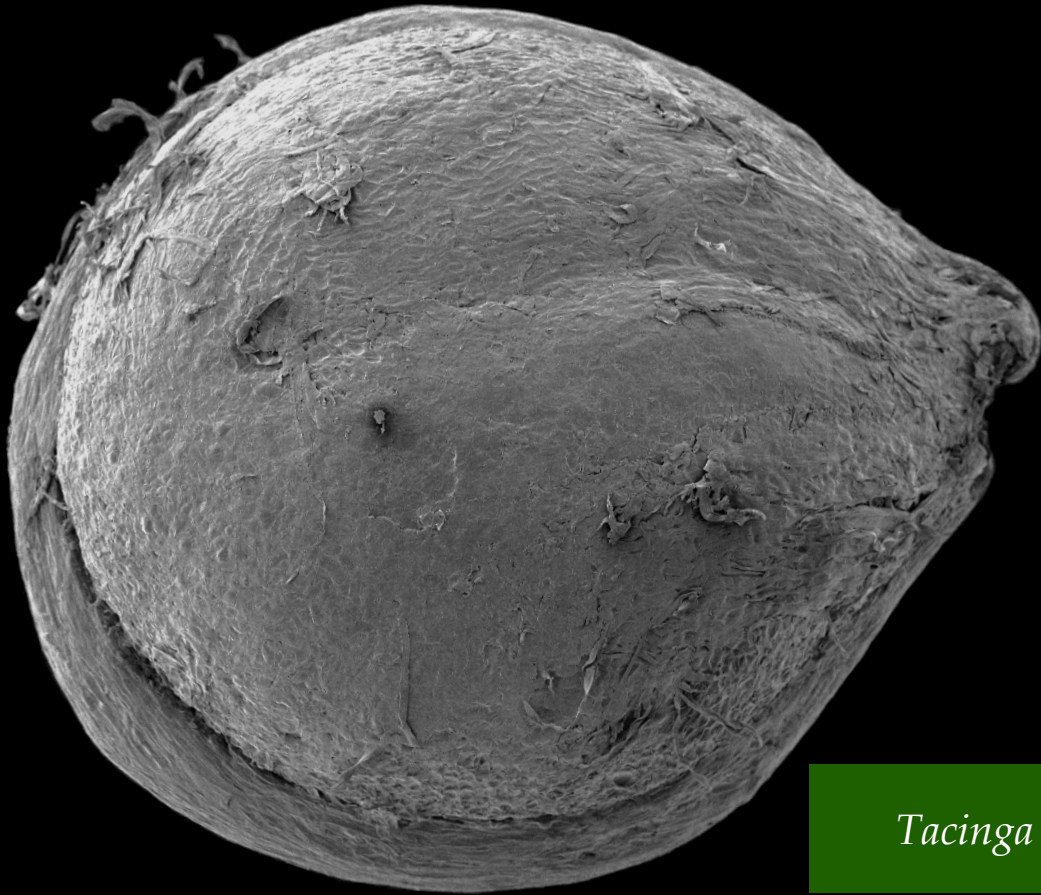
57

Tacinga palmadora

58



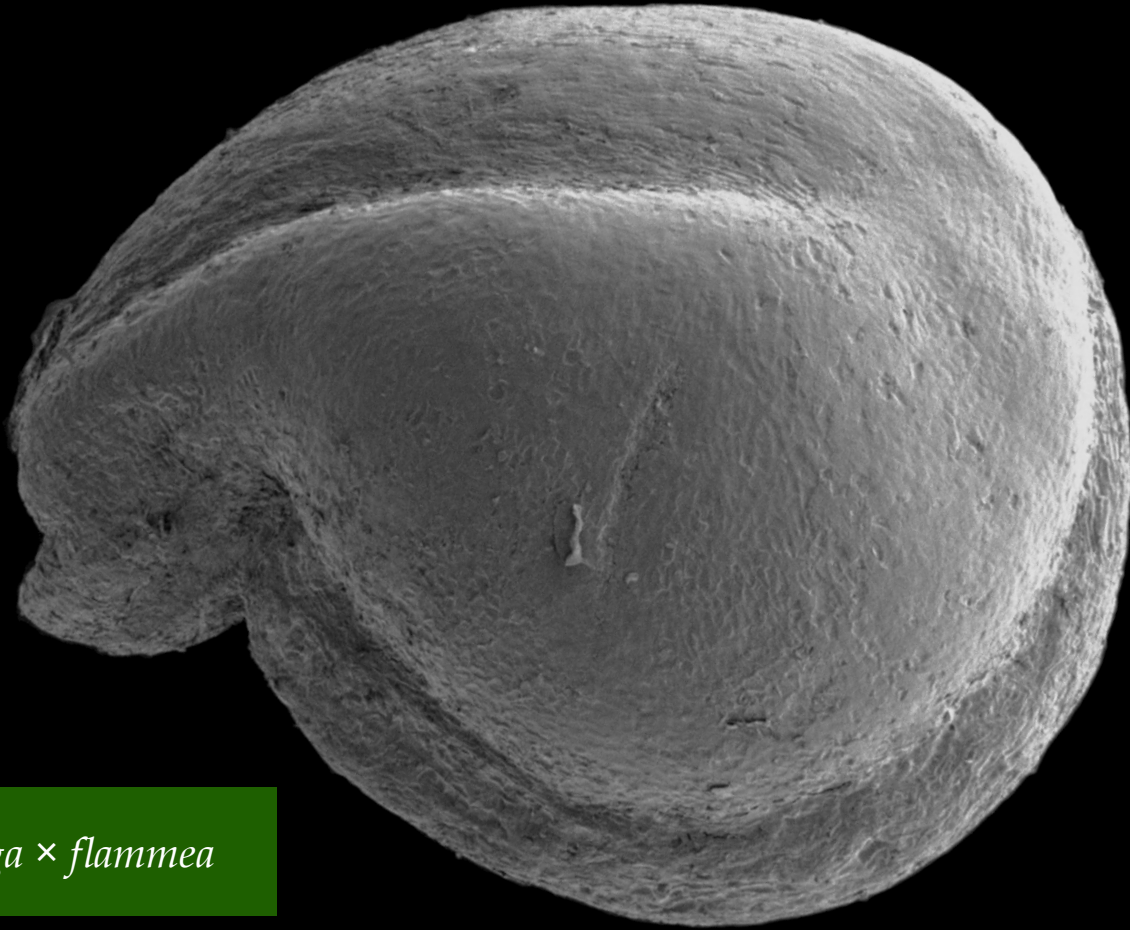
Tacinga subcylindrica



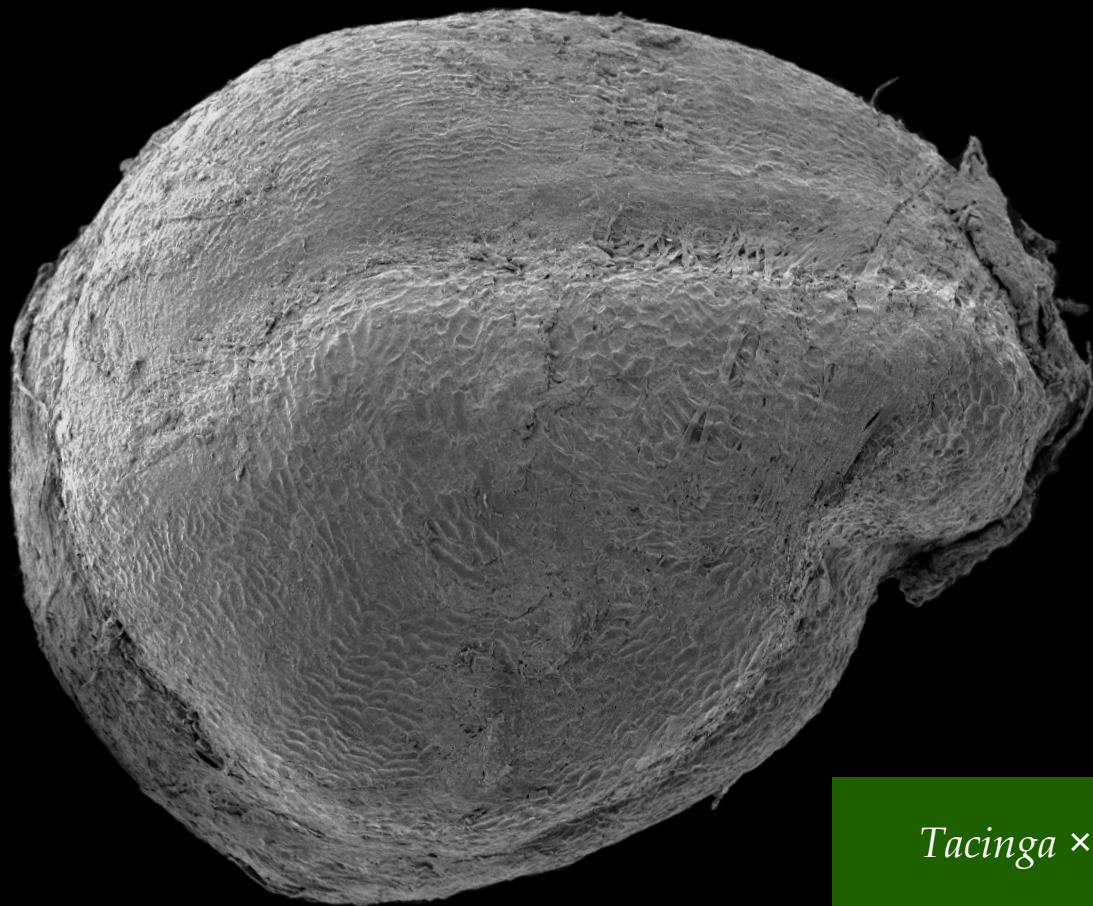
59

Tacinga wernerii

60

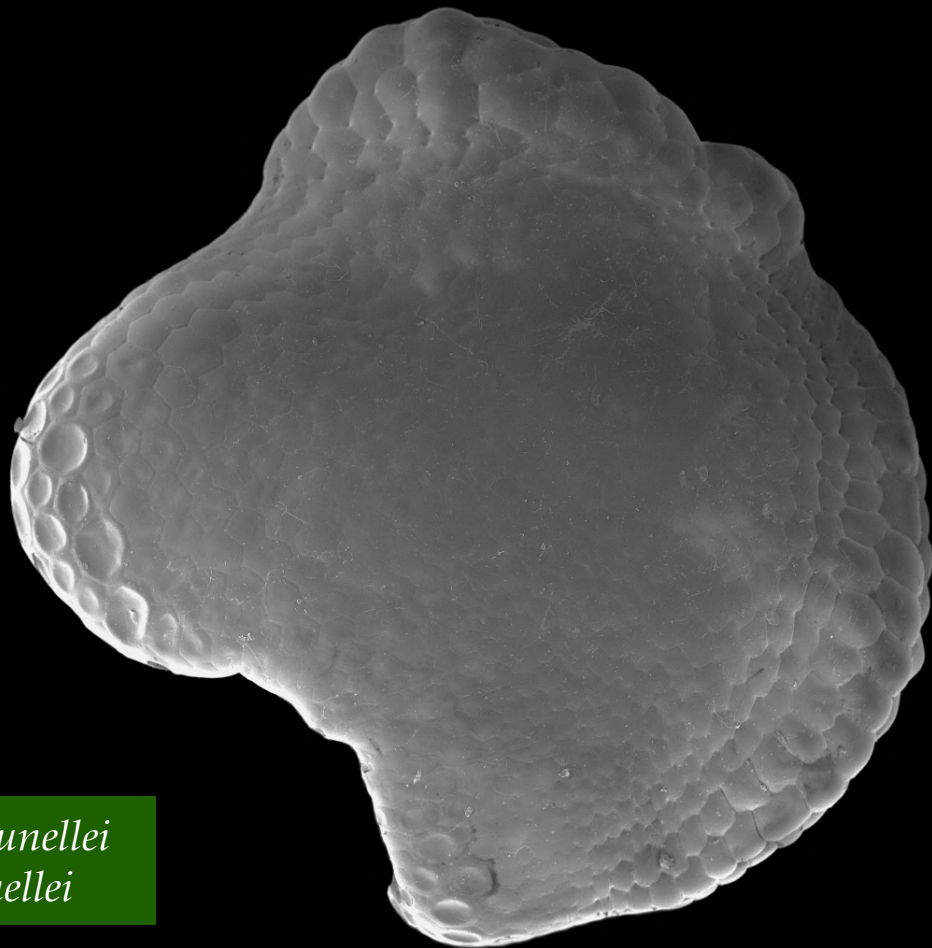


Tacinga × flammea

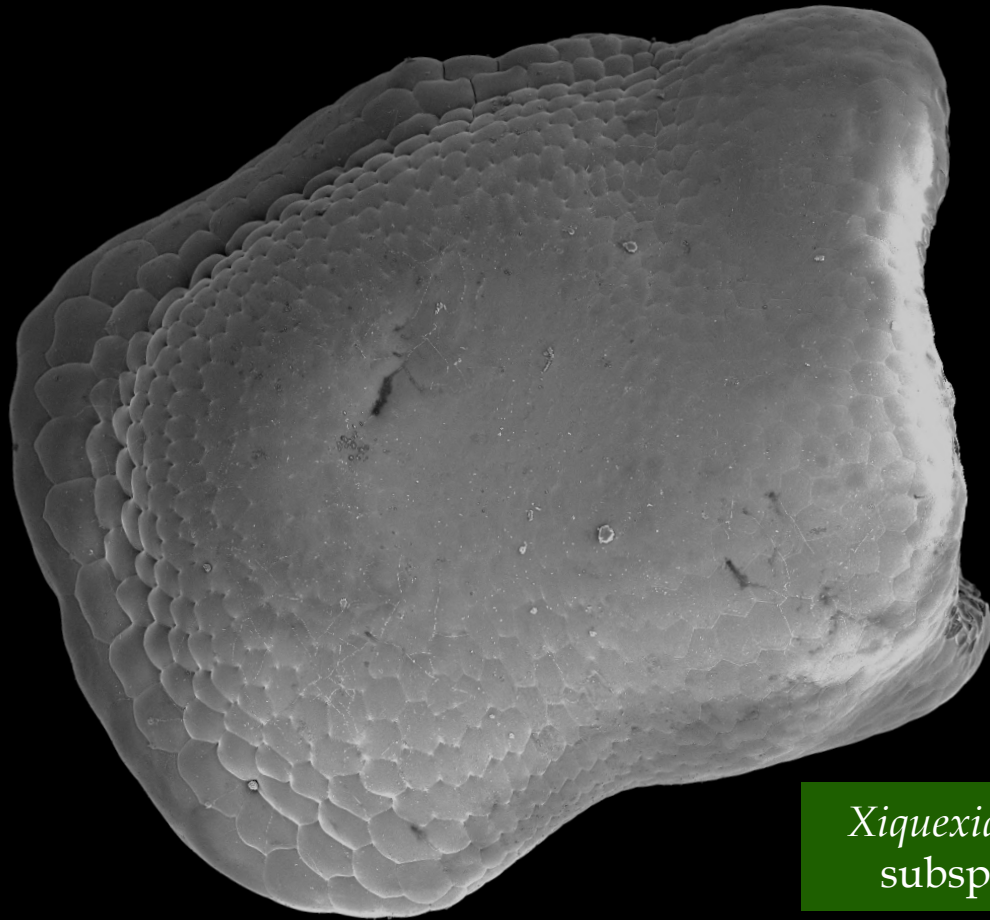


61

Tacinga × quipa



Xiquexique gounellei
subsp. *gounellei*



63

Xiquexique gounellei
subsp. *zehntneri*

Referências Bibliográficas

- Al-Gohary I.H. & Mohamed A.H. 2007. Seed morphology of *Acacia* in Egypt and its taxonomic significance. *International Journal of Agriculture & Biology* 9, 435–438.
- Barclay G.F. 2015. Anatomy and morphology of seed plants. In: eL.S. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp 1–20.
- Belhadj S., Derridj A., Aigouy T., Gers C., Gauquelin T. & Mevy J.P. 2007. Comparative morphology of leaf epidermis in eight populations of Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae). *Microscopy Research and Technique* 70, 837–846.
- Black M., Bewley J.D. & Halmer P. 2006. The encyclopedia of seeds: science, technology and uses. CABI, Wallingford, UK.
- Brito-Kateivas K.S. & Corrêa M.M. 2012. Ants interacting with fruits of *Melocactus conoideus* Buining & Brederoo (Cactaceae) in southwestern Bahia, Brazil. *Biotemas* 25, 153–159.
- Cain M.L., Milligan B.G. & Stranda E. 2000. Long-distance seed dispersal in plant populations. *American Journal of Botany* 87, 1217–1227.
- Figueira J.E.C., Vasconcellos-Neto J., Garcia M.A. & Souza A.L.T. 1994. Saurocory in *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Biotropica* 26, 295–301.
- Fonseca R.B.S., Funch L.S. & Borba E.L. 2008. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 31, 237–244.
- Fonseca R.B.S., Funch L.S., Borba E.L. 2012. Dispersão de sementes de *Melocactus glaucescens* e *M. paucispinus* (Cactaceae), no Município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina - BA. *Acta Botanica Brasilica* 26, 481–492.
- Godínez-Álvarez H., Valiente-Banuet A. & Rojas-Martínez A. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. *Ecology* 83, 2617–2629.

- Gomes V.G.N., Quirino Z.G.M. & Araújo H.F.P. 2014. Frugivory and seed dispersal by birds in *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) in the Caatinga of northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 74, 32–40.
- Gomes V.G.N., Meiado M.V., Quirino Z.G.M. & Machado I.C. 2016. Seed removal by lizards and effect of gut passage on germination in a columnar cactus of the Caatinga, a tropical dry forest in Brazil. *Journal of Arid Environments* 135, 85–89.
- Gomes V.G.N., Meiado M.V., Quirino Z.G.M., Araujo H.F.P. & Machado I.C. 2017. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. *Plant Ecology* 218, 1325–1338.
- Gomes V.G.N., Koroiva R., Cassimiro C.A.L. & Batista F.R.C. 2021. Endangered globose cactus *Melocactus lanssensianus* P.J.Braun depends on lizards for effective seed dispersal in the Brazilian Caatinga. *Plant Ecology* 222, 1375–1387.
- Janzen D.H. 1983. Dispersal of seeds by vertebrate guts. In: Futuyma, D. & Slatkin, M. (Eds.). *Coevolution*. Sinauer, Sunderland, pp. 232–262.
- Johri B.M. 1984. *Embryology of angiosperms*. Springer Berlin, Heidelberg.
- Jordano P., Galetti M., Pizo M.A. & Silva W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Rocha C.F.D., Bergallo H.G., Sluys M. & Alves M.A.S. (eds.). *Biologia da conservação: essências*. Editorial Rima, São Paulo, pp. 411–436.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F. & Donoghue M.J. 2009. *Sistemática vegetal – um enfoque filogenético* (3ª ed., Tradução – Simões A.O., Singer R.B., Singer R.F. & Chies T.T.). Artmed, Porto Alegre.
- Linkies A., Graeber K., Knight C. & Leubner-Metzger G. 2010. The evolution of seeds. *New Phytologist* 186, 817–831.
- McKey D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert, L.E. & Raven, P.H. (Eds.). *Coevolution of animals and plants*. University of Texas Press, Austin, pp. 159–191.

- Meiado M.V., Silva F.F.S., Barbosa D.C.A. & Siqueira Filho J.A. 2012. Diaspore of the Caatinga: a review. In: Siqueira Filho J.A. (Org). Flora of the caatingas of the São Francisco river: natural history and conservation. Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, pp. 306–365.
- Nascimento J.P.B., Meiado M.V., Nicolas P.A. & Pereira L.C.M. 2015. Germinação de sementes de *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy (Cactaceae) após endozoocoria por *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) (Reptilia: Testudinidae). Gaia Scientia 9, 9–14.
- Nunes I.S., Gomes V.G.N. & Quirino Z.G.M. 2021. Frugivory by *Tropidurus hispidus* (Squamata: Tropiduridae) on the cactus *Pilosocereus pachycladus* in the Brazilian Caatinga. Phyllomedusa 20, 105–108.
- Paixão V.H.F. & Venticinque E.M. 2020. Fruit consumption by *Salvator merianae* (Squamata: Teiidae) in the Brazilian Caatinga. Phyllomedusa 19, 283–286.
- Pedroni, F. & Sanches, M. 1997. Dispersão de sementes de *Pereskia aculeata* Muller (Cactaceae) num fragmento florestal no sudeste do Brasil. Brazilian Journal of Biology 57, 479–486
- Raven P.H., Evert R.F. & Eichhorn S.E. 2001. Biologia vegetal (8ª ed., Tradução – Vieira A.C.M., Kraus J.E., Azevedo M.F., Vauex P.L., Carneiro R.G.S., Isaías R.M. & Delitti W.B.C). Editora Guanabara Koogan LTDA, Rio de Janeiro.
- Robertson A.W., Trass A., Ladley J.J. & Kelly D. 2006. Assessing the benefits of frugivory for seed germination: the importance of the deinhibition effect. Functional Ecology 20, 58–66
- Rojas-Aréchiga M. & Vázquez-Yanes C. 2000. Cactus seed germination: a review. Journal of Arid Environments 44, 85–104.
- Romão R.L., Hughes F.M., Vieira A.M.C. & Fontes E.C. 2007. Autoecologia de cabeça-de-frade (*Melocactus ernestii* Vaupel) em duas áreas de afloramentos na Bahia. Revista Brasileira de Biociências 5, 738–740.
- Santos L.D.N., Pereira I.M.S., Ribeiro J.R. & Las-Casas F.M.G. 2019. Frugivory by birds in four species of Cactaceae in the Caatinga, a dry forest in Brazil. Iheringia, Série Zoologia 109, e2019034

- Schupp E.W. & Fuentes M. 1995. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Ecoscience* 2, 267–275.
- Schupp E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 108, 15–29.
- Sliwinska E. & Bewley J.D. 2014. Overview of seed development, anatomy and morphology. In: Gallagher R.S. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (3rd Edition). CABI, Wallingford, pp. 1–17.
- Taylor N.P. & Zappi D.C. 2004. *Cacti of eastern Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- Tiffney B.H. 1984. Seed size, dispersal syndromes, and the rise of the angiosperms: evidence and hypothesis. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71, 551–576.
- Traveset A. & Verdú M. 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. In: Levey D.J., Silva W.R. & Galetti M. (Eds.). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CABI, Wallingford, pp. 339–350.
- Van Der Pijl L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants* (3rd Edition). Springer Berlin, Heidelberg.
- Vázquez-Yanes C. & Orozco-Segovia A. 1996. Comparative storage of seeds of five tropical rain forest woody species stored under different moisture conditions. *Canadian Journal of Botany* 74, 1635–1639.
- Williams P.M. & Arias I. 1978. Physio-ecological studies of plant species from the arid and semiarid regions of Venezuela. I. The role of endogenous inhibitors in the germination of the seeds of *Cereus griseus* (Haw.) Br. & R. (Cactaceae). *Acta Científica Venezolana* 29, 93–97.
- Wilson M.F. & Traveset A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: Fenner M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (2nd Edition). CABI, Wallingford, pp. 85–110.
- Xavier M.A., Dias E.J.R. 2015. First record of the Brazilian restinga lizard *Tropidurus hygoni* ingesting a fruit of *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Herpetology Notes* 8, 437–438.
- Yoshizaki M. 2003. Millets in prehistoric remain: paleobotany on barnyard millets and azuki beans in Japan. In: Yamaguchi H. & Kawase M. (Eds.). *Natural history of millets*. Hokkaido University Press, Sapporo.

ISBN: 978-85-64265-74-5



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N – Serrotão
CEP: 58429-970, Caixa Postal 10067 – Campina Grande (PB)
www.insa.gov.br



insa@insa.gov.br



83 3315.6400



[insamcti](#)



Instituto Nacional do Semiárido



[insa mcti](#)