



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL



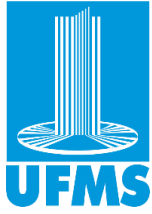
**O GÊNERO *STEREOCAULON* (SCHREB.) HOFFM. (*ASCOMYCOTA*  
LIQUENIZADOS, *STEREOCAULACEAE*) EM ALTAS MONTANHAS E ALTAS  
LATITUDES DA AMÉRICA DO SUL E NA ANTÁRTICA MARÍTIMA**

JEAN MARC EDSON TORRES PINEDA

*Doctor Scientiae*

CAMPO GRANDE  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

2023



JEAN MARC EDSON TORRES PINEDA



**O GÊNERO *STEREOCAULON* (SCHREB.) HOFFM. (*ASCOMYCOTA*  
*LIQUENIZADOS, STEREOCAULACEAE*) EM ALTAS MONTANHAS E ALTAS  
LATITUDES NA AMÉRICA DO SUL E NA ANTÁRTICA MARÍTIMA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Biodiversidade, para a obtenção do título *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Aline Pedroso Lorenz

Coorientador: Adriano Afonso Spielmann

CAMPO GRANDE  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL

2023

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa de estudos de doutorado concedida durante o período abril de 2019 a setembro de 2023. Sem a bolsa de estudos minha permanência em Campo Grande, assim como a realização deste curso teria sido impossível.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. E especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade – PPGBB pela recepção e oportunidade de acrescentar minha formação profissional.

A minha orientadora, Dra. Aline Pedroso Lorenz, por me acolher como seu estudante, pela confiança fornecida, por compartilhar seu conhecimento e experiência, e ainda mais importante, pelas motivações para continuar realizando pesquisa.

Ao meu coorientador, Dr. Adriano Afonso Spielmann, pela recepção no Brasil, por todos seus ensinamentos sobre taxonomia de líquens, por aceitar a coorientação deste projeto e por compartilhar e discutir ideias. Obrigado Adriano, seus ensinamentos contribuíram muito na minha formação acadêmica e pessoal.

À Dra. Bibiana Moncada pela colaboração neste projeto de pesquisa, a ajuda da professora foi indispensável para a realização desta pesquisa, principalmente desde a parceria para estudar os *Stereocaulon* da Colômbia. Obrigado por todo o amor e carinho para os líquens colombianos.

À Dra Neli Kika Honda do Instituto de Química da UFMS, que, atenciosamente sempre me recebeu no seu laboratório, por todos os ensinamentos sobre química de líquens, por me permitir realizar as análises químicas deste estudo e pela contribuição desde sua experiência e sabedoria, admiração demais à senhora.

A Josiane Theodoro, a técnica do Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva – Lebio, por todos seus ensinamentos sobre procedimentos de laboratório e por todas as ajudas que me forneceu durante o meu doutorado, obrigado por me salvar.

À Dra. Aline Gianini pela colaboração e parceria para realizar as análises químicas deste estudo.

A todos os colegas do Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva – Lebio, por compartilhar o espaço-tempo durante o meu doutorado, com a ajuda e companhia de vocês tudo foi mais fácil.

Ao Dr. Harrie Sipman pela disposição para atender minhas dúvidas sobre as coletas de *Stereocaulon* no Brasil e pelo envio de fotos de espécimes brasileiros de *Stereocaulon* depositados no herbário BGBM.

Ao Dr. André Aptroot pelo convite a participar da excursão de campo ao Parque Nacional Itatiaia.

À curadora do herbário CGMS Dra. Luciana Canêz e às técnicas Ana Cristina de Meira Cristaldo e Fábria Silva de Carvalho que facilitaram o empréstimo de materiais do acervo para a realização deste trabalho.

Às Dras. Manuela Dal Forno e Bibiana Moncada, aos Drs. Emerson Gumboski, André Aptroot e Harrie Sipman pelo tempo e disposição para ler este documento e participar como membros da banca de qualificação e defesa; suas considerações, sugestões e correções forneceram ajudas para melhorar substancialmente a qualidade deste trabalho.

A minha família que sempre tem sido fundamental na minha vida! Margoth, Jairo, Carito, irmãos e sobrinhos, amo vocês.

Obrigado!

**Jean**

## RESUMO

TORRES, Jean Marc, D.Sc., Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, dezembro de 2023. **O gênero *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. (*Ascomycota* liquenizados, *Stereocaulaceae*) em altas montanhas e altas latitudes na América do Sul e na Antártica.** Orientadora: Aline Pedroso Lorenz. Coorientador: Adriano Afonso Spielmann.

*Stereocaulon* (Schreb) Hoffm. é um gênero de líquens tripartido: os talos resultam da associação simbiótica entre um fungo *Ascomycota*, uma alga verde e uma cianobactéria. Há cerca de 150 espécies aceitas mundialmente, e sua distribuição é cosmopolita, embora a maioria das espécies tenha certa preferência por regiões de altas altitudes e latitudes. Os talos de *Stereocaulon* são facilmente reconhecíveis em campo, mas a identificação das espécies não é uma tarefa fácil. A alta variabilidade fenotípica intraespecífica é pouco discutida nos trabalhos e pode levar a identificações errôneas. Na Antártica e na América do Sul, os trabalhos são escassos; a maioria dos estudos que avaliam a taxonomia e sistemática do gênero é baseada principalmente em espécimes da Europa, América do Norte e Ásia. Com o objetivo de contribuir ao entendimento da taxonomia e sistemática de *Stereocaulon* a partir de espécimes provenientes do hemisfério sul, neste estudo foram realizadas análises morfológicas, químicas e moleculares de espécies encontradas na Terra do Fogo e Patagônia (Argentina e Chile), na Antártica, nos campos de altitude do Brasil e nos Páramos andinos da Colômbia. No total foram examinados 920 espécimes de *Stereocaulon*. Para cada espécie apresentamos informações sobre a morfologia, a anatomia e a composição química. Também geramos 332 novas sequências do espaçador interno transcrito do DNA nuclear (nuITS) e 97 novas sequências do gene codificador da proteína beta tubulina ( $\beta$ -tubulin) para os micobiontes, e cinco novas sequências do gene codificador da proteína actina I (ACT1) e dez da região 16S do DNA ribossômico (16S rDNA) para o clorobionte e o cianobionte de *S. alpinum*, respectivamente, totalizando 444 novas sequências geradas. Foram identificadas 22 espécies de *Stereocaulon*, sendo sete para as altas latitudes do sul da América do Sul na Argentina e Chile, três para a Antártica, quatro para os campos de altitude no Brasil e 17 para os páramos andinos da Colômbia. *Stereocaulon alpinum* foi caracterizada, descrita e confirmada como espécie bipolar. Para os campos de altitude no Brasil, *S. vesuvianum* representa um novo registro para território brasileiro. Neste estudo, percebemos que em

alguns casos, as descrições encontradas na literatura não abrangem nem refletem a variabilidade morfológica encontrada nas espécies. Descrições sobre a morfologia, anatomia e química são de grande importância para a circunscrição de cada espécie, que se vê refletida e comprovada nas análises moleculares. As ferramentas moleculares são imprescindíveis para realizar análises integrativas que permitam um melhor entendimento da sistemática do gênero.

**Palavras-chave:** filogenia, fungos, simbiose, taxonomia.

## ABSTRACT

TORRES, Jean Marc, Ph.D., Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dec, 2023. **The genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota lichenized, Stereocaulaceae) in high mountains and high latitudes in South America and Antarctica.** Adviser: Aline Pedrosa Lorenz. Co-Adviser: Adriano Afonso Spielmann.

*Stereocaulon* (Schreb) Hoffm. is a tripartite genus of lichens: the thallus results from the symbiotic association between an Ascomycota fungus, a green algae and a cyanobacteria. There are around 150 species accepted worldwide, and their distribution is cosmopolitan, although most species have a certain preference for regions of high altitudes and latitudes. The dimorphic thallus of *Stereocaulon* is easily recognizable in the field, but species identification is not an easy task. The high intraspecific phenotypic variability is little discussed in studies and can lead to erroneous identifications. In Antarctica and South America, the studies are scarce; most of the work evaluating the taxonomy and systematics of the genus is based mainly on specimens from Europe, North America and Asia. With the aim of contributing to the understanding of the taxonomy and systematics of *Stereocaulon* from specimens from the southern hemisphere, in this study, morphological, chemical and molecular analyzes were carried out on species found in *Tierra del Fuego* and Patagonia (Argentina and Chile), in Antarctica, in the *campos de altitude* of Brazil and the Andean Paramos of Colombia. In total, 920 *Stereocaulon* specimens were examined. For each species we present information about their morphology, anatomy and chemical composition. We also generated 332 new sequences of the nuclear DNA internal transcribed spacer (nuITS) and 97 new sequences of the gene encoding the protein beta tubulin ( $\beta$ -tubulin) for mycobionts, and five new sequences of the gene encoding the actin I protein (ACT1) and ten of the region 16S ribosomal DNA (16S rDNA) for the chlorobiont and cyanobiont of *S. alpinum*, respectively, totaling 444 new sequences generated. Were identified 22 species of *Stereocaulon*, seven for the high latitudes of southern South America in Argentina and Chile, three for Antarctica, four for the *campos de altitude* of Brazil and 17 for the Andean Paramos of Colombia. *Stereocaulon alpinum* was characterized, described and confirmed as a bipolar species. For the *campos de altitude* in Brazil, *S. vesuvianum* represents a new record for the Brazilian territory. In this study, we realized that in some cases, the descriptions found in the literature

do not cover or reflect the morphological variability found in the species. Therefore, meticulous and detailed descriptions of the morphology, anatomy and chemistry of the species are of great importance for the circumscription of each species, which is reflected and confirmed in molecular analyses. Molecular tools are essential to carry out integrative analyzes that allow a better understanding of the systematics of the genus.

**Key words:** dimorphic thallus, phylogeny, symbioses, taxonomy.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
BREVE HISTÓRICO DO GÊNERO .....	2
Etimologia .....	2
As primeiras contribuições .....	2
Século XX.....	2
ESTUDOS COM <i>STEREOCAULON</i> EM ALTAS MONTANHAS E ALTAS LATITUDES NA AMÉRICA DO SUL E ANTÁRTICA.....	4
CARACTERES MORFOLÓGICOS EM <i>STEREOCAULON</i> .....	9
Talo .....	10
Aréolas e esquâmulas .....	10
Pseudopodécios .....	11
Filocládios .....	11
Cefalódios.....	13
Apotécios .....	15
Picnídios .....	17
Sorédios .....	17
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE IMPORTÂNCIA TAXONÔMICA.....	17
DIVISÃO DO GÊNERO <i>STEREOCAULON</i> .....	18
ESTUDOS MOLECULARES FILOGENÉTICOS EM <i>STEREOCAULON</i> .....	20
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>23</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
GERAL.....	24
ESPECÍFICOS .....	24
<b>5. ARTIGOS.....</b>	<b>25</b>
MANUSCRITO I: .....	25
Torres JM, Torres V, Rodrigues A, Gianini A, Honda NK, Spielmann AA, Lorenz AP (2023). Lineages of the lichen-forming fungus <i>Stereocaulon alpinum</i> and their photobionts in southern South America and maritime Antarctica. Publicado na <b>Polar Biology: 46:865–879</b> .....	25
MANUSCRITO II:.....	47
Torres JM, Kitaura M, Gianini A, Honda NK, Spielmann AA, Lorenz AP (2024). A contribution to the knowledge of the genus <i>Stereocaulon</i> (Schreb.) Hoffm. in	

southern South America and maritime Antarctica. Em preparação para ser submetido a <b>Mycologia</b> .....	47
MANUSCRITO III:.....	83
Torres JM, Spielmann AA, Lorenz AP (2024). The lichen genus <i>Stereocaulon</i> (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota liquenizados, <i>Stereocaulaceae</i> ) in Brazil. Em preparação para ser submetido a <b>Anais da Academia Brasileira de Ciências</b> .....	83
<b>6. D ADOS ADICIONAIS</b> .....	<b>120</b>
MATERIAIS E MÉTODOS GERAIS .....	120
Área de estudo .....	120
Coleta de espécimes.....	121
Estudo morfológico, químico e genético dos espécimes coletados.....	121
RESULTADOS .....	123
AVANÇOS ESPERADOS, PERSPECTIVAS FUTURAS .....	169
Torres JM, Moncada B, Lücking R, Spielmann AA, Lorenz AP (2023). Revision of the genus <i>Stereocaulon</i> (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota liquenizados, <i>Stereocaulaceae</i> ) in Colombia, including molecular data from nuITS and B-tubulin regions. Em preparação para ser submetido a <b>The Lichenologist</b> .....	169
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>170</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>172</b>
GLOSSÁRIO.....	179

## 1. INTRODUÇÃO

Os líquens são associações simbióticas resultantes de interações entre fungos (micobiontes primários e secundários), algas e/ou cianobactérias (fotobiontes primários e secundários) e elementos específicos do microbioma associado ao talo [1]. Embora sejam ainda muito desconhecidos do grande público, os líquens desempenham papéis fundamentais nos ecossistemas terrestres, como por exemplo o pioneirismo na colonização de ambientes, um fenômeno especialmente visível nas regiões de altas elevações e altas latitudes [2]. Os líquens são abundantes em habitats polares e alpinos, suportando regiões com mudanças extremas nas condições de umidade, temperatura e radiação UV [3].

*Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. é um gênero de fungo liquenizado proposto por Hoffmann [4], e que tem distribuição cosmopolita [5, 6]. A maioria das espécies de *Stereocaulon* é “tripartida”, isto é, os talos resultam da associação simbiótica entre um fungo *Ascomycota*, uma alga verde (geralmente do gênero *Asterochloris* E.Tschermak-Woess) e uma cianobactéria (geralmente do gênero *Nostoc* Vaucher ex Bornet & Flahault, *Stigonema* C.Agardh ex Bornet & Flahault ou *Rhizonema* Lücking & Barrie) [5].

Com aproximadamente 150 espécies [7, 8], *Stereocaulon* é o gênero mais diverso e amplamente distribuído da família *Stereocaulaceae* Chevall. É o único gênero da família que apresenta espécies de hábito crostoso e também de hábito dimórfico. Os outros três gêneros da família, *Hertelidea* Printzen & Kantvilas, *Lepraria* Ach. e *Xyleborus* R.C. Harris & Ladd apresentam espécies de hábito crostoso somente. A identificação das espécies de *Stereocaulon* não é uma tarefa fácil: a polimorfia, a alta plasticidade fenotípica e a adaptabilidade de algumas espécies causam confusão taxonômica, gerando frequentemente identificações errôneas [9].

Na América do Sul, *Stereocaulon* é presente na maioria dos países e é representado por cerca de 36 espécies [10, 11, 12, 13, 14], encontradas principalmente em regiões de alta altitude, como os Páramos andinos e os campos de altitude ou regiões montanhosas do Brasil; e em regiões de altas latitudes, como a Terra do Fogo e Patagônia. Na Antártica, *Stereocaulon* também está presente e ali é representado por nove espécies [15, 16, 17, 18]. Porém, estudos específicos sobre *Stereocaulon* nessas regiões ainda são escassos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### BREVE HISTÓRICO DO GÊNERO

#### Etimologia

*Stereocaulon* vem do grego *stereos* "sólido, firme" e *kaulos* "caule" [23]. O nome do gênero foi conservado por Lamb [24], e atualmente é designado como *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm., 1796 *nom. cons.* A espécie-tipo é *Stereocaulon paschale* (L.) Hoffm., selecionada por Clements and Shear [25], e o lectótipo de *S. paschale* foi designado por Lamb [10] e provavelmente foi coletado no Norte da Suécia.

#### As primeiras contribuições

Importantes contribuições sobre *Stereocaulon* começaram há mais de dois séculos com a publicação de *Methodus Lichenum* [26]. Neste trabalho, além da descrição do gênero, foram descritas nove espécies, incluindo dados sobre o hábitat. Em 1826 foi proposta a família *Stereocaulaceae* Chevall., na qual foram agrupados os gêneros *Stereocaulon* Schreb., *Isidium* Ach. (sinônimo de *Pertusaria* DC.) e *Sphaerophorus* Pers. [27], os últimos dois circunscritos atualmente nas famílias *Pertusariaceae* Körb. e *Sphaerophoraceae* Fr., respectivamente. Theodosius Fries [28] publicou a primeira monografia sobre *Stereocaulon*, um trabalho que agrupou todas as 23 espécies conhecidas até a data, apresentando descrições detalhadas, assim como dados taxonômicos e de distribuição geográfica. Nylander [29] descreveu nove espécies para Bolívia e Peru, e posteriormente também estudou e descreveu cerca de 40 táxons de diferentes partes do mundo, adicionando seis novas espécies ao gênero [30]. Em relação à América do Norte, Tuckerman [31] registrou 10 espécies, e assim como Nylander, apresentou descrições morfológicas, dados de distribuição e hábitat.

#### Século XX

No século XX, os estudos com *Stereocaulon* focaram em tratamentos regionais. Riddle [32] fez uma revisão acurada das espécies de *Stereocaulon* da América do Norte e publicou um importante trabalho com chaves taxonômicas, descrições, comentários, dados de distribuição geográfica e imagens. Du Rietz [33] publicou chave para as espécies escandinavas, e incluiu uma subdivisão para o gênero baseada nos apotécios e filocládios.

Entre 1912 e 1913 Riddle estudou diferentes coleções e material-tipo de *Stereocaulon* nos herbários europeus com o objetivo de apresentar uma nova monografia mundial, a qual não foi publicada. Posteriormente, Dogde [34] apresentou uma sinopse de *Stereocaulon* baseada sobre as notas de Riddle, as quais estão disponíveis no herbário da Universidade de Harvard [5]. Um importante trabalho na taxonomia de *Stereocaulon* foi apresentado por Johnson [35], no qual foi demonstrado que a morfologia geral dos cefalódios é um bom caráter taxonômico.

Lamb [5] publicou um importante trabalho sobre a morfologia, filogenia e taxonomia de *Stereocaulon*, avaliou a significância taxonômica das estruturas vegetativas e reprodutivas no gênero e propôs uma subdivisão baseada nos princípios filogenéticos. Esta obra contém um tratamento histórico, apresenta informações completas e detalhadas sobre a morfologia dos pseudopodécios, filocládios, cefalódios, apotécios, sorédios e picnídios, e os perfis químicos encontrados. O conjunto e a qualidade das informações fazem que esta publicação seja uma literatura importante para *Stereocaulon*.

A partir do trabalho do Lamb [5], as pesquisas com *Stereocaulon* se tornaram mais comuns e frequentes. Continuando com os tratamentos regionais, Kershaw [36] fez a revisão das espécies das ilhas britânicas, incluindo chaves taxonômicas, descrições, e dados de distribuição e hábitat para as 15 espécies. Asahina [37] publicou uma nota sobre as espécies presentes no Japão e propôs *S. dendroides* Asah. como espécie nova. Lamb [38] revisou o grupo *S. massartianum* Hue para o leste da Ásia e propôs *S. montagneanum* I.M. Lamb como espécie nova.

Lamb [39] publicou uma chave para as espécies europeias de *Stereocaulon*, na qual apresenta uma breve descrição para o gênero e trata diferentes espécies incluindo as variedades e formas. Ozenda and Clauzade [40], publicaram um trabalho sobre os líquens da França e suas regiões vizinhas, no qual incluem chaves de identificação para as espécies de *Stereocaulon* baseadas nos sorédios e filocládios. Dahl and Krog [41], em um trabalho sobre os macrolíquens dos países nórdicos (Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suécia), propuseram chaves de identificação para as espécies de *Stereocaulon* com base também na morfologia dos filocládios e sorédios.

Lamb continuou durante vários anos os estudos com *Stereocaulon* e publicou uma revisão sobre a estrutura do córtex dos cefalódios saculados e protosaculados [42], um caráter importante na taxonomia do gênero. Os trabalhos publicados por Lamb com *Stereocaulon* até

aquele ano foram o resultado dos estudos prévios à monografia que ele pretendia publicar, mas que não conseguiu por questões econômicas. Lamb [10] decidiu então publicar uma sinopse altamente condensada, resultando em um trabalho interessante por fornecer referências da literatura original, tipificação dos táxons, sinônimas, descrições, referências do material examinado, referências das ilustrações, composição química das espécies, distribuição geográfica e comentários pertinentes. Seguidamente e como complemento à sinopse de 1977, Lamb [11] publicou as chaves taxonômicas para todas as espécies e táxons infraespecíficos reconhecidos na sua sinopse, tornando-as as chaves mais completas até os dias de hoje, por incluírem o maior número de táxons.

Depois dos estudos de Lamb, Galloway [43] tratou os gêneros *Argopsis* Th. Fr. e *Stereocaulon* na Nova Zelândia, com chaves de identificação, descrições, imagens, dados químicos e de distribuição para 10 espécies. Boekhout [12] publicou um trabalho sobre as espécies presentes no norte dos Andes, a partir de material oriundo principalmente da Colômbia, com chaves, descrições, dados químicos, dados de distribuição e comentários. No mesmo ano, Carlin and Carlin [44] fizeram uma revisão das espécies de *Stereocaulon* da Suécia, tratando de 22 espécies.

Thomson [45] publicou uma revisão das espécies de *Stereocaulon* do ártico americano, com descrições detalhadas, imagens e dados de distribuição para 26 espécies. Lambinon and Sérusiaux [46], publicaram um trabalho sobre *Stereocaulon* na Bélgica e regiões vizinhas, reportando comentários pertinentes e dados de distribuição para oito espécies.

Um importante trabalho no começo do século XXI, sobre taxonomia e ecologia das espécies de *Stereocaulon* na Polônia, é o de Oset [6], que apresenta morfologia, química, descrições e comentários pertinentes sobre 15 espécies.

#### ESTUDOS COM *STEREOCAULON* EM ALTAS MONTANHAS E ALTAS LATITUDES NA AMÉRICA DO SUL E ANTÁRTICA

Os trabalhos específicos sobre o gênero *Stereocaulon* na América do Sul são poucos, porém é possível encontrar registros de diferentes espécies em floras regionais. Nylander [47] registrou seis espécies de *Stereocaulon* para o território colombiano. Müll. Arg [48] em *Les Lichens Neo-Granadis et Ecuadoriens*, citou três espécies de *Stereocaulon*. Vainio [49] registrou para território brasileiro *S. implexum* Th. Fr. e *S. implexum* f. *sorediosa* Vain.,

identificações corrigidas por Lamb [10] como *S. microcarpum*. Lindau [50], em uma contribuição aos líquens de Colômbia, citou duas espécies e uma variedade de *Stereocaulon* (*S. ramulosum* Raesch., *S. violascens* Müll. Arg. and *S. ramulosum* var. *compressum* C. Bab.).

Os diferentes trabalhos de Lamb são sem dúvida importantes para o conhecimento de *Stereocaulon* na América do Sul. Em um trabalho sobre os líquens do Norte da Patagônia, Lamb [51] registrou cinco espécies para a região, e propôs duas novas espécies (*S. patagonicum* e *S. speciosum*). Continuamente, Lamb [52] registrou 10 espécies de *Stereocaulon* para os Parques Nacionais Patagônicos. E na sua revisão sobre o gênero, Lamb [10] apresentou dados sobre a distribuição geográfica de cada espécie, representando um ponto de partida fundamental para o conhecimento da diversidade de *Stereocaulon* nos diferentes países da América do Sul.

Boekhout [12], numa revisão de *Stereocaulon* para o Norte dos Andes, tratou 19 espécies a partir de espécimes da Colômbia, Equador e Venezuela.

Redon [53] em *Líquenes Antárticos*, reportou *S. alpinum* Laurer e *S. glabrum* (Müll. Arg.) Vain. para Antártica, Argentina e Chile. Lewis Smith and Øvstedal [15], apresentaram um trabalho sobre as espécies de *Stereocaulon* na Antártica e Ilhas Geórgia do Sul reportando descrições, dados de distribuição geográfica para a região e chaves de identificação para sete espécies, umas das quais foi proposta como nova espécie em Øvstedal and Lewis Smith [16].

Sipman [13], depois de planejar um tratamento para as espécies neotropicais de *Stereocaulon*, apresentou uma chave de identificação e dados de distribuição de cada espécie presente no neotrópico. Oset and Kukwa [14] reportaram três espécies de *Stereocaulon* para território Boliviano e aumentaram para 16 o número de espécies conhecidas na Bolívia. Finalmente, Rincón-Espitia and Mateus [19], numa caracterização morfológica das espécies presentes na Colômbia, reconheceram 19 espécies e cinco variedades para território colombiano.

*Stereocaulon* é representado por cerca de 36 espécies na América do Sul e nove na Antártica (Tabela 1), [10, 11, 12, 13, 14, 16, 54, 55]. Embora alguns países do neotrópico sejam relativamente bem estudados, outros têm sido pouco explorados.

**Tabela 1.** Táxons de *Stereocaulon* registrados na Antártica e na América do Sul.

Táxon	Ant	Arg	Bol	Bra	Chi	Col	Equ	Gui Fr	Per	Ven
<i>Stereocaulon alpestre</i> (Flot.) Dombr.			X				X			
<i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	X	X			X		X		X	
<i>Stereocaulon antarcticum</i> Lamb	X	X			X					
<i>Stereocaulon atlanticum</i> (Lamb) Lamb			X			X	X		X	X
<i>Stereocaulon austrohetlandicum</i> Ovstedal	X									
<i>Stereocaulon azulense</i> Yoshim. & W.A. Weber							X			
<i>Stereocaulon caespitosum</i> Redginger	X									
<i>Stereocaulon claviceps</i> Th. Fr.			X			X			X	
<i>Stereocaulon condensatum</i> Nyl.	X									
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.		X			X					
<i>Stereocaulon corticatulum</i> var. <i>subcorticatulum</i> (Räs.) Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon crambiodiocephalum</i> Lamb			X		X	X	X		X	X
<i>Stereocaulon curtum</i> (Räsänen) Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon delisei</i> Bory						X			X	
<i>Stereocaulon didymicum</i> Lamb			X			X	X			X
<i>Stereocaulon dusenii</i> Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon follmanni</i> V. Marcano, A. Morales & Galiz										X
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	X	X			X					
<i>Stereocaulon glabrum</i> fo. <i>flabellans</i> (Lamb) Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon glareosum</i> (Sav.) Magn.			X			X	X		X	
<i>Stereocaulon globisorum</i> Sipman						X	X			
<i>Stereocaulon implexum</i> Th. Fr.		X			X					
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i> Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon meyeri</i> Stein.		X	X		X	X	X		X	X
<i>Stereocaulon meyeri</i> fo. <i>tucumanum</i>		X								
<i>Stereocaulon meyeri</i> var. <i>farinosum</i> (Th. Fr.) Lamb			X		X				X	X
<i>Stereocaulon microcarpum</i> Müll. Arg.			X	X		X	X		X	X



**Tabela 1.** Continuação

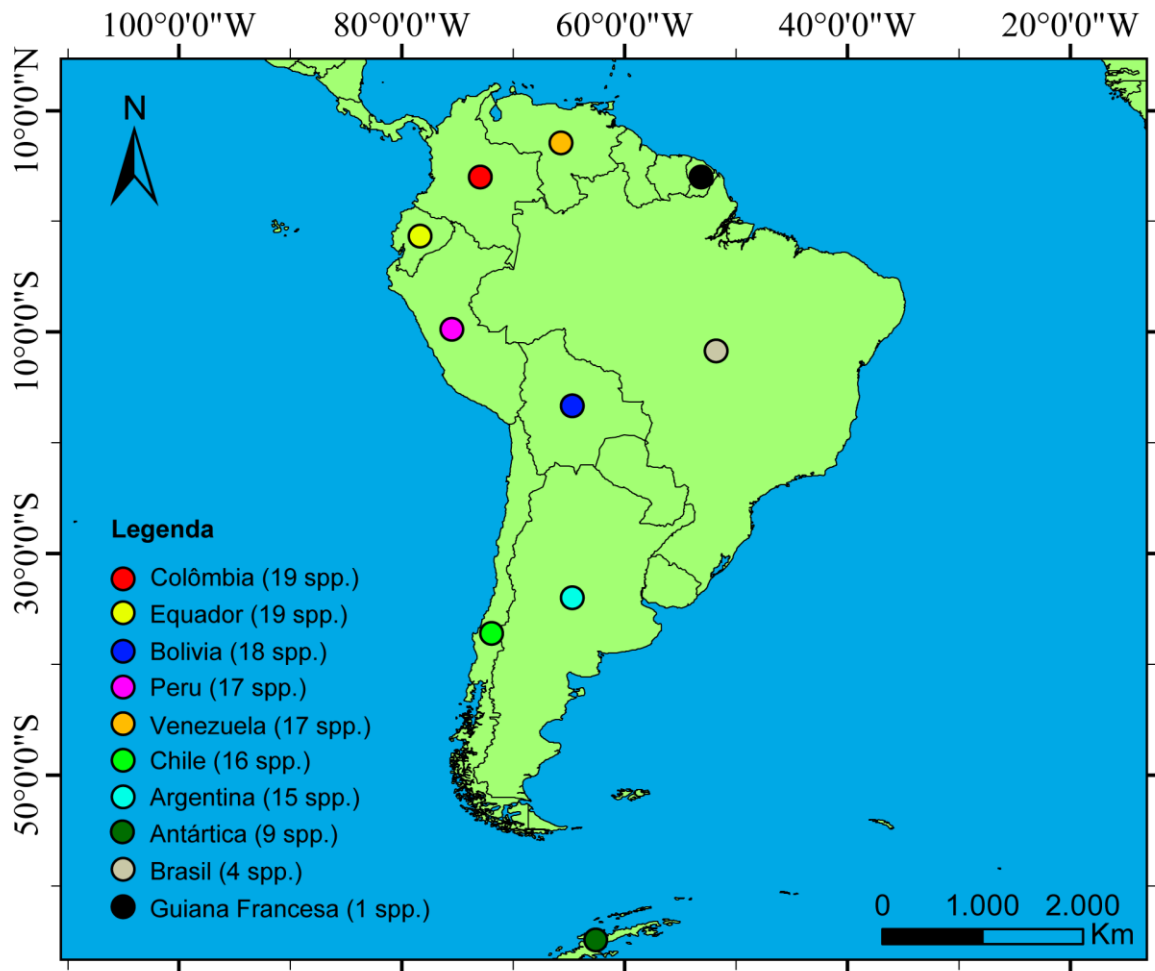
Táxon	Ant	Arg	Bol	Bra	Chi	Col	Equ	Gui Fr	Per	Ven
<i>Stereocaulon myriocarpum</i> Th. Fr.			X				X		X	X
<i>Stereocaulon novogranatense</i> Lamb						X	X			
<i>Stereocaulon obesum</i> Th. Fr.						X				X
<i>Stereocaulon pachycephalum</i> Vain.			X			X			X	X
<i>Stereocaulon paschale</i> (L.) Hoffm.		X			X				X	
<i>Stereocaulon pileatum</i> Ach.			X	X						
<i>Stereocaulon pityrizans</i> Nyl.			X			X			X	X
<i>Stereocaulon pomiferum</i> Devign.			X			X	X		X	X
<i>Stereocaulon ramulosum</i> (Sw.) Räusch.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>crebratum</i> Lamb					X					
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>elegans</i> Th. Fr.		X			X	X				
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>nudatum</i> Müll. Arg. (Lamb)					X					
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>gracilius</i> (Müll. Arg.) Lamb						X				
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>tomentosulum</i> Lamb			X	X		X			X	X
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>subcompressum</i> Lamb					X					
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>macrocarpum</i> (Rich.) Bab		X	X	X	X					X
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>pulvinare</i> (Dodge) Lamb		X			X					
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>simplicius</i> (Müll.Arg.) Lamb				X						
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>exalbidum</i> (Nyl.) Lamb			X						X	
<i>Stereocaulon saxatile</i> H. Magn.	X									
<i>Stereocaulon stenospermum</i> Lamb (Lamb)		X			X					
<i>Stereocaulon strictum</i> Th. Fr.			X	X		X	X		X	X
<i>Stereocaulon strictum</i> Th. Fr. var. <i>compressum</i> (Nyl.) Lamb			X			X				X
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.		X	X		X	X	X		X	X
<i>Stereocaulon tomentosum</i> var. <i>alpestre</i> Flot.						X				
<i>Stereocaulon tomentosum</i> var. <i>capitatum</i> Lamb		X								
<i>Stereocaulon verruciferum</i> Nyl.		X			X	X	X			X

**Tabela 1.** Continuação.

Táxon	Ant	Arg	Bol	Bra	Chi	Col	Equ	Gui Fr	Per	Ven
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> fo. <i>depressum</i> (Magn.) Lamb		X								
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>Kilimandscharoense</i> Stein		X			X					X
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>efflorescens</i> (Räsänen) Lamb		X	X		X	X				X
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>nodulosum</i> (Walbr.) Lamb			X			X			X	X
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>thyrsoides</i> Lamb										
<i>Stereocaulon virgatum</i> Ach.			X							X
<i>Stereocaulon weberi</i> Lamb							X			

Ant: Antártica, Arg: Argentina, Bol: Bolívia, Bra: Brasil, Chi: Chile, Col: Colômbia, Equ: Equador, Gui Fr.: Guiana Francesa, Per: Peru, Ven: Venezuela. Guiana, Paraguai, Suriname e Uruguai não registram espécies.

Na América do Sul, em termos de riqueza de espécies, se destacam países como Colômbia e Equador (19 espécies reportadas), Bolívia (18 espécies reportadas), Peru e Venezuela (17 espécies reportadas) Chile (16 espécies reportadas) e Argentina (15 espécies reportadas), (Figura 1). Diferente acontece em países como o Brasil, no qual até agora têm somente 4 espécies reportadas [10, 49], mas nenhum estudo foi dedicado ao gênero em termos de riqueza de espécies no país.



**Fig. 1** Número de espécies registradas em cada país da América do Sul e na Antártica. Guiana, Paraguai, Suriname e Uruguai não têm registros de *Stereocaulon*.

#### CARACTERES MORFOLÓGICOS EM *STEREOCAULON*

O gênero *Stereocaulon* apresenta dois tipos de talo que definem a morfologia das espécies: o talo crostoso e o talo dimórfico.

As espécies com talo crostoso são semelhantes e podem ser confundidas em campo com espécies de *Lecidea* Ach. e *Porpidia* Körb [8]. As espécies com talo dimórfico, por

apresentarem um talo primário (crostoso) e um talo secundário (fruticoso), se assemelham e podem ser confundidas com espécies de *Cladonia* P. Browne. A maioria das espécies de *Stereocaulon* apresenta talo dimórfico: das 150 espécies conhecidas no gênero, somente 11 apresentam talo crostoso.

## Talo

As espécies de *Stereocaulon* com talo crostoso têm um talo areolado ou esquamuloso bem desenvolvido, branco, creme, cinza ou cinza-esverdeado pálido, com hipotalo indistinto ou distinto, apotécios lecodeíno, cefalódios presentes ou às vezes ausentes, e sorédios presentes ou ausentes [8].

As espécies com talo dimórfico têm um talo primário (crostoso) decíduo ou perene, composto de verrugas, aréolas ou esquâmulas, e um talo secundário (fruticoso) perene, composto de pseudopodécios, os quais carregam os filocládios, os apotécios, os cefalódios e ocasionalmente os sorédios e o tomento. O talo primário é decíduo na maioria das espécies, geralmente desaparecendo nos primeiros estágios do desenvolvimento. *Stereocaulon condensatum*, *S. pileatum* Ach., *S. octomerellum* Müll. Arg. e *S. supervestiens* H. Magn. são algumas das espécies em que o talo primário é perene [5].

O tipo de talo, as aréolas e esquâmulas, o tamanho, textura e ramificação dos pseudopodécios, o tipo de filocládios, o tipo de cefalódios, e a composição química, são os caracteres taxonômicos com maior relevância à hora de identificar espécies. Portanto, a compreensão da variação destes é estritamente necessária para avaliar a taxonomia das espécies.

## Aréolas e esquâmulas

A maioria das espécies crostosas de *Stereocaulon* apresenta talos areolados. As aréolas podem ser planas a convexas ou buladas, de 0,5 a 1,5 mm de diâmetro, arredondadas, angulares ou irregulares, às vezes levemente lobadas, homoganeamente unicoloridas ou com manchas esverdeadas mais escuras (janelas corticais) no centro [8].

*Stereocaulon cumulatum* (Sommerf.) Timdal, apresenta talos crostosos esquamulosos, e as esquâmulas podem ter até 4 mm de diâmetro, planas a convexas, crenuladas a lobadas e unicoloridas [56]. *Stereocaulon urceolatum* (P.M. Jørg.) Högnabba foi caracterizada por apresentar talos areolados com aréolas convexas de até 4-5 mm de diâmetro [8, 57].

## Pseudopodécios

As estruturas cauliformes nos líquens dimórficos podem ter origem carpogênica ou somatogênica. Quando têm origem carpogênica, tais estruturas são formadas pelo crescimento do hipotécio e do paratécio, os quais são às vezes cobertos secundariamente por tecido talino assimilativo, como em *Baeomyces* Pers. e *Cladonia*. Nesse caso, usa-se o nome **podécio**. Na origem somatogênica, as estruturas são formadas pelo crescimento do tecido talino das aréolas ou verrugas do talo primário, como em *Stereocaulon* [5, 49, 58, 59]. Baseado nessas diferenças ontogênicas, Vainio [49] cunhou o termo **pseudopodécio**, para diferenciá-los dos podécios carpogênicos de *Baeomyces* e *Cladonia*.

Os pseudopodécios são as estruturas morfológicas principais do talo secundário (fruticoso) em *Stereocaulon*. São caules cartilagosos, sólidos, formados por um eixo de hifas paralelas [60]; são cilíndricos, podem ser teretes ou levemente aplanados e às vezes dorsiventrais; podem ser esbranquiçados, creme-esbranquiçados, acinzentados ou ocráceos, e em alguns casos enegrecidos na base; podem ser flexíveis ou rígidos (lígneos) e ter desde 2 mm de comprimento como em *S. condensatum*, até 120 mm como em *S. ramulosum*; podem ser eretos ou decumbentes, simples ou ramificados, corticados ou decorticados, e podem ser firmemente ou frouxamente aderidos ao substrato [5, 6]. Porém em alguns caracteres morfológicos dos pseudopodécios, como altura e ramificação, é possível encontrar variação intraespecífica em algumas espécies, como foi observado em *Stereocaulon alpinum*, uma espécie com formas baixas e altas [11], e em *S. vesuvianum* Pers. e *S. botryosum* Ach., duas espécies com formas simples e ramificadas [6].

A presença ou ausência de tomento sobre o pseudopodécio também é um caráter importante na identificação das espécies. Em algumas, a presença é um caráter constante, como em *S. tomentosum* Fr., enquanto em outras é sempre ausente, como em *S. evolutum* Graewe. A cor do tomento também pode nos ajudar na identificação das espécies, um exemplo é o caso de *S. saxatile* H. Magn., que pode ser diferenciada por ter tomento acinzentado, e de *S. alpinum* que é caracterizada por ter tomento rosa pálido [5, 10].

## Filocládios

Os filocládios são estruturas assimilativas contendo algas e, portanto, com funções fotossintéticas. Se localizam ao longo dos pseudopodécios e têm uma ampla variedade de formas em diferentes espécies e até na mesma espécie. A complexidade morfológica dos

filocládios é provavelmente o resultado de uma estratégia para aumentar a eficiência fotossintética [5]. Os filocládios podem ser esbranquiçados, creme-esbranquiçados, acinzentados, verde-acinzentado, azulados ou amarelados [6].

Com base nas diferenças morfológicas, algumas classificações têm sido propostas para os filocládios (Tabela 2). A proposta de Riddle [32], considerada a primeira classificação, diferenciou três tipos de filocládios. Magnusson [61] acrescentou algumas formas e aumentou a classificação para oito tipos. Lamb [5] discutiu a origem e o desenvolvimento dos filocládios, e adicionou o termo râmulos filocladioides proposto por Vainio [49] para os filocládios de tipo coraloide ramificado, por serem nada mais que ramos muito finos provenientes dos pseudopodécios. Motyka em 1964, baseado na literatura, apresentou uma classificação com sete formas [6], mas sem muitas modificações ao sistema de Magnusson.

**Tabela 2.** Principais classificações dos filocládios

Riddle [32]	Magnusson [61]	Motyka	Lamb [5, 10, 11]
Palmado-digitados ( <i>S. paschale</i> e <i>S. tomentosum</i> )	Digitados ( <i>S. paschale</i> )	Dactiliformes ( <i>S. grande</i> , <i>S. paschale</i> )	Digitado-esquamulosos ( <i>S. evolutum</i> , <i>S. paschale</i> )
Coraloides ( <i>S. coralloides</i> )	Coraloides ( <i>S. coralloides</i> , <i>S. subcoralloides</i> )	Coraloides ( <i>S. ramulosum</i> , <i>S. subcoralloides</i> )	Coraloides-teretes ( <i>S. coralloides</i> )
Umbilicados a granulares ( <i>S. denudatum</i> )	Granulares ( <i>S. botryosum</i> , <i>S. spissum</i> )	Granulares ( <i>S. botryosum</i> , <i>S. spissum</i> )	Granulares ( <i>S. japonicum</i> , <i>S. intermedium</i> , <i>S. paschale</i> )
	Verrucosos ( <i>S. alpinum</i> , <i>S. incrustatum</i> )	Verrucosos ( <i>S. alpinum</i> , <i>S. incrustatum</i> )	Verrucosos ( <i>S. alpinum</i> , <i>S. depreaultii</i> , <i>S. supervestiens</i> )
	Esquamuliformes ( <i>S. delisei</i> , <i>S. tomentosum</i> )	Esquamulosos ( <i>S. delisei</i> )	Peltado-esquamulosos ( <i>S. vesuvianum</i> )
	Peltados ( <i>S. denudatum</i> , <i>S. faliaceous</i> )	Peltados ( <i>S. vesuvianum</i> , <i>S. arcticum</i> )	Crenado-esquamulosos ( <i>S. alpinum</i> , <i>S. grande</i> )
	Papilosos ( <i>S. glareosum</i> )	Achatados, flabelados ( <i>S. tomentosum</i> , <i>S. wrightii</i> )	Espatulados, formando expansões foliares apicais ( <i>S. wrightii</i> , <i>S. apocalypticum</i> )
	Foliáceos ( <i>S. wrightii</i> )		Râmulos filocladioides ( <i>S. ramulosum</i> )

Comparando os diferentes sistemas de classificação, podemos perceber que oito formas de filocládios foram mencionadas pelos autores, mas só granulares, verrucosos, coraloides, esquamulosos, peltados e digitados foram mencionados por todos os autores. Porém, devido à grande plasticidade morfológica dos filocládios, é possível encontrar diferentes formas morfológicas na mesma espécie. *Stereocaulon alpinum* (filocládios

verrucosos até crenado-esquamulosos), *S. paschale* (filocládios granulares até digitados-esquamulosos), e *S. vesuvianum* (filocládios verrucosos até peltado-esquamulosos), são exemplos dessa ampla variação intraespecífica [11].

Algumas espécies, como *S. vesuvianum* e *S. verruciferum* Nyl. formam janelas corticais no centro dos filocládios, onde as algas são agrupadas e, portanto, mudam a coloração da região central para um tom esverdeado e mais escuro que a região proximal. Os filocládios com janelas corticais podem ser granulares, verrucosos ou peltado-esquamulosos [62].

### Cefalódios

Os cefalódios são definidos como uma região interna delimitada ou como uma estrutura externa verrucosa, esquamulosa ou fruticosa, presente em alguns fungos liquenizados, a qual contém um fotobionte diferente (uma cianobactéria) do fotobionte característico do talo liquênico [63]. Cefalódios são encontrados em diferentes gêneros de fungos liquenizados, como *Peltigera* Wildd., *Placopsis* (Nyl.) Linds. e *Stereocaulon*. Em *Stereocaulon* a presença de cefalódios é relatada na maioria das espécies, somente *S. scutelligerum* Th. Fr., *S. azureum* Nyl., e *S. virgatum* Ach. carecem de cefalódios [6].

Os cefalódios em *Stereocaulon* têm sido classificados por diferentes autores segundo as características morfológicas, o tipo de cianobactéria contida e as características anatômicas [5, 28, 30, 35, 64]. A definição dos cefalódios em *Stereocaulon* no sentido atual foi primeiramente proposta por Theodosius Fries [28], que distinguiu dois tipos principais (pulvinados e pedicelados) baseado na morfologia externa, usando em alguns casos esta classificação para separar espécies.

O valor taxonômico dos cefalódios em *Stereocaulon* também foi sugerido por Nylander [30], que deu atenção ao conteúdo dos cefalódios e distinguiu três tipos de “gonídios” presentes (*stratum gonimon scytonemoideum*, *stratum gonimon sirosiphonoideum* e *stratum gonimon e modulis gonimicis formatum*), adotando estes diferentes tipos como um caráter para distinguir as espécies.

A importância dada ao tipo de “alga” contida nos cefalódios resultou em um caráter taxonômico para separar algumas espécies [32, 61], mesmo que para a época já tenha sido relatada a presença de diferentes cianobactérias numa mesma espécie [65]. *Stereocaulon*

*arcticum* Lyngé, *S. massartianum*, *S. mixtum* Nyl. e *S. proximum* Nyl. são espécies que foram separadas somente pelo tipo de cianobactéria presente nos cefalódios [5].

Um importante trabalho sobre a relevância taxonômica dos cefalódios em *Stereocaulon* foi desenvolvido por Johnson [35]. As premissas estabelecidas por este estudo permitiram o avanço da classificação do gênero em uma base confiável [5]. A partir de estudos estatísticos e comparativos, Johnson [35] concluiu que os cefalódios são estruturas naturais do líquen e não de origem patológica como sugerido por alguns autores, adicionalmente constatou que a morfologia dos cefalódios é um bom caráter taxonômico, ao contrário do tipo de cianobactéria contida nos mesmos, o qual não tem importância taxonômica ou filogenética. Baseado então sobre a morfologia externa dos cefalódios, Johnson [38] reconheceu três tipos:

esférico: cefalódios sésseis, às vezes imersos, frequentemente indistintos, hemisféricos a subemisféricos, pequenos, raramente maiores que 1 mm de diâmetro, os maiores agregados em massas cinzentas a marrons;

botrioso: cefalódios frequentemente pedicelados na maturidade, com forma similar a racemos de uvas, concolores com os pseudopodécios, cinzas a esverdeados, usualmente grandes, 2-4 mm de diâmetro;

escrobiculado: cefalódios usualmente pedicelados na maturidade, globulares, mas mais ou menos clavados, foveolado-sulcados com finas circunvoluções, concolores com os pseudopodécios, esbranquiçados a acinzentados, frequentemente grandes e numerosos, 1-7 mm de diâmetro.

Lamb [5] concordou com algumas conclusões de Johnson embora tenha observado que o limite entre os cefalódios de tipo esférico e botrioso não é bem definido como sugerido. Lamb viu em *S. paschale* e *S. tomentosum* var. *orizabae* (Th. Fr.) I.M. Lamb ex Asahina que os cefalódios esféricos e botriosos estão conectados por uma série de gradações morfológicas e anatômicas imperceptíveis e, portanto, não podem ser mantidos como diferentes. Adicionalmente, Lamb confirmou que os cefalódios do tipo escrobiculado são, por outro lado, nitidamente separados dos tipos anteriores e, sem dúvida, representam, como demonstrado por Johnson [35], o tipo mais complexo no gênero.

Devido a que todos os cefalódios do grupo escrobiculado não são nitidamente escrobiculados, Lamb [5] propôs substituir o termo escrobiculado por saculado, e



adicionalmente reconheceu dois tipos diferentes de cefalódios saculados baseado na anatomia interna: os de “medula sólida” e os de “medula frouxa e aracnoide”. Alguns anos depois, Lamb [64] denominou protosaculados os cefalódios de “medula sólida” e manteve o termo saculado para os cefalódios de medula “frouxa e aracnoide”. Consequentemente, três tipos diferentes de cefalódios são reconhecidos por Lamb [5, 64], considerando sua hipótese sobre a transição entre os cefalódios esféricos e botriosos. Contrário aos cefalódios esféricos e botriosos, os cefalódios saculados e protosaculados têm em comum a presença de um córtex bem desenvolvido e altamente gelatinizado, e podem ser definidos assim:

saculado: cefalódios pedicelados, comumente escrobiculados-foveolados, com superfície irregularmente rugosa e sulcada, cinza-esverdeada. Hifas internas laxas e aracnoides, composto de hifas livres e entrelaçadas com consideráveis espaços de ar entre elas;

protosaculado: cefalódios pedicelados, comumente lisos e arredondados, globosos, cinza-esverdeados, às vezes se tornando levemente foveolados quando maduros. O tecido hifal interno é sólido e consistindo em hifas compactas sem espaços de ar entre elas.

Uma variação morfológica peculiar é encontrada nos cefalódios protosaculados de *Stereocaulon strictum* Th. Fr., os quais têm três estágios de desenvolvimento, começando com uma forma subglobosa, passando a uma forma estriada e finalmente a uma forma digitada [42].

## Apotécios

Os apotécios na maioria das espécies de *Stereocaulon* são constantes, podem ser biatorinos, lecideinos ou superlecideinos. A localização, o tamanho, a estrutura interna, e o tamanho e número de septos dos ascósporos são as principais características usadas na identificação e classificação das espécies [5].

Os apotécios podem se localizar lateralmente (como em *S. vesuvianum* e *S. tomentosum*) ou terminalmente (como em *S. alpinum* e *S. ramulosum*) sobre os pseudopodécios e os râmulos filocladíoides. O tamanho é variável entre as espécies, e são geralmente menores quando se localizam lateralmente e maiores quando se localizam terminalmente. Apotécios de tamanhos reduzidos são encontrados em *S. vesuvianum* e *S. tomentosum* (0.5-1.0 mm), enquanto tamanhos maiores são encontrados em *S. saviczii* Du Rietz (1.0-7.0 mm) [45].

Os apotécios são delimitados por um excípulo próprio (também denominado anfitécio ou paratécio), o qual geralmente se torna reflexo e ausente na maturidade. O anfitécio é geralmente composto de hifas radiais, conglutinadas, altamente gelatinizadas e de paredes muito espessas. Na maioria das espécies, os apotécios mostram um tecido medular interno localizado embaixo do hipotécio, o qual é chamado de cone central. O cone central é formado pela inserção na base do apotécio, de hifas medulares provenientes do pseudopodécio. O cone central pode ser laxo, composto por hifas frouxamente entrelaçadas como em *S. ramulosum*, ou pode ser compacto, composto por hifas fusionadas numa matriz gelatinosa como em *S. paschale* e *S. tomentosum* [5].

O himênio (antigamente chamado “técio”) dos apotécios em *Stereocaulon* tem variação na altura, e permite reconhecer algumas espécies, como *S. tomentosum* e *S. vesuvianum* que possuem himênio entre 40-70  $\mu\text{m}$ , e *S. ramulosum* e *S. claviceps* Th. Fr. com himênio maior que 70  $\mu\text{m}$ . As paráfises são retas, sinuosas ou filiformes, no ápice são capitadas ou clavado-capitadas e amarronzadas, tornando o epitécio amarronzado. Os ascos são clavado-alongados a cilíndrico-clavados, ou curtos e largamente clavados. O hipotécio varia de cor entre as espécies, podendo ser incolor, acinzentado a amarelado, até pigmentado em tons marrons. A transição entre hipotécio e o cone central pode ser gradativa ou abrupta [5].

Os ascósporos em *Stereocaulon* são incolores e septados transversalmente, podem ser elipsoides, fusiformes, fusiforme-aciculares ou cilíndrico-fusiformes. O tamanho e número de septos mostra uma variação considerável entre as espécies. Poucas espécies têm constantemente 1-septo, enquanto a maioria tem 3-septos ou mais (algumas têm até 30 septos como em *S. macrocephalum* Müll. Arg.). Em relação ao tamanho também é possível encontrar ascósporos com 15-25  $\mu\text{m}$ . de comprimento como em *S. evolutum*, e espécies com 80-220  $\mu\text{m}$  de comprimento como *S. macrocephalum* [5, 11].

Em algumas espécies, como *S. claviceps* e *S. pomiferum* P.A. Duvign., os pseudopodécios se incham na parte apical em forma clavada, logo abaixo onde começa o desenvolvimento do apotécio. Esses inchaços aparecem nos estágios iniciais da formação do apotécio, onde o disco se torna visível como uma camada adjunta ao ápice do pseudopodécio. Os apotécios com este tipo de crescimento nos estágios iniciais do desenvolvimento são chamados apotécios hipofisados [5, 11].

## Picnídios

Os picnídios têm sido observados em somente algumas espécies do gênero. São globosos e se localizam principalmente nos ápices dos pseudopodécios, frequentemente abaixo dos apotécios. Em algumas espécies, o tamanho dos conídios é consideravelmente variável (como em *S. paschale*), mas em outras espécies é constante, e pode ser considerado como um caráter para confirmar a identificação. Os conídios podem ser curto-bacilares, entre 4–7 µm de comp., ou filiformes e arqueados, entre 8–12 µm de comp. [5].

## Sorédios

Em *Stereocaulon* as estruturas de reprodução vegetativa somente são encontradas em forma de sorédios, os quais têm sido reportados em cerca de 30 espécies. Porém, os sorédios não podem ser considerados de grande significância taxonômica para o gênero de maneira geral. Eles podem ser um bom caráter para diferenciar algumas espécies por serem constantes, como em *S. pileatum*, mas sua presença também pode ser variável como em *S. vesuvianum*, ou rara como em *S. paschale*. Os sorédios encontrados em *Stereocaulon* são geralmente farinhosos, mas em algumas espécies podem ser granulares e derivados dos filocládios devido a uma diminuição gradativa no tamanho destas estruturas. Os sorédios geralmente são encontrados nos ápices dos pseudopodécios ou dos ramos filocladioides [5].

Em algumas espécies de *Stereocaulon* o desenvolvimento dos sorédios ocorre sobre estruturas peculiares, as quais resultam num caráter distintivo para a identificação. Por exemplo, em *S. delisei* Bory ex Duby e *S. wadei* I.M. Lamb, os sorédios são produzidos sobre ramos corimbosos muito finos derivados da ramificação apical dos pseudopodécios. Em *S. strictum* var. *compressum* (Nyl.) I.M. Lamb e *S. spathuliferum* Vain., os sorédios são produzidos sobre expansões apicais dos pseudopodécios, as quais são achatadas e espatuladas [5, 11].

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE IMPORTÂNCIA TAXONÔMICA

A composição química das espécies em *Stereocaulon* é consideravelmente variável entre depsídeos, depsídonas, terpenoides, dibenzofuranos e ácidos alifáticos [5, 6]. O depsídeo mais comum e frequente em *Stereocaulon* é a atranorina, a qual é produzida por todas as espécies do gênero. A atranorina é encontrada geralmente em conjunto com outros compostos químicos, porém em algumas espécies (como *S. alpinum* e *S. paschale*), ocasionalmente

apresentam fases deficientes de outros compostos químicos, nas quais apenas a Atranorina é detectada. Ácido estíctico, ácido norestíctico e ácido lobárico são as depsídonas mais comuns encontradas em *Stereocaulon*.

Os testes colorimétricos, como na maioria dos líquens, são uma prática útil para reconhecer os principais compostos químicos presentes nas espécies de *Stereocaulon* e os resultados das reações são usados em diferentes chaves taxonômicas [11]. Porém, em *Stereocaulon* também são encontradas espécies com substâncias químicas não identificáveis com esses testes colorimétricos, como *S. strictum* que produz ácido porfirílico e *S. corticatulum* Nyl. que produz ácido rangifórmico, substâncias químicas produzidas como componentes majoritários tornando-se necessário o uso de cromatografia em camada delgada (CCD) para confirmar a identificação dessas espécies.

Em sua revisão taxonômica, Lamb [5] considerou que algumas espécies apresentam tipos químicos (exemplares com composição química distinta, mas considerados sob a mesma espécie por não apresentarem diferenças morfológicas) e propôs diferenciá-los com números romanos. Lamb preferiu tipos químicos a espécies novas para não gerar nomes novos baseados somente nos caracteres químicos de espécimes muitas vezes com talos imperfeitos. Alguns exemplos de espécies com tipos químicos são registrados em Lamb [5, 10].

#### DIVISÃO DO GÊNERO *STEREOCAULON*

A morfologia de *Stereocaulon* é muito variável e ao longo do tempo diferentes pesquisadores têm proposto táxons infragenéricos como subgêneros ou seções. Uma das primeiras propostas para subdividir o gênero foi realizada por Körber [66], que agrupou as espécies com talo primário persistente na seção *Cereolus* e as espécies com talo primário evanescente na seção *Eustereocaulon*. Fries [67] subdividiu a seção *Eustereocaulon* de Körber em dois grupos: *Saxigrafia*, espécies com pseudopodécios firmemente aderidos à base; e *Terricola*, espécies com pseudopodécios emolientes e frouxamente aderidos à base, e propôs a seção *Chondrocaulon* para uma única espécie, *S. nanum* (Ach.) Ach.

Nylander [30] segregou um grupo de espécies com apotécios supostamente lecanorinos (mais tarde se descobriu que não existem apotécios lecanorinos verdadeiros em *Stereocaulon*) e os agrupou num gênero próprio o qual denominou *Lecanocaulon*, e sugeriu inclusive que *Stereocaulon colensoi* C. Bab. poderia constituir também um gênero próprio. Em 1888 realizou a combinação formal sob o nome *Corynophoron colensoi*. Continuamente,

Tuckerman [68] propôs *Phyllocaulon*, um subgênero monoespecífico para *Stereocaulon wrightii* Tuck., espécie diferenciada por formar expansões apicais a partir dos pseudopodécios. Nylander [*in* 69] também propôs incluir *S. nanum* num gênero próprio: *Leprocaulon*.

Vainio [49] propôs dividir *Stereocaulon* em dois subgêneros: *Lecidocaulon*, para agrupar espécies com apotécios lecideinos; e *Lecanocaulon* para agrupar espécies com apotécios supostamente lecanorinos. Essa classificação, mais tarde considerada errônea, foi seguida por Zahlbruckner em seu catálogo universal de líquens [5].

Riddle [32], reconheceu a seção *Eustereocaulon* de Körber, a seção *Chondrocaulon* de Th. Fr. e aderiu a seção *Prosterocaulon* (= *Cereolus* Körber) para as espécies com talo primário persistente. Du Rietz [33], em uma classificação baseada na morfologia dos filocládios, propôs duas subsecções: *Macrocarpa*, com apotécios terminais e grandes; e *Microcarpa*, com apotécios laterais e menores. A subsecção *Macrocarpa* é dividida em duas series: *Cylindrophylla*, espécies com filocládios cilíndricos-coraloides, e *Squamophylla*, espécies com filocládios esquamulosos ou verrucosos.

Dodge [34] seguiu a classificação de Riddle, e adicionou a seção *Sterocladium* para *S. tyroliense* Nyl. e algumas outras espécies. Clements and Shear [25] distribuíram as espécies de *Stereocaulon* em três gêneros: *Stereocaulum*, agrupando espécies com excípulo próprio e ascósporos multisseptados; *Lachnocaulum*, incluindo as espécies com apotécio coberto por margem talino e ascósporos simples; e *Chlorocaulum*, agrupando espécies com margem talino no apotécio e ascósporos multisseptados.

Satô [70], baseado na morfologia dos cefalódios, propôs separar na seção *Verruculata* as espécies com cefalódios botriosos e na seção *Sacculata* as espécies com cefalódios saculados, escrobiculados-corrugados. Simultaneamente Johnson [71] propôs a seção *Botryoideum* para as espécies com cefalódios botriosos, baseado sobre a mesma espécie tipo selecionada por Satô, *S. exutum* Nyl. Räsänen [72], enumerou cinco seções dentro de *Stereocaulon*: *Diplocheilon* Vain., *Lecidocaulon* Vain., *Myelocarpon* Vain., *Phaeobasis* Vain., and *Phyllocaulon* (Tuckerm.) Räs.

Lamb [5], na revisão taxonômica do gênero, discutiu as diferentes propostas de subdivisão do gênero, reconheceu algumas como naturais e merecedoras de um lugar na classificação subgenérica, enquanto considerou outras inúteis. Baseado no desenvolvimento

ontogênico dos pseudopodécios, Lamb [5] reconheceu dois subgêneros: *Holostelidium*, no qual os pseudopodécios são formados pela extensão de todas as camadas do talo primário (aréolas), e a função de assimilação é realizada por ramos teretes dos pseudopodécios (ramificações filocladioides); e *Enteropodium*, no qual os pseudopodécios são formados apenas pelo tecido medular basal das esquâmulas do talo primário e os filocládios verdadeiros são de forma variada esquamulosa, geralmente idênticos aos do talo primário. Lamb [5] decidiu subdividir o subgênero *Holostelidium* em seis secções e o subgênero *Enteropodium* em quatro subsecções.

Lamb [10], depois de vários anos de estudos sobre a taxonomia de *Stereocaulon*, apresentou uma parte importante de seu projeto de monografia, e atualizou a classificação. Entre as principais novidades que Lamb [10] incluiu na sua classificação de 1951, está a substituição do subgênero *Enteropodium* o qual passou a ser chamado subgênero *Stereocaulon*, e a recategorização da secção *Philoporopsis* no subgênero *Philoporopsis*.

Finalmente, Lamb propôs na sua classificação, três subgêneros: *Stereocaulon*, o qual agrupa quatro secções; *Philoporopsis*, um subgênero monoespecífico para *S. curtum*; e *Holostelidium*, o qual agrupa duas secções [10].

#### ESTUDOS MOLECULARES FILOGENÉTICOS EM *STEREOCAULON*

Os estudos moleculares para resolver problemas taxonômicos em *Stereocaulon* começaram a se desenvolver no final dos anos 1990, primeiramente com um trabalho que teve como objetivo avaliar as relações filogenéticas dos líquens cladiformes a partir da análise da região SSU (gene da subunidade pequena, *small subunit*) do DNA ribossomal (rDNA) [73]. Neste trabalho os autores verificaram que *Pilophorus* Th. Fr. é mais proximamente relacionado a *Cladonia* e não a *Stereocaulon*, suportando a teoria de que *Pilophorus* pertence a *Cladoniaceae* Zenker [5]. Seguidamente, Wedin et al. [74], avaliaram as relações filogenéticas de macrolíquens correspondentes às famílias *Cladoniaceae*, *Sphaerophoraceae* Fr. e *Stereocaulaceae* usando também a região SSU rDNA, e confirmaram que *Pilophorus* não é intimamente relacionado a *Stereocaulon*, e que *Cladoniaceae* e *Stereocaulaceae* são grupos irmão.

Os estudos moleculares em *Stereocaulaceae* continuaram nos anos 2000 com o objetivo de inferir as relações filogenéticas dos gêneros. Ekman and Tonsberg [75] associaram *Lepraria* e *Leproloma* Nyl. ex Cromb. a *Stereocaulon*. Stenroos et al. [76]

acrescentaram um maior número de sequências a seus estudos moleculares sobre as famílias cladoniformes. Printzen e Kantvilas [77] propuseram o gênero *Hertelidea* e posicionaram este na família *Stereocaulaceae*. Myllys et al. [78], numa revisão das relações filogenéticas em *Stereocaulaceae* baseada nas sequências parciais dos genes da  $\beta$ -tubulina e da gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (GAPDH) e SSU rDNA, reconheceram *Stereocaulaceae* como um grupo monofilético incluindo *Lepraria*, *Muhria* P.M. Jørg. e *Stereocaulon*. Miadlikowska et al. [79] em um trabalho sobre a classificação e evolução da classe *Lecanoromycetes* O.E. Erikss. & Winka, incluíram o gênero *Squamarina* Poelt em *Stereocaulaceae*. Seguidamente, Harris e Lad [80] propuseram e incluíram o gênero *Xyleborus* em *Stereocaulaceae*. Miadlikowska et al. [81], continuando com o trabalho sobre a classe *Lecanoromycetes*, apresentaram uma análise multigênica permitindo inferir as relações filogenéticas da classe, e trataram *Stereocaulaceae* e *Squamarinaceae* Hafellner como famílias irmãs.

Um trabalho importante na filogenética molecular de *Stereocaulon* foi desenvolvido por Högnabba [20], no qual foram analisadas várias espécies do gênero por meio das sequências do gene da  $\beta$ -tubulina e da região nuITS (espaçadores internos transcritos, *internal transcribed spacer*) do rDNA nuclear. Neste trabalho, Högnabba avaliou as relações filogenéticas interespecíficas no gênero, e como resultado incluiu algumas espécies crostosas e o gênero monoespecífico *Muhria* em *Stereocaulon*, e mostrou que as classificações infragenéricas de *Stereocaulon* [10] não são suportadas pelos dados moleculares. Continuando com os trabalhos filogenéticos sobre *Stereocaulon*, Högnabba et al. [21], revisaram a posição filogenética das espécies crostosas e mostraram que as espécies crostosas de *Stereocaulon* não formam um grupo monofilético, inferindo então, que a forma de crescimento crostosa em *Stereocaulon* é provavelmente um caráter plesiomórfico.

Park et al. [22], revisaram as espécies de *Stereocaulon* presentes na Coreia do Sul a partir de dados morfológicos, químicos e moleculares (regiões  $\beta$ -tubulina e nuITS), e avaliaram a posição destas na classificação filogenética do gênero. Adicionalmente foram apresentadas chaves taxonômicas, descrições, dados químicos e comentários pertinentes à taxonomia das espécies. Seguidamente, McCune et al. [8], propuseram cinco novas espécies crostosas de *Stereocaulon* suportadas em dados morfológicos, químicos e moleculares (regiões nuITS e nuLSU), aumentando assim para oito o número de espécies crostosas conhecidas na América do Norte.

Nos últimos anos, diferentes trabalhos têm sido realizados com o objetivo de pesquisar sobre os fotobiontes associados a *Stereocaulon*. Vančurová et al. [82] avaliaram a relação das associações simbióticas com algas verdes e sua influência na amplitude ecológica do fungo liquenizado, mostrando que linhagens em nível de espécie que aceitam mais parceiras simbióticas, possuem nichos climáticos mais amplos. Vančurová et al. [83] tiveram como objetivo determinar o efeito de um ambiente dinâmico (cascalho de rio) na estrutura da comunidade do ficobionte em *Stereocaulon*, indicando uma colonização contínua por ficobiontes e uma mudança da comunidade ao longo de um gradiente. Lavoie et al. [84], avaliaram a diversidade genética de cianobactérias do gênero *Stigonema* associadas com *Stereocaulon* no Canadá, reportando baixa diversidade genética dos cianobiontes. Finalmente, novas linhagens de algas verdes do gênero *Asterochloris* associadas a espécies de *Stereocaulon* da Antártica e Bolívia têm sido descritas com análises de dados morfológicos e genéticos [85, 86].



### 3. JUSTIFICATIVA

Os estudos sobre *Stereocaulon* na América do Sul [12, 14, 19] e na Antártica [15, 16, 17, 18] são importantes para reconhecer a diversidade das características morfológicas e químicas destas espécies e compreender sua real distribuição geográfica. No entanto, esses estudos carecem de associação com informações genéticas. Até o presente estudo, a maior parte das publicações que incluem dados genéticos para avaliar relações intra e interespecíficas são baseadas principalmente em espécimes da Europa, América do Norte e Ásia [8, 20, 21, 22]. Högnabba [20] também incluiu algumas sequências genéticas de espécimes da Argentina, mas nenhum outro trabalho de cunho taxonômico incluiu sequências genéticas dos micobiontes de espécimes oriundos da América do Sul. Como resultado, há relativa pouca informação genética das espécies sul-americanas de *Stereocaulon* disponível no banco de dados *GenBank*.

Consequentemente se faz necessário gerar e integrar dados morfológicos, químicos e genéticos das espécies de *Stereocaulon* da América do Sul e da Antártica para se ter uma melhor compreensão da diversidade deste gênero nestas regiões.

#### 4. OBJETIVOS

##### GERAL

Realizar o estudo taxonômico das espécies de *Stereocaulon* presentes na Antártica, nas altas latitudes do sul da América do Sul, nos campos de altitude no Brasil, e nas altas montanhas da Colômbia, por meio de análises morfológicas, químicas e moleculares.

##### ESPECÍFICOS

Montar um banco de sequências DNA referência para nuITS e  $\beta$ -tubulina das espécies de *Stereocaulon* presentes em Antártica e América do Sul.

Caracterizar quimicamente os espécimes analisados por meio de TLC.

Inferir as relações filogenéticas das espécies de *Stereocaulon* que ocorrem na Antártica, no sul da América do Sul, nos campos de altitude no Brasil e nos páramos andinos da Colômbia.

## 5. ARTIGOS

MANUSCRITO I:

Torres JM, Torres V, Rodrigues A, Gianini A, Honda NK, Spielmann AA, Lorenz AP (2023). Lineages of the lichen-forming fungus *Stereocaulon alpinum* and their photobionts in southern South America and maritime Antarctica. Publicado na **Polar Biology**: **46:865–879**



# Lineages of the lichen-forming fungus *Stereocaulon alpinum* and their photobionts in southern South America and maritime Antarctica

Jean Marc Torres<sup>1</sup> · Vanessa de Oliveira Torres<sup>1</sup> · Andressa Silva Rodrigues<sup>1</sup> · Aline Siqueira Gianini<sup>2</sup> · Ana Camila Micheletti<sup>2</sup> · Neli Kika Honda<sup>2</sup> · Adriano Afonso Spielmann<sup>3</sup> · Aline Pedroso Lorenz<sup>1</sup>

Received: 1 June 2022 / Revised: 7 June 2023 / Accepted: 14 June 2023

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023

## Abstract

*Stereocaulon alpinum* is a lichenized fungus commonly found in the Antarctic, circumarctic, alpine, and in mountainous areas of temperate regions. It forms a tripartite lichen symbiosis together with trebouxoid green microalgae, as its primary photobiont, and cyanobacteria of the genus *Nostoc* inside delimited cephalodia. Previous DNA-based analyses revealed two lineages for this fungus. This research discusses the morphological and chemical circumscription of *S. alpinum* and its geographic distribution and, to this end, we included new DNA data from the mycobiont and its photosynthetic partners. Phylogenetic reconstructions rejected infraspecific categories and revealed that specimens from the southern hemisphere (maritime Antarctica and South America) formed a well-supported “bipolar clade” with specimens from Finland, Greenland, and Canada. In addition, *S. alpinum* also formed a “northern clade” with sequences from Europe and North Atlantic islands. In specimens from the southern hemisphere, the identified lineages of phyco- and cyanobionts were already known to be associated with other lichenized fungi. The phycobiont was identified as *Asterochloris pseudoirregularis* and the cyanobiont as a member of the genus *Nostoc*. The phenotypic differences among the southern hemisphere specimens examined in this study pointed towards a broad morphological circumscription of *S. alpinum*. Simultaneously, the available descriptions of *S. alpinum* collected in the northern hemisphere, including the type specimen, do not provide characters distinguishing them from the southern specimens. These two clades likely represent cryptic species, one new and potentially only recognized using genetic data. Additional integrative studies, including a comprehensive analysis of specimens from the northern hemisphere, are necessary to know the diversity contained in the lichens identified as *Stereocaulon alpinum* worldwide.

**Keywords** *Ascomycota* · bipolar species · Lichen phylogeography · *Stereocaulaceae* · Taxonomy

## Introduction

The symbiotic association between lichen-forming fungi and green microalgae or cyanobacteria produces structures known as lichen thalli. In this structurally complex partnership, several additional microorganisms are also included (Hawksworth and Grube 2020). Lichens are abundant in alpine and polar habitats, thriving in regions subjected to challenging conditions of humidity, temperature, and UV radiation (Lutzoni and Miadlikowska 2009). The Antarctic territory includes three widely recognized biogeographic zones: continental Antarctica, maritime Antarctica, and the subantarctic zone (Lewis-Smith 1984; Peat et al. 2007). In maritime Antarctica, mosses and lichens compose mosaics of vegetation that have been directly affected by climate changes, affecting their diversity and the area of their coverage (Lee et al. 2017; Sancho et al.

\* Jean Marc Torres  
jean.torresp89@gmail.com

<sup>1</sup> Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, S/N, Campo Grande, MS 79070-900, Brazil

<sup>2</sup> Laboratório de Pesquisa 2 (LP2), Instituto de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, S/N, Campo Grande, MS 79070-900, Brazil

<sup>3</sup> Laboratório de Botânica/Liquenologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, S/N, Campo Grande, MS 79070-900, Brazil

2019). The distribution of the approximately 280 species of lichenized fungi that occur in maritime Antarctica includes endemic species (ca 40%), bipolar (ca 40%), cosmopolitan (ca 11%), and those restricted to the southern hemisphere, which are up to 9% of total diversity (Øvstedal and Lewis-Smith 2001; Singh et al. 2015). Many species in this region are also found at the southern extreme of South America. Phylogeographic analyses have shown that some of these species evolved in Antarctica and colonized South America and then the Arctic region, while others migrated from the northern hemisphere to Patagonia and Antarctica (Søchting and Castello 2012; Fernández-Mendoza and Printzen 2013; Lagostina et al. 2021). Comprehensive and integrative analyses are needed to understand how the evolutionary pathways shaped the rich lichen flora of southern South America and maritime Antarctica (Quillhot et al. 2012; Ruprecht et al. 2020).

*Stereocaulon alpinum* Laurer (*Stereocaulaceae*, *Ascomycota*) is a lichenized fungus producing fruticose thalli that is commonly found in maritime Antarctica forming conspicuous clusters on bryophytes, but rarely on volcanic rock (Fig. 1) and ash soils (Øvstedal and Lewis-Smith 2001; Spielmann and Pereira 2012). In southern South America, this species can be also found on mosses or rocks in open areas (Quillhot et al. 2012). Considered a bipolar species, *S. alpinum* also occurs in mountainous environments of the temperate regions (Dahl and Krog 1973; Lamb 1977; Thomson 1984; Oset 2014; Brodo 2016). The species produces fruticose thalli characterized by pseudopodetia that are either decumbent or erect and are covered by pinkish-white tomentum. They have verruciform to squamuliform phyllocladia, cephalodia that are simple-type; and have atranorin

and lobaric acid as the main medullary chemical compounds (Lamb 1977; Thomson 1984). This tripartite lichen involves microalgae of the genus *Asterochloris* and cyanobacteria of the genus *Nostoc* (Vančurová et al. 2018, 2020; Kim et al. 2020).

The wide geographic distribution of *S. alpinum* may be explained by its ability to adapt to different climatic conditions, substrates, and symbiotic partners (Colesie et al. 2018; Vančurová et al. 2018; Kosecka et al. 2021). Its morphological variation led different authors to propose infra-specific categories (Magnusson 1926; Frey 1932, 1969; Lamb 1977) that, are rarely recognized. The identification of *S. alpinum* based solely on morphological characters may initially appear straightforward; however, divergent lineages under this name have been identified (Högnabba 2006), indicating a cluster of species not yet recognized. The phylogenetic study of the genus revealed that specimens phenotypically identified as *S. alpinum* were positioned in two different lineages, one from the northern hemisphere (Austria and Italy) and one from the southern hemisphere in Argentina, raising the question whether there are different species throughout its distribution (Högnabba 2006). Integrative methods for species delimitation have been successfully used to identify lichenized fungi that connect morphological, anatomical, chemical, and genetic data, searching for a taxonomy that reflects the organism's evolutionary history (Lücking et al. 2014; Kistenich et al. 2018; Mercado-Díaz et al. 2020). This study aims to investigate the phenotypic variation, genetic divergence, and geographical distribution of *S. alpinum*, focusing on specimens collected in southern South America and maritime Antarctica. Besides addressing the phylogenetic placement and the identification challenges, this study

**Fig. 1** Clusters of conspicuous thalli of *Stereocaulon alpinum* on bryophytes and rocks in Antarctic. Photo by Adriano Spielmann



also explores the symbiotic associations, including data from the mycobiont and its photosynthetic partners.

## Material and methods

### Sampling

Specimens of *S. alpinum* were collected during two Brazilian summer expeditions (OPERANTARs), between 2015 and 2017, in Argentina (Parque Nacional Tierra del Fuego), the South Shetland Islands, and the Antarctic Peninsula. All vouchers were deposited in the CGMS herbarium (Campo Grande, Brazil). Additionally, one specimen collected in Finland was kindly sent by L.B. Sparrius. Details about collection sites and vouchers are provided in Online Resource 1.

### Morphology, anatomy, and chemistry

Thirty-five specimens of *S. alpinum* were analysed using a stereomicroscope Olympus SZX7 and a microscope Olympus CX22LED. We examined characteristics commonly applied to describe species of *Stereocaulon*, such as pseudopodetia size and arrangement, phyllocladia type, tomentum presence and color, cephalodia type, and the presence of soredia (Fries 1858; Johnson 1938; Lamb 1951, 1958, 1977, 1978; Kershaw 1960; Thomson 1984; Brodo et al. 2001; Øvstedal and Lewis-Smith 2001; Oset 2014). Differences observed among thalli were included in the descriptions, and the images were captured with a Canon EOS Rebel T3i coupled to the stereomicroscope and light microscope.

Chemical components were firstly identified with spot tests (K, C, KC, P) on the cortex and medulla of the phyllocladia, then confirmed with thin layer chromatography (TLC), microcrystallization (MC; methodology of Asahina (Huneck and Yoshimura 1996)), nuclear magnetic resonance (NMR), and high-performance liquid chromatography coupled to diode-array detection and mass spectrometry analysis (HPLC–DAD–MS) (Holzmann and Leuckert 1990; Musharraf et al. 2015). Thallus chemistry was also recorded by documenting the fluorescence under UV light. Sections of each specimen were cleaned, fragmented, and exhaustively extracted with acetone at room temperature. After solvent evaporation, the extracts were kept in a desiccator. For TLC, the extracts were chromatographed on aluminum plates coated with GF254 silica gel (0.20 mm, Macherey–Nagel), using toluene: acetic acid (85:15 v/v). The spots were visualized under UV (254 nm), then sprayed with methanol:sulfuric acid (10%) and heated until the complete appearance of spots, followed by *p*-anisaldehyde:sulfuric acid and reheating. Migration of substances was expressed as a retention factor (Rf). In NMR analysis—<sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectra were obtained in DMSO-d<sub>6</sub>. Chemical

shifts were calibrated using the solvent signal as a reference. All NMR experiments were conducted on a Bruker Advance DPX300 instrument (operating at 300.13 MHz for <sup>1</sup>H and 75.48 MHz for <sup>13</sup>C).

Finally, for HPLC–DAD–MS analysis, the extracts were analysed using high-performance liquid chromatography (Prominence UFLC, Shimadzu, Kyoto, Japan) coupled to a diode-array detector (240–800 nm) and a mass spectrometer with an electrospray ionization source (ESI) and the quadrupole-time-of-fl (QTOF) (MicroTOF-Q III, Bruker Daltonics, Billerica, USA) analyzers operating in negative ion mode. Nitrogen was used as a nebulizing gas (4 Bar), dry (9.1 L) and collision. The capillary voltage was set at 2500 V. The analysis was performed on a C18 column (Kinetex®, 150 mm × 2.1 mm id, 2.6 μm), with an oven temperature of 50 °C. The mobile phase was deionized water (A) and acetonitrile (B), both containing 0.1% formic acid (v/v), under the following gradient profile: 0–8 min 3% B, 8–30 min 3–25% B, 30–60 min 25–80% B, 60–63 min 80% B and 64–68 min 3–80% B. The flow rate was 0.3 mL/min, and the injection volume was 1 μL. The extracts were prepared at 300 μg/mL using acetonitrile and two drops of water, and they were filtered on a 0.22 μm × 13.0 mm PTFE membrane (Millex®, Millipore).

### DNA extraction, PCR, sequencing

Total DNA was extracted from fresh specimens using the Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega, Madison, WI, USA), following the manufacturer's recommendations. For DNA extraction of the mycobiont and the phycobiont, one portion of pseudopodetium about 1 cm long was used, while for the cyanobiont, five to six cephalodia were separated from the thallus. The nuclear ribosomal internal transcribed spacer region (nuITS) was amplified from the mycobiont as well as a portion of the  $\beta$ -tubulin gene using the primers ITS1F (Gardes and Bruns 1993) and ITS4 (White et al. 1990), and Bt3-LM and Bt10-LM (Myllys et al. 2001). The algal actin type I gene was amplified for the phycobiont using the primers ActinF2 Astero-5' and ActinR2 Astero-3' (Škaloud and Peksa 2010). Finally, the 16S rDNA gene of the cyanobiont was amplified using the primers fD1 and revAL (Weisburg et al. 1991; Elvebakk et al. 2008).

PCRs were performed in 25 μL reactions containing the following: 1 × PCR Buff r (Promega), 0.2 μM of each primer, 0.2 mM of dNTPs; 3.0 mM of MgCl<sub>2</sub>, 1U Taq DNA polymerase (Promega), and ca. 20 ng of genomic DNA. The nuITS PCR reactions were carried out under the following conditions: initial denaturation at 94 °C for 5 min, denaturation in 30 cycles of 95 °C for 30 s, annealing at 54.8 °C for 30 s, extension at 72 °C for 1 min and final extension at 72 °C for 5 min. The same was used for the  $\beta$ -tubulin and 16S rDNA regions, except for the annealing temperature of



52 and 58 °C. The actin type I PCR conditions were initially denaturation at 94 °C for 5 min, denaturation in 35 cycles of 94 °C for 1 min, annealing at 50 °C for 1 min, extension at 72 °C for 2 min and final extension at 72 °C for 10 min. All the PCR reactions were carried out in a Veriti Thermal Cycler (Applied Biosystems), checked in 1% agarose gel stained with GelRed® and purified with PCR Purification Kit (Ludwig Biotechnologia). The sequencing was performed by Macrogen® (Rep. of Korea). All sequences generated in this study were deposited in GenBank database, accession numbers are shown in Online Resource 1.

## Phylogenetic analyses

The sequences generated were aligned and compared with sequences obtained from GenBank (Online Resource 2). Two analyses were carried out separately for the mycobiont, the first comprising the nuITS dataset with 200 sequences and the second including 115 concatenated nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences, representing the main *Stereocaulon* clades (Ekman and Tonsberg 2002; Högnabba 2006; Kim et al. 2006; Paudel et al. 2008; Högnabba et al. 2014; Park et al. 2018; Vančurová et al. 2018, 2021; McCune et al. 2019). A sequence of *Cladonia rangiformis* Hoffm. and a of *Cladonia ahtii* S. Stenroos were selected as outgroups following previous phylogenies of *Stereocaulon* (Högnabba 2006; Park et al. 2018). For the phycobiont analyses a dataset with 123 sequences of the actin type I gene was compiled, containing the main lineages of the genus *Asterochloris* (Nelsen and Gargas 2006, 2008; Škaloud and Peksa 2010; Peksa and Škaloud 2011; Vančurová et al. 2018; Kim et al. 2020); and for the analysis of the cyanobionts, we used an alignment comprising 92 sequences of the 16S region, including the main lineages associated with lichenized fungi (O'Brien et al. 2005; Elvebakk et al. 2008; Lücking et al. 2009; Kaasalainen et al. 2015; Zúñiga et al. 2017) (Online Resource 2).

The alignments of all datasets were performed using the plugin MAFFT v7.308 (Katoh et al. 2002) available in Geneious v.8.1.7, and adjusted with algorithm G-INS-I, scoring matrix 1PAM/k = 2, gap penalty = 1.53 and off t value = 0.123. Ambiguously aligned regions were removed from the alignments using GBlocks 0.97b adjusted with less stringent parameters as in [http://molevol.cmima.csic.es/castr-esana/Gblocks\\_server.html](http://molevol.cmima.csic.es/castr-esana/Gblocks_server.html) (Talavera and Castresana 2007). The best nucleotide substitution models used in the phylogenetic analyses were selected using the Bayesian Information Criterion (BIC) in the jModelTest v.2.1.7 software (Darriba et al. 2012).

For reconstruction of the phylogenetic trees, Bayesian inference (BA) and maximum likelihood (ML) approaches were performed on the CIPRES gateway (Miller et al. 2010). The Bayesian inference (BA) was performed with the

MrBayes 3.1.2 software (Huelsenbeck and Ronquist 2001) using the GTR + I + G model with two simultaneous independent runs and four Markov Monte Carlo chains (MCMC) converging on 10,000,000 generations and sampling every 10,000 generations. As a burn-in, 25% of the fi t trees obtained were discarded. The convergence was confi med by inspecting the log probability in the Tracer 1.7 program (Rambaut et al. 2018) software. The maximum likelihood (ML) inferences were implemented in the RAxML 8.2.12 software (Stamatakis 2014), assuming the GTRGAMMA model and adjusting the other parameters in default options. The support values were estimated with 1000 bootstrap pseudoreplicates. The trees were visualized and edited using the FigTree v1.4.4 software (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>). Branches with a posterior probability  $\geq 0.95$  in Bayesian inference, and bootstrap support  $\geq 75\%$  in the ML phylogeny, were regarded as strongly supported. Finally, to evaluate intraspecific variation, *S. alpinum* nuITS haplotypes were defined, and nucleotide diversity was estimated using DNASP 5.10.1 software (Librado and Rozas 2009). The relationships among the haplotypes were inferred with Network 4.2.0.1 ([www.fluxusengineering.com](http://www.fluxusengineering.com)) using the median-joining method (Bandelt et al. 1999).

## Results

### Morphological and chemical studies

Morphological analyses of the 35 specimens of *Stereocaulon alpinum* sequenced assigned 20 specimens to *S. alpinum* var. *alpinum* Laurer and 11 to *S. alpinum* var. *erectum* Frey (according to Lamb 1978). It was impossible to determine the variety of four specimens because they were intermediate forms between the two varieties cited above. The *S. alpinum* var. *alpinum* is present in Finland, Argentina, and Antarctica, while *S. alpinum* var. *erectum* occurs in Argentina and Antarctica. According to Oset (2014), these two varieties are distributed in the same regions (Europe, USA, Argentina); therefore, there is no geographical correlation for the occurrence of these varieties. We also did not find a relationship between the morphological varieties and the detected genetic lineages. Morphological characters with taxonomic importance, e.g., size and septation of ascospores, scarcely reported in the literature, were analysed and described from some studied specimens; this procedure helped us to corroborate the identity of the species, enabling future comparisons with specimens collected throughout the taxon's distribution.

Chemical analyses of 33 specimens revealed atranorin and lobaric acid as the major secondary metabolites. Using traditional methods for identification of chemical substances in lichens (spot tests and TLC), the same chemical profile

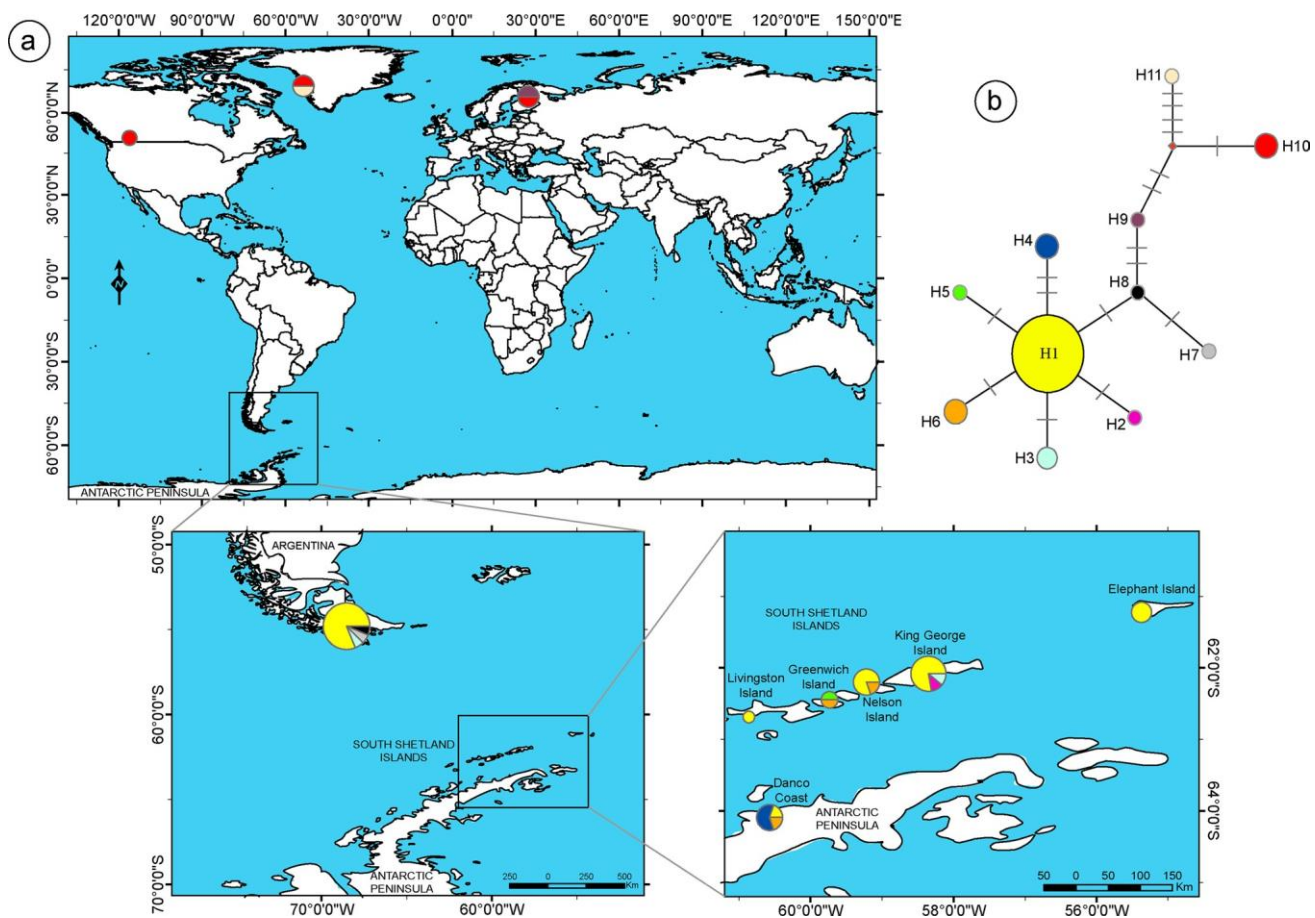
(atranorin and lobaric acid) was seen in the specimens studied here. However, using complementary alternative method (HPLC–DAD–MS) it was possible to document variations in the minor components of some specimens. The main differences were the presence of strepsilin in the specimens APL750, APL782 (collected on the Nelson Island in South Shetland Islands) and MCS843 (collected on Danco Coast in Antarctic Peninsula), and the presence of vinapraesorediosic B acid, also in the specimen APL782. More details will be presented in the section on taxonomy below.

### Phylogenetic studies of myco- and photobionts

We obtained 35 nuITS sequences from specimens of *S. alpinum* collected in the Antarctic Peninsula, Finland, the South Shetland Islands, and Tierra del Fuego, Argentina (Fig. 2, Online Resource 1). Despite the limited phylogenetic resolution and the low support value of some branches, the trees constructed with nuITS matrix recovered the main *Stereocaulon* clades. Specimens identified as *S. alpinum*

were positioned in different clades (Online Resource 3) (Högnabba 2006). One clade was bipolar, formed by the sequences generated in this work (Argentina, Finland, and maritime Antarctica) in addition to sequences from Canada and Greenland (Vančurová et al. 2018). This clade also included sequences of two specimens identified as *Stereocaulon saxatile* H. Magn., collected in Finland (Högnabba 2006). The other *S. alpinum* main clade was exclusively formed by sequences from specimens collected in the northern hemisphere (Högnabba 2006; Vančurová et al. 2018, 2021). It included sequences from Austria, the Faroe Islands (Denmark), Georgia, Iceland, Italy, and Switzerland. Furthermore, seven sequences from Canada, Greenland, and Switzerland did not cluster within the two main clades but instead grouped closely with sequences of *S. farinaceum*, *S. glareosum*, and *S. rivulorum*.

The same pattern was found in the ML and BA analyses performed with nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences (Online Resource 4), with the bipolar and northern clade corresponding to the groups 7a and 8b (Högnabba 2006).



**Fig. 2** a Collecting points of *Stereocaulon alpinum* specimens analysed in this study. The nuITS haplotypes are color-indicated, and the circle's size are proportional to the sample size. Maps were produced

using ArcGIS Software 10.1; b Median-joining network constructed with the nuITS haplotypes



Considering only the nuITS sequences of the bipolar clade (45 in total), 11 haplotypes were detected, eight from the Southern Hemisphere and three from the Northern Hemisphere (Fig. 2a, Online Resource 1). In the median-joining network (Fig. 2b), the low divergence among the haplotypes is evident, and the higher differentiation among the northern haplotypes (nucleotide diversity 0.0048 versus 0.0035 among the southern haplotypes). The haplotypes H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8 were identified in the southern hemisphere in southern South America, while the haplotypes H9, H10, and H11 were identified in the northern hemisphere. The haplotype H1 was the most widely distributed and frequent in the south, occurring in six populations: Tierra del Fuego, the South Shetlands Islands (Elephant, Livingston, King George, and Nelson Islands), and the Antarctic Peninsula (Danco Coast). Among the northern specimens, the haplotype H10 was widely distributed in Canada, Greenland, and Finland.

The phycobiont analyses were performed with 123 sequences of the actin type I gene, containing the main lineages of the genus *Asterochloris* (Fig. 3). We obtained sequences from five thalli, collected in the Antarctic Peninsula, Elephant Island, and King George Island (Online Resource 1). All sequences were grouped with *Asterochloris pseudoirregularis* Y. J. Kim, J. I. Kim et W. Shin, a species recently proposed by Kim et al. (2020). This *Asterochloris* species was described from specimens of the genus *Cladonia* collected from King George Island. In the same clade, two sequences of *Asterochloris* sp. isolated from *Stereocaulon vesuvianum* Pers. (DQ229888) and *Stereocaulon paschale* (L.) Hoffm. (MH382142), were placed, both from Alaska. In addition to the sequences generated in this study, 13 sequences of algae associated with *S. alpinum* were obtained from GenBank that, were distributed in different clades of *Asterochloris*, such as *Asterochloris irregularis* (Hildreth & Ahmadjian) Škaloud & Peksa (Greenland—2), *Asterochloris stereocaulinicola* Y. J. Kim, J. I. Kim et W. Shin (Antarctica—3) and *Asterochloris italiana* (P.A. Archibald) Škaloud & Peksa (Argentina—1), and the remaining seven *Asterochloris* spp. lineages from specimens collected in Argentina (1), Austria (1), Bolivia (1), Canada (1), Greenland (1) and Iceland (2) (Fig. 3, Online Resource 2).

To analyse the cyanobionts, we used an alignment comprising 92 sequences of the 16S region, including the main lineages associated with lichenized fungi (Fig. 4). Known cyanobacteria associated with different species of *Stereocaulon* are represented in the tree, such as *Stigonema* (*Stereocaulon exutum* Nyl.), *Rhizonema* (*Stereocaulon fronduliferum* I.M. Lamb and *Stereocaulon ramulosum* Raesch.), and *Nostoc* (*Stereocaulon tomentosum* Fr.). We did not find sequences of the 16S region from cyanobacteria associated with *S. alpinum* in GenBank. Lavoie et al. (2020) investigated *Stigonema* associated with different species of

*Stereocaulon* from eastern Canada, including *S. alpinum*, but using different genes. Interestingly, in the study of Lavoie et al. (2020), specimens identified as *S. alpinum* revealed an association with cyanobionts from different genera: specimen JC856 (Kuujuarapik) with *Nostoc*, and JC979 and JC1780 (Ontario) with *Stigonema*. Ten 16S sequences generated in this study (five from maritime Antarctica and five from Argentina) belong to *Nostoc*, specifically to the clade *Nostoc* II sensu O'Brien et al. (2005). This clade includes free-living cyanobacteria, but it is mainly composed of taxa associated with lichenized fungi, such as the genera *Nephroma* (Finland and Greenland), *Peltigera* (from Chile and Canada), and *Protopannaria* (Finland) (Fig. 4).

## Taxonomy

***Stereocaulon alpinum*** Laurer ex Funck, Cryptogamische Gewächse des Fichtelgebirg's. Heft 33: 6 (1827).

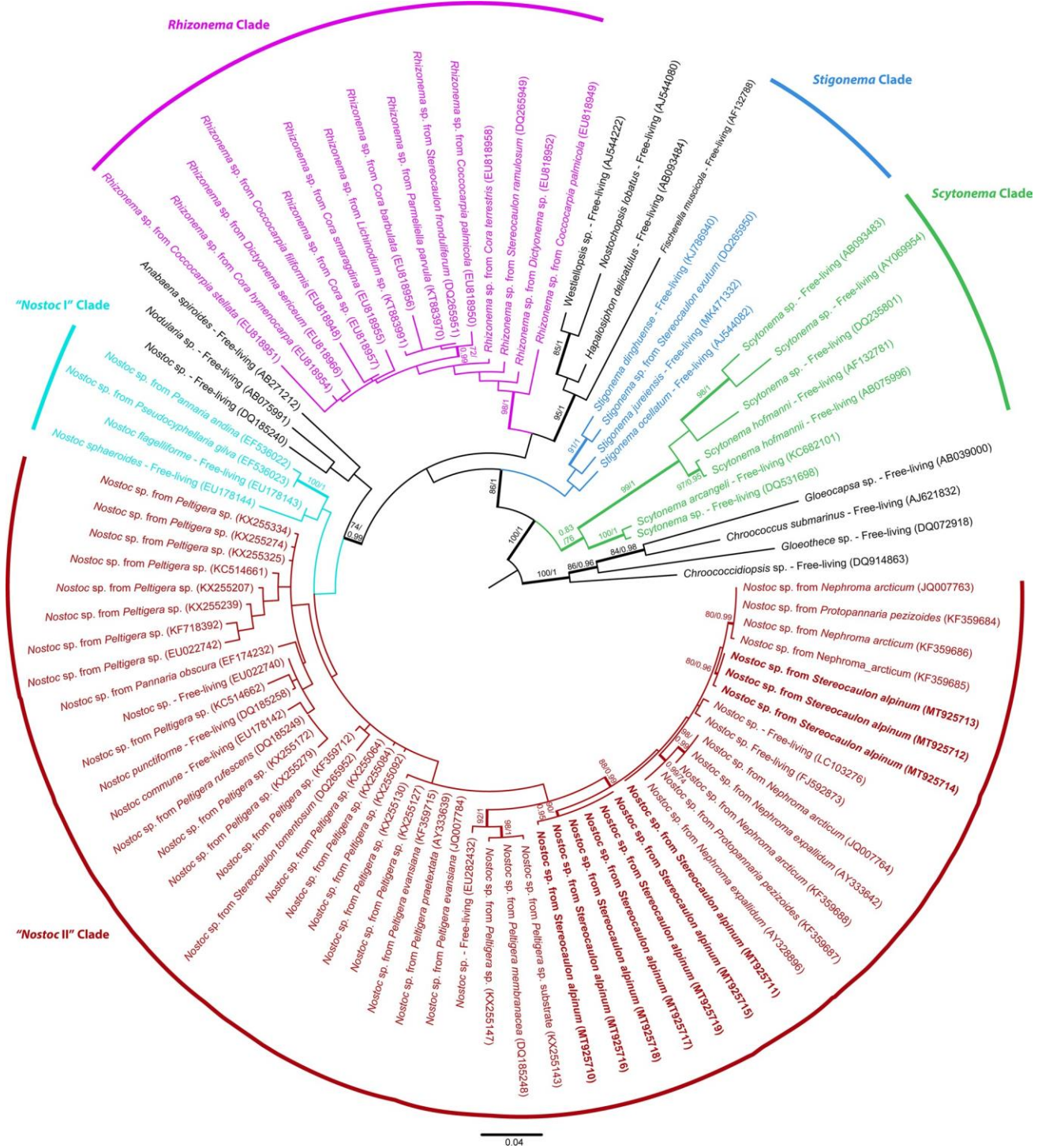
**Syntype:** Austria. Alps of Tirol and Kärnten, "besonders schön am Pasterzen Gletscher, *s.coll.* (LE, FH, Funck, Crypt. Gew. Bes. Fichtelgeb. Ed. II 684), *vide* Lamb (1977).

**Synonyms:** ≡ *Stereocaulon tomentosum* var. *alpinum* (Laurer) Th. Fr., De Stereocaulis et Pilophoris Commentatio: 30 (1857). ≡ *Stereocaulon tomentosum* subsp. *alpinum* (Laurer) Th. Fr., Monographia Stereocaulorum et Pilophorum: 357 (1858). ≡ *Stereocaulon paschale* var. *alpinum* (Laurer) Mudd, A Manual of British Lichens: 66 (1861). ≡ *Stereocaulon paschale* var. *alpinum* (Laurer) Du Rietz, Svensk Botanisk Tidskrift 20: 96 (1926).

**Thallus** saxicolous or muscicolous. **Primary thallus** disappearing. **Secondary thallus** formed by decumbent to erect or erect pseudopodetia, slightly dorsiventral, firmly attached to the substrate when saxicolous or loosely attached to the substrate when muscicolous, **branches** terete to slightly flattened, dichotomously anisotomic to irregularly branched, not lignified, decorticate, whitish cream along and at the apices, pale brownish without or with few branches at the base, 1.5–6.0 cm high, 0.5–1.0 mm diam. **Tomentum** frequent to abundant along the pseudopodetia and in the lower side of phyllocladia, pinkish-white, sometimes grayish-white, or pale brown at the basal part of pseudopodetia. **Phyllocladia** verruciform to slightly squamuliform or distinctly squamuliform and branched, crenate, whitish-grey to cream, 0.5–1.0 mm diam., confl or overlapping, frequent to abundant in the apices, crowded on top of pseudopodetia, few along and in the base of pseudopodetia. **Soralia** absent. **Apothecia** biatorine, rare, terminal, plane and with thin margins when immature, emarginate, undulate and convex when mature, disc brown to blackish brown, 1.5–3.5 mm diam, **amphithecium** whitish cream, tomentose. **Cephalodia** simple-type, spherical, commonly greenish and concealed in the tomentum, sometimes brownish and fissured, 0.1–0.4 mm diam., frequent to abundant, localized mainly in the lower







**Fig. 4** Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of 16 s sequences of cyanobacteria associated with *Stereocaulon alpinum*. Thickened branches correspond to high support values from

Bayesian inference (a priori probability  $\geq 0.9$ ) and from maximum likelihood (bootstrap  $\geq 70$ ) respectively. The sequences generated in this study are marked in bold

25–45 × 5–10 μm, 8-sporate, **ascospores** with 3 transverse septa, 20–27 × 3 μm, colorless. **Cephalodia** with undifferentiated wall of 10–20 μm high, formed by brownish hyphae of 4–5 μm diam. Filaments of *Nostoc* embedded

in capsules surrounded by interwoven hyphae. **Pycnidia** not seen.

**Chemistry:** phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + sul- fur yellow, UV + white; TLC, MC and NMR: Atranorin

and lobaric acid; HPLC–DAD–MS: Atranorin, lobaric acid, lobarin, gyrophoric acid, bourgeanic acid, oxysiphulin, colensoic acid, 2"-ene-lobaric, 3"-ene-lobaric, and 4"-ene-lobaric acids, and two compounds with structures not yet fully elucidated.

**Remarks:** The specimens analysed in this study showed that *S. alpinum* is consistent in its diagnostic morphological and chemical characteristics. This species is characterized by the decumbent (Fig. 5a) or erect (Fig. 5b) pseudopodetia, the presence of a pinkish-white or grayish-white tomentum covering the pseudopodetia (Fig. 5c); verruciform to squamuliform, whitish-grey to cream, crenate phyllocladia (Fig. 5d–f), generally crowded on top of pseudopodetia; by the terminal and undulate apothecia (Fig. 5g); the presence of atranorin and lobaric acid as major substances; and, by simple-type cephalodia (Fig. 5h, i), generally concealed in the tomentum (Fig. 5h, j), containing filaments of *Nostoc* (Fig. 5k, l).

However, this species has an extensive variation in morphological characteristics such as height and arrangement of pseudopodetia, arrangement of phyllocladia, thickness of tomentum, and stages-color of cephalodia. The morphological variation found over the wide geographical distribution of *S. alpinum* has led different authors to propose infra-specific categories. Magnusson (1926) and Frey (1932, 1969) recognized three varieties and one form, all of them confirmed by Lamb (1977): *S. alpinum* var. *alpinum*, *S. alpinum* var. *erectum*, *S. alpinum* var. *gracilentum* (Th. Fr.) Magn. and *S. alpinum* f. *platycladum* Frey.

Specimens of *S. alpinum* var. *alpinum* have prostrate to decumbent pseudopodetia, generally 3–4 cm high, discrete phyllocladia, not confluent (Lamb 1978). *Stereocaulon alpinum* var. *erectum* can be differentiated by the erect pseudopodetia, higher than 5 cm and by the presence of bourgeanic acid (Oset 2014). *Stereocaulon alpinum* var. *gracilentum* has prostrate to decumbent, short pseudopodetia (up to 1.5 cm high), and minute phyllocladia, not over 0.4 mm diam. (Magnusson 1926). *Stereocaulon alpinum* f. *platycladum* presents prostrate to decumbent pseudopodetia generally 3–4 cm high, the phyllocladia confl into irregularly extensive patches of thallus-mantle (Lamb 1978).

In this research we identified *S. alpinum* var. *alpinum* and *S. alpinum* var. *erectum*, in addition to intermediate forms between these two, for example: specimens with decumbent pseudopodetia in proximal parts higher than 5 cm (Fig. 5a) and specimens with all pseudopodetia erect and smaller than 5 cm (Fig. 5b). Concerning the phyllocladia form, the wide variation already reported by Lamb (1978) was confirmed with verruciform phyllocladia becoming squamuliform with different gradual modifications while some specimens presented only verruciform phyllocladia. In the phyllocladia disposition we found specimens that were discrete and separate (Fig. 5d), grouped and confluent (Fig. 5e), and

overlapping (Fig. 5f). Finally, the chemical analysis revealed the presence of bourgeanic acid in all studied specimens, so it is not unique to *S. alpinum* var. *erectum*. Consequently, we concluded that the height and disposition of pseudopodetia, phyllocladia disposition, and the presence of bourgeanic acid are not good characteristics for determining varieties in *S. alpinum*.

Comparing specimens with different geographical origins, we observed some phenotypic differences. In the specimen L.B. Sparrius 9266 from Finland, the phyllocladia are distinctly squamuliform, branched, and overlapping (Fig. 5f); and the tomentum is dense on the cephalodia (Fig. 5j). Specimens from Tierra del Fuego and Antarctica have verruciform to slightly squamuliform phyllocladia that are confluent and not branched (Fig. 5d, e) and thin tomentum on the cephalodia (Fig. 5h).

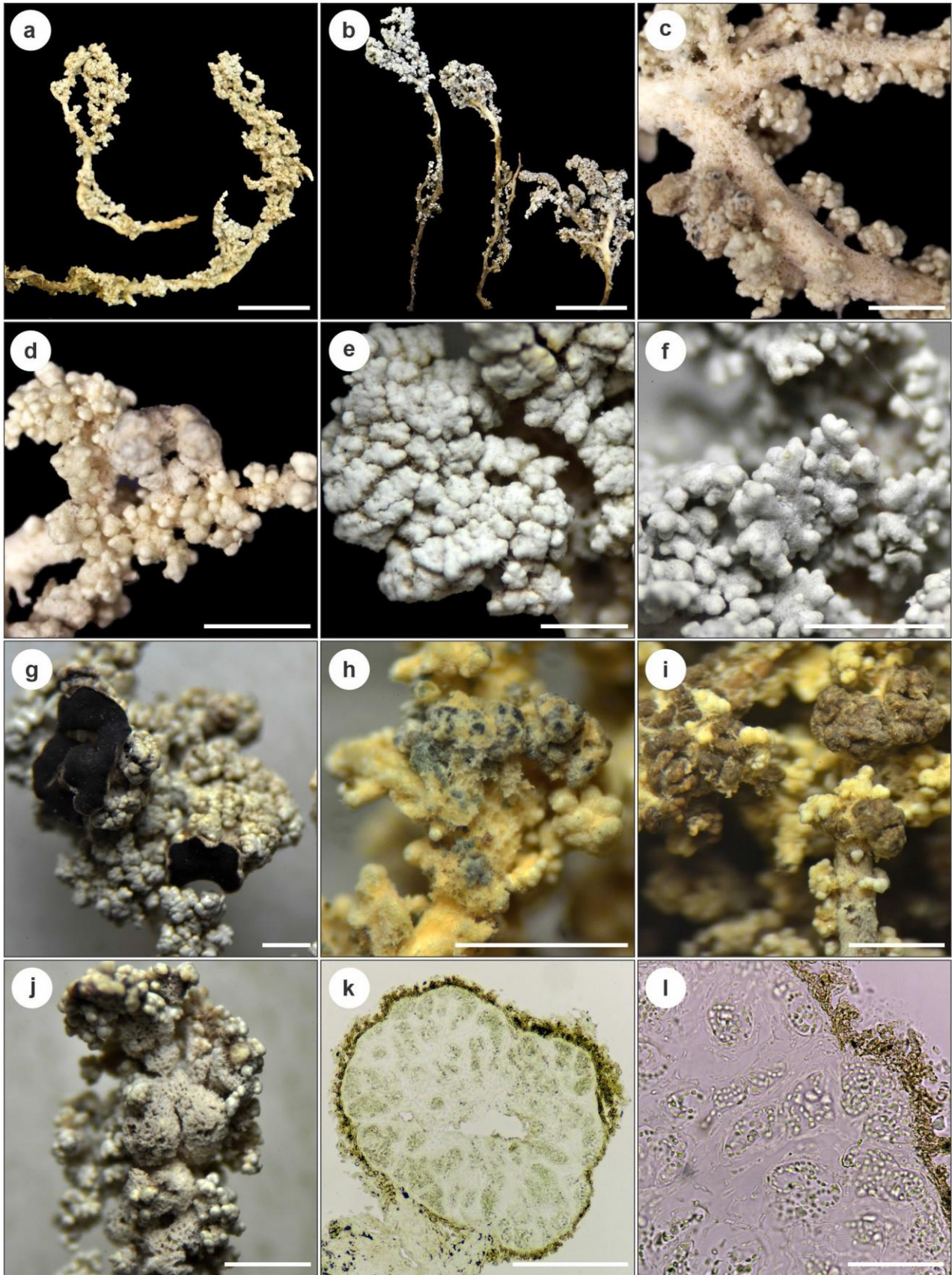
The cephalodia color is another character with significant variation in this species because it depends on the developmental state of the thallus. Younger cephalodia are generally greenish and concealed with a pinkish-white tomentum (Fig. 5h) due to the presence of many healthy cyanobacteria colonies (Fig. 5k). The loss of greenish color results from the death of the cyanobacteria colonies during thallus development. Therefore, older specimens have brownish cephalodia that are fissured and without tomentum (Fig. 5i). It is possible to find thalli with only greenish cephalodia or thalli with only brownish cephalodia or thalli with both.

*Stereocaulon grande* (H. Magn.) H. Magn., *S. paschale*, *S. saxatile* and *Stereocaulon taeniarum* (H. Magn.) Kivistö are species that morphologically and chemically resemble *S. alpinum*. They have tomentum on the pseudopodetia, simple-type cephalodia, and atranorin and lobaric acid as major components. *Stereocaulon grande* can be distinguished by digitate phyllocladia and pulvinate to spherical, smooth to verruculose-divided, pale brown cephalodia; *S. paschale* by digitate phyllocladia and granular to verruciform, scabrid, bluish-black cephalodia; *S. saxatile* by the short pseudopodetia [0.5–1 (–2) cm. high], and the granular, inconspicuous brown cephalodia; and *S. taeniarum* by the digitate phyllocladia, lack of cephalodia, and smaller apothecia, with less than 1 mm in diam. (Magnusson 1926; Lamb 1977; Kivistö 1998; Oset 2014). A comparative table (Table 1) of the main morphological differences between these species is presented according to the literature (Magnusson 1926; Lamb 1977, 1978; Thomson 1984; Kivistö 1998; Oset 2014).

## Specimens examined

**Antarctica:** South Shetland Islands, King George Island, Keller Peninsula, Admiralty Bay, 62°04'00.8"S, 58°24'59.7"W, 40 m alt., 10 Nov 2015, M.C Scur 26, 28 (CGMS); idem, 62°04'25.7"S, 58°24'46.4"W, 96 m alt., 10 Nov 2015, M.C Scur 39 (CGMS); idem, 62°04'49,1"S,





• **Fig. 5** *Stereocaulon alpinum*. **a** Pseudopodetia decumbent (*M.J. Kitaura* 4149); **b** Pseudopodetia erect (*M.J. Kitaura* 4067); **c** Pseudopodetia covered by pinkish white tomentum (*M.J. Kitaura* 4067); **d** Verruciform phyllocladia (*A.A. Spielmann* 12,530); **e** Simple, confluent squamuliform phyllocladia (*M.J. Kitaura* 4063); **f** Branched, overlapping squamuliform phyllocladia (*L.B. Sparrius* 9266); **g** Apothecia terminal and undulate (*M.J. Kitaura* 4063); **h** Cephalodia greenish covered by thin tomentum (*A.A. Spielmann* 11,686); **i** Cephalodia brownish, fissured and without tomentum (*W.S. Fava* 123); **j** Cephalodia covered by dense tomentum (*L.B. Sparrius* 9266); **k** Cross-section of a cephalodium shows colonies of cyanobacteria (*A.A. Spielmann* 11,686); **l** Cross-section of a cephalodium shows filaments of *Nostoc* (*A.A. Spielmann* 11,686). Scale bars: **a, b** (1 cm), **c, d, e-j** (1 mm), **k** (200  $\mu$ m), **l** (50  $\mu$ m)

58°21'06.8"W, 54 m alt., 27 Nov 2015, M.C. Scur 165, 193, 194 (CGMS); idem, Greenwich Island, Ponta Spark, 62°26'43.5"S, 59°44'09.5"W, 23 Jan 2016, A.P. Lorenz 432, 433 (CGMS); idem, Elephant Island, Stinker Point, North Plateau, 61°13'13.0"S, 55°22'16.8"W, 54 m alt., 20 Jan 2016, W.S. Fava 123, 125 (CGMS); idem, 61°12'53.4"S, 55°22'06.3"W, 116 m alt., 28 Jan 2016, W.S. Fava 262 (CGMS); idem, Livingston Island, Elephant Point, 62°41'16.3"S, 60°51'51.4"W, 11 Jan 2016, A.P. Lorenz 256 (CGMS); idem, Robert Island, Coppermine Peninsula, 62°22'43.3"S, 59°42'01.1"W, 06 Jan 2016, A.P. Lorenz 12 (CGMS); idem, Nelson Island, Rip Point, 62°14'26.8"S, 58°58'45.8"W, 30 Jan 2017, A.P. Lorenz 765, 782, 784 (CGMS); idem, Ardley Island, 62°12'32.9" S, 58°56'26.4"W, 52 m, 16 Feb 2017, Spielmann et al. 11,686 (CGMS); idem, 64°10'3.5"S, 61°2'48.502"W, 5 Jan 2017, M.C. Scur and J.V. Mundim 843 (CGMS). Antarctic Peninsula, Danco Coast, Primavera Cape, Cierva Cove, 64°09'50.6"S, 60°56'57.9"W, 287 m alt., 30 Nov 2015, M.C. Scur 206 (CGMS); idem, 64°5'36.35"S, 60°34'27.34"W, 82 m alt. 3 Dez 2016, M.C. Scur and J.V. Mundim 750, 757 (CGMS); idem, 64°9'34.30"S, 60°56'10.9"W, 4 Jan 2017, M.C. Scur and J.V. Mundim 836 (CGMS). **Argentina:** Ushuaia, Parque Nacional Tierra del Fuego, Cerro Guanaco, 54°49'08.2"S, 68°30'35.04"W, 909 m alt., 19 Nov 2016, Kitaura et al. 4059, 4060, 4063, 4067 (CGMS); idem, 54°49'06.50"S, 68°30'37.70"W, 922 m alt. 19 Nov 2016, Kitaura et al. 4055, 4056 (CGMS); idem, 54°48'20.46"S 68°33'21.16"W, 757 m alt. 22 Dez 2016, Kitaura et al. 4149 (CGMS); idem, 54°48'38.05"S, 68°32'28.60"W, 646 m alt., 22 Dez 2016, Kitaura et al. 4150 (CGMS); idem, 54°49'8.27"S, 68°30'36.22"W, 907 m alt., 19 Dez 2016, Spielmann et al. 12,614, 12,659, 12,689 (CGMS); idem, 54°48'43.10"S, 68°32'23.40"W, 606 m alt., 22 Dez 2016, Spielmann et al. 12,530 (CGMS). **Finland:** Lapland, Inari, Uruniemi Camping Site, 68°54'11.2"N, 27°04'26.8"E, 15 Aug 2019, L.B. Sparrius 9266-*duplicate* (CGMS).

## Discussion

The study of several specimens of *Stereocaulon alpinum* from maritime Antarctica and South America revealed substantial variation in several characters, such as pseudopodetia height and arrangement, phyllocladia shape, tomentum thickness and the color of cephalodia. Phyllocladia, for example, were verruciform, squamuliform, or both in the same thallus. The observed morphological variation may be possibly linked to distinct habitat preferences. The absence of detailed descriptions of a widely distributed species with several variants challenges its identification. Our research showed that it is necessary to analyse several characters (including ascospores size and septation) in specimens collected throughout its distribution to understand the extent of *S. alpinum* intraspecific morphological variation.

We could identify two varieties among the specimens examined, *S. alpinum* var. *alpinum* and *S. alpinum* var. *erectum*. However, the morphological features traditionally employed to distinguish these two varieties were inconsistent, as we encountered numerous intermediate forms. Furthermore, there was no phylogenetic or chemical signal to support the differentiation at the variety level. All specimens produced atranorin and lobaric acid as major components, as already described (Lindsay 1974; Lamb 1977; Oset 2014). Differences in the minor components were detected. The presence of bourgeanic acid was previously reported exclusively for specimens of *S. alpinum* var. *erectum* (Oset 2014); however, we found this substance in all analysed specimens.

In the previous study of *Stereocaulon* phylogeny, Högnabba (2006) revealed the existence of two distinct clades formed by specimens identified as *S. alpinum*: one formed by sequences from the northern, and the other from the southern hemisphere. These observations indicated that *S. alpinum* could not be a bipolar species. However, our analyses showed that the specimens from the southern hemisphere studied by Högnabba (2006) grouped with specimens sequenced from maritime Antarctica and Argentina together with other specimens from Canada, Finland, and Greenland, hence pointing to a bipolar distribution. The northern *S. alpinum* clade is formed by sequences from Austria, the Faroe Islands (Denmark), Georgia, Iceland, Italy, and Switzerland.

The holotype of *S. alpinum* has not been designated, but according to Lamb (1977), the material sent to Funck by Laurer may be regarded as an isotype. This material is from Glaciar Pasterze in Austria; therefore, it could be related to the northern clade. However, the Austrian specimen sequenced and positioned in the northern clade was not morphologically and chemically compared to the



Table 1 Main morphological characteristics of species closely related to *Stereocaulon alpinum*

	<i>Stereocaulon alpinum</i>	<i>Stereocaulon grande</i>	<i>Stereocaulon paschale</i>	<i>Stereocaulon saxatile</i>	<i>Stereocaulon taenitarum</i>
Pseudopodetia (High cm)	1–6 (–8) cm	4–8 cm	(2–) 3–4 (–6) cm	0.5–1 (–2) cm	(2–) 3–6 (–7.5) cm
Tomentum	Generally pinkish, sometimes grayish-white	White to pinkish	White to pinkish	Gray	White to pinkish
Phyllocladia	Verruciform to squamuliform, generally crowded on apices of pseudopodetia	Verruciform-squamuliform to digitate, distributed along of pseudopodetia	Verruciform-squamuliform to digitate, crowded on apices of pseudopodetia	Squamuliform to coralloid squamuliform, distributed along of pseudopodetia	Verruciform-squamuliform to digitate, distributed along of pseudopodetia
Cephalodia	Spherical, greenish to brown, smooth, generally covered by tomentum, with <i>Nostoc</i>	Pulvinate to spherical, smooth or verruculose-divided, pale brown, containing <i>Stigonema</i> and/or <i>Nostoc</i>	Botryose, bluish-black, scabrid, not covered by tomentum, generally with <i>Stigonema</i>	Granular, Rare, inconspicuous, brown, with <i>Stigonema</i>	Absent
Apothecia	Terminal, 1.5–3.5 mm diam. Hymenium 45–55 µm high. Ascospores with 3 septa, 20–27 × 3 µm [in Magnusson (1926), 27–34 × 2.5–3 µm]	Terminal, 1.5–3.0 mm diam. Hymenium 50–60 µm high. Ascospores with 3–4 septa, 20–44 × 2–3 µm	Terminal, 1–2 (–3) mm diam. Hymenium 45–50 µm high. Ascospores with 3 septa, 25–38 × 2.5–3 µm	Terminal, rarely over 1 mm diam. Hymenium 55–65 µm high. Ascospores with 3 septa, (20–)30–40 × 3.5–4 µm	Terminal, less than 1 mm diam. Information about hymenium and ascospores is not available

material type. The descriptions of *S. alpinum* are generally short and not detailed; however, *S. alpinum* diagnostic characters known from the type material (Riddle 1910; Dogde 1929; Lamb 1977; Oset 2014) were consistently found in our specimens. While the sampling efforts have been comprehensive in the southern hemisphere and included extensive phenotypic analyses, just one specimen from the northern hemisphere (Finland) was examined in this study. Thus, based on the available data, it is challenging to determine which clade represents *S. alpinum* definitively. It is clear that the two main *S. alpinum* clades (bipolar and northern) comprise morphologically similar species, and one of them might represent another species with morphological characteristics similar to *S. alpinum* but differing genetically; it is possibly a cryptic species not yet described. To achieve a conclusive understanding of the taxonomic status and phylogenetic placement of *S. alpinum*, conducting comprehensive analyses on a larger number of specimens from the northern regions is necessary.

The network constructed with the nuITS sequences revealed that the haplotype H1 is widely distributed in maritime Antarctica and probably represents the ancestral genotypes that occupied the region. Other haplotypes are more geographically restricted, exclusive to specimens from Finland, Antarctic islands, the Antarctic Peninsula or South America. Despite the spatial segregation of the haplotypes, the divergence among them is low, suggesting recent occupation as result of migratory events.

According to Vančurová et al. (2018) the specificity and selectivity of the phycobiont partners in *Stereocaulon*, as well as their ecological requirements and the width of their niches vary significantly among the species-level lineages. In *Stereocaulon* the main phycobiont genus is *Asterochloris* (Vančurová et al. 2018; Kim et al. 2020). According to actin sequences, *A. pseudoirregularis* is the algal partner of the specimens studied here. This species was previously reported in the lichenized fungi *Cladonia gracilis* (L.) Willd. and *Cladonia* sp. (Kim et al. 2020). *Asterochloris pseudoirregularis* is closely related to *Asterochloris* sp. and *A. irregularis*, two species already reported as phycobionts of *Cladonia* and *Stereocaulon*, including *S. alpinum* (Vančurová et al. 2018; Kim et al. 2020). The paper by Vančurová et al. (2018) that identified two haplotypes of *S. alpinum*, OTU29 and OTU35 and that correspond to the bipolar and northern lineages described here, showed that both mycobiont lineages select different *Asterochloris* lineages. For OTU29 of *S. alpinum* the phycobionts identified were *Asterochloris* aff. *irregularis*, *Asterochloris glomerata* (Waren) Škaloud & Peksa and *A. irregularis*; and for OTU35 were *Asterochloris lobophora* Škaloud & Peksa, *Asterochloris phycobiontica* Tschermak-Woess and *Asterochloris woessiae* Škaloud & Peksa. This selection of phycobiont partners

likely corresponds to different habitat requirements, such as temperature and precipitation. *Asterochloris* aff. *irregularis*, *A. glomerata*, and *A. irregularis* exhibit adaptations to a broader range of temperature and precipitation conditions and can tolerate significant temperature seasonality. In contrast, *A. lobophora* and *A. woessiae* have narrower temperature and precipitation ranges and prefer more stable climates (Vančurová et al. 2018).

Symbiotic associations between cyanobacteria from the genera *Nostoc*, *Rhizonema*, and *Stigonema* and different species of *Stereocaulon* have already been reported (Johnson 1938; Lamb 1958; Vančurová et al. 2018; Lavoie et al. 2020). Sequences of the 16S region identified *Nostoc* as the cyanobiont of *S. alpinum* specimens from maritime Antarctica and Argentina. Studies on cyanobacteria associated with *Collema*, *Leptogium*, *Lobaria*, *Nephroma*, *Parmeliella*, and *Peltigera* showed that lichenized fungi form symbiotic associations preferentially with certain *Nostoc* lineages (Paulsrud et al. 2000; Rikkinen et al. 2002; Lohtander et al. 2003; Wirtz et al. 2003; Stenroos et al. 2006; Magain et al. 2017, 2018; Pardo-De la Hoz et al. 2018; Chagnon et al. 2019). Moreover, the same *Nostoc* strain can form associations with different species of lichenized fungi in a non-specific manner, including with *Stereocaulon* (Lavoie et al. 2020).

By examining specimens from maritime Antarctica and South America and integrating the results of different analyses, we conclude that *S. alpinum* has considerable phenotypic variation not related to phylogenetic or geographic patterns. Its photobionts are *Asterochloris* and *Nostoc* lineages already known as symbionts of other lichenized fungi. Most importantly, a taxonomical review is necessary to correctly assign the bipolar and northern clades to their corresponding species' names.

**Supplementary Information** The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s00300-023-03168-y>.

**Acknowledgements** The authors thank Dr. Laurens Sparrius for sending a specimen of *S. alpinum* from Finland and Dr. Andre Aptroot for arranging this collaboration. We also want to thank to the CGMS curator Luciana Canêz who quickly attended our requests. Finally thanks to Dra. Mayara Scur and to Drs. Marcos Kitaura and Wellington Fava for collecting fresh specimens.

**Author contributions** Conceptualization, methodology and validation, APL and JMT; field work, AAS and APL; morphological analyses, JMT; chemical analyses, AG, ACM and NKH; molecular analyses, APL and JMT; writing of original draft preparation, JMT, APL, AR and VT; writing, review, and editing, JMT, APL and AAS; funding acquisition, AAS and APL. All authors reviewed the manuscript.

**Funding** This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001. V. Torres received a Master fellowship (CAPES), and J.-M. Torres and A. Rodrigues received a Doctoral fellowship (CAPES). This was also supported by the Brazilian “Evolution and Dispersal of Antarctic Bipolar Species of Mosses and Lichens” project (MCTI/CNPq/FNDCT—Ação Transversal n° 64/2013).

**Data availability** All specimens studied here are available in the CGMS herbarium (<http://cgms.jbrj.gov.br/v2/consulta.php>) as well as the sequences generated in the Genbank database (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). See voucher information and accession numbers in Online Resource 1.

## Declarations

**Conflict of interest** The authors declare that there are no conflict of interest at any level for the publication of this study.

## References

- Bandelt HJ, Forster P, Röhl A (1999) Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol* 16:37–48. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026036>
- Brodo IM (2016) Keys to lichens of North America: revised and expanded. Yale University Press, New Haven and London
- Brodo IM, Duran-Sharnoff S, Sharnoff S (2001) Lichens of North America. Yale University Press, New Haven and London
- Chagnon PC, Magain N, Miadlikowska J, Lutzoni F (2019) Species diversification and phylogenetically constrained symbiont switching generated high modularity in the lichen genus *Peltigera*. *J Ecol* 107:1645–1661. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13207>
- Colesie C, Büdel B, Hurry V, Green TGA (2018) Can Antarctic lichens acclimatize to changes in temperature? *Glob Chang Biol* 24:1123–1135. <https://doi.org/10.1111/gcb.13984>
- Dahl E, Krog H (1973) Macrolichens of Denmark, Finland, Norway and Sweden. Universitetsforlaget, Oslo, Bergen, Tromsø
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R, Posada D (2012) jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods* 9:772. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2109>
- Dogde CW (1929) A synopsis of *Stereocaulon* with notes on some exotic species. *Ann Crypt Exot* 2:93–153
- Ekman S, Tonsberg T (2002) Most species of *Lepraria* and *Leproloma* form a monophyletic group closely related to *Stereocaulon*. *Mycol Res* 106:1262–1276. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006718>
- Elvebakk A, Papaefthimiou D, Robertsen EH, Liaimer A (2008) Phylogenetic patterns among nostoc cyanobionts within bi- and tripartite lichens of the genus *Pannaria*. *J Phycol* 44:1049–1059. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00556.x>
- Fernández-Mendoza F, Printzen C (2013) Pleistocene expansion of the bipolar lichen *Cetraria aculeata* into the Southern hemisphere. *Mol Ecol* 22:1961–1983. <https://doi.org/10.1111/mec.12210>
- Frey E (1969). In: Poelt J (ed) Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Verlag, J Cramer, Lehre, pp 1–757
- Frey E (1932) Cladoniaceae (unter Ausschluss der Gattung *Cladonia*) Umbilicariaceae. In: Rabenhorst L, Grunow A (eds) Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 2nd edn. Bd. 9. Leipzig, pp 1–426
- Fries TM (1858) Monographia Stereocaulorum et Pilophorum. *Acta Regia Soc Sci Upsal* 3:307–380
- Gardes M, Bruns TD (1993) ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol Ecol* 2:113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- Hawksworth DL, Grube M (2020) Lichens redefined as complex ecosystems. *New Phytol* 227:1–3. <https://doi.org/10.1111/nph.16630>
- Högnabba F (2006) Molecular phylogeny of the genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, lichenized ascomycetes). *Mycol Res* 110:1080–1092. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.04.013>



- Högnabba F, Pino-bodas R, Nordin A, Myllys L, Stenroos S (2014) Phylogenetic position of the crustose *Stereocaulon* species. *Lichenologist* 46:103–114
- Holzmann G, Leuckert C (1990) Applications of negative fast atom bombardment and MS/MS to screening of lichen compounds. *Phytochemistry* 29:2277–2283. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)83052-3](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)83052-3)
- Huelsenbeck JP, Ronquist F (2001) MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics* 17:754–755. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/17.8.754>
- Hüneck S, Yoshimura I (1996) Identification of lichen substances. Springer, Berlin
- Johnson GT (1938) The Taxonomic Importance and phylogenetic significance of the cephalodia of *Stereocaulon*. *Ann Mo Bot Gard* 25:729–768
- Kaasalainen U, Olsson S, Rikkinen J (2015) Evolution of the tRNA<sup>Leu</sup> (UAA) intron and congruence of genetic markers in lichen-symbiotic nostoc. *PLoS ONE* 10:e0131223. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131223>
- Katoh K, Misawa K, Kuma K, Miyata T (2002) MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Res* 30:3059–3066. <https://doi.org/10.1093/nar/gkf436>
- Kershaw KA (1960) The genus *Stereocaulon* Schreb. in the British Isles. *Lichenologist* 1:184–203
- Kim JH, Ahn I-Y, Hong SG, Andreev M, Lim K-M, Oh MJ, Koh YJ, Hur J-S (2006) Lichen flora around the Korean Antarctic scientific station, King George Island, Antarctic. *J Microbiol* 44:480–491
- Kim JI, Kim YJ, Nam SW, So JE, Hong SY, Choi H-G, Shin W (2020) Taxonomic study of three new Antarctic *Asterochloris* (Trebouxiophyceae) based on morphological and molecular data. *Algae* 35:17–32. <https://doi.org/10.4490/algae.2020.35.2.23>
- Kistenich S, Timdal E, Bendiksby M, Ekman S (2018) Molecular systematics and character evolution in the lichen family Ramalinaceae (Ascomycota: Lecanorales). *Taxon* 67:871–904
- Kivistö L (1998) Taxonomy of *Stereocaulon paschale* and allied species in finland. *Sauteria* 9:25–36
- Kosecka M, Krzemińska BG, Černajová I, Škaloud P, Jabłońska A, Kukwa M (2021) New lineages of photobionts in Bolivian lichens expand our knowledge on habitat preferences and distribution of *Asterochloris* algae. *Sci Rep* 11:8701. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88110-0>
- Lagostina E, Andreev M, Dal Grande F, Grewe F, Lorenz A, Lumbsch HT, Rozzi R, Ruprecht U, Sancho LG, Söchting U, Scur M, Wirtz N, Printzen C (2021) Effects of dispersal strategy and migration history on genetic diversity and population structure of Antarctic lichens. *J Biogeogr* 48:1635–1653. <https://doi.org/10.1111/jbi.14101>
- Lamb IM (1951) On the morphology, phylogeny, and taxonomy of the lichen genus *Stereocaulon*. *Can J Bot* 29:522–584. <https://doi.org/10.1139/b51-045>
- Lamb IM (1958) La Vegetación Liquéfica de los Parques Nacionales Patagónicos. *Anales de Parques Nacionales*, Buenos Aires
- Lamb IM (1977) A conspectus of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *Journ Hattori Bot Lab* 43:191–355
- Lamb IM (1978) Keys to the species of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *Journ Hattori Bot Lab* 44:209–250
- Lavoie C, Renaudin M, McMullin RT, Gagnon J, Roy C, Beaulieu M-E, Bellenger JP, Villarreal JC (2020) Extremely low genetic diversity of *Stigonema* associated with *Stereocaulon* in eastern Canada. *Bryologist* 123:188–203. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-123.2.188>
- Lee JR, Raymond B, Bracegirdle TJ, Chadès I, Fuller RA, Shaw JD, Terauds A (2017) Climate change drives expansion of Antarctic ice-free habitat. *Nature* 547:49–54. <https://doi.org/10.1038/nature22996>
- Lewis-Smith RI (1984) Terrestrial plant biology of the sub-Antarctic and Antarctic. In: Laws RM (ed) *Antarctic ecology*, vol 1. Academic Press, London, pp 61–162
- Librado P, Rozas J (2009) DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25:1451–1452. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp187>
- Lindsay DC (1974) The macrolichens of South Georgia. *Brit Antarct Survey Sci Repts* 89:1–91
- Lohtander K, Oksanen I, Rikkinen J (2003) Genetic diversity of green algal and cyanobacterial photobionts in *Nephroma* (Peltigerales). *Lichenologist* 35:325–339. [https://doi.org/10.1016/S0024-2829\(03\)00051-3](https://doi.org/10.1016/S0024-2829(03)00051-3)
- Lücking R, Lawrey JD, Sikaroodi M, Gillevet PM, Chaves JL, Sipman HJM, Bungartz F (2009) Do lichens domesticate photobionts like farmers domesticate crops? Evidence from a previously unrecognized lineage of filamentous cyanobacteria. *Am J Bot* 96:1409–1418. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800258>
- Lücking R, Dal Forno M, Sikaroodi M, Gillevet PM, Bungartz F, Moncada B, Yáñez-Ayabaca A, Coca LF, Chaves JD, Lawrey JD (2014) A single macrolichen constitutes hundreds of unrecognized species. *Proc Natl Acad Sci USA* 111:11091–11096
- Lutzoni F, Miadlikowska J (2009) Lichens. *Curr Biol* 19:R502–R503. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.04.034>
- Magain N, Miadlikowska J, Goffi t B, Sérusiaux E, Lutzoni F (2017) Macroevolution of specifi in cyanolichens of the genus *Peltigera* Section *Polydactylon* (Lecanoromycetes, Ascomycota). *Syst Biol* 66:74–99. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw065>
- Magain N, Truong C, Goward T, Niu D, Goffinet B, Sérusiaux E, Lutzoni F, Miadlikowska J (2018) Species delimitation at a global scale reveals high species richness with complex biogeography and patterns of symbiont association in *Peltigera* section *Peltigera* (lichenized Ascomycota: Lecanoromycetes). *Taxon* 67:836–870
- Magnusson AH (1926) Studies on boreal *Stereocaula*. Göteborgs Kungl. Vetenskaps- Och Vitterhets-Samhälles Handlingar Handl 30:1–89
- McCune B, Di Meglio E, Tønsberg T, Yahr R (2019) Five new crustose *Stereocaulon* species in western North America. *Bryologist* 122:197–218. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-122.2.197>
- Mercado-Díaz JA, Lücking R, Moncada B, Widhalm TJ, Lumbsch HT (2020) Elucidating species richness in lichen fungi: the genus *Sticta* (Ascomycota: Peltigeraceae) in Puerto Rico. *Taxon* 69:851–891. <https://doi.org/10.1002/tax.12320>
- Miller MA, Pfeiffer WT, Schwartz T (2010) Creating the CIPRES science gateway for inference of large phylogenetic trees. In: Gateway computing environments workshop (GCE). pp 1–8. <https://doi.org/10.1109/GCE.2010.5676129>
- Musharraf SG, Kanwal N, Thadhani VM, Choudlary ML (2015) Rapid identification of lichen compounds based on the structure–fragmentation relationship using ESI-MS/MS analysis. *Anal Methods* 7:6066–6076. <https://doi.org/10.1039/C5AY01091H>
- Myllys L, Lohtander K, Tehler A (2001)  $\beta$ -tubulin, ITS and group I intron sequences challenge the species pair concept in *Physcia aipolia* and *P. caesia*. *Mycologia* 93:335–343. <https://doi.org/10.2307/3761655>
- Nelsen MP, Gargas A (2006) Actin type I introns off potential for increasing phylogenetic resolution in *Asterochloris* (Chlorophyta: *Trebouxiophyceae*). *Lichenologist* 38:435–440. <https://doi.org/10.1017/S0024282906005779>
- Nelsen MP, Gargas A (2008) Dissociation and horizontal transmission of codispersing lichen symbionts in the genus *Lepraria* (Lecanorales: Stereocaulaceae). *New Phytol* 177:264–275. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02241.x>
- O'Brien HE, Miadlikowska J, Lutzoni F (2005) Assessing host specialization in symbiotic cyanobacteria associated with four closely

- related species of the lichen fungus *Peltigera*. *Eur J Phycol* 40:363–378. <https://doi.org/10.1080/09670260500342647>
- Oset M (2014) The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoff in Poland.—a taxonomic and ecological study. *Monogr Bot* 104:1–81. <https://doi.org/10.5586/mb.2014.001>
- Øvstedal DO, Lewis-Smith RI (2001) Lichens of Antarctica and South Georgia: a guide to their identification and ecology. Cambridge
- Pardo-De la Hoz CJ, Magain N, Lutzoni F, Goward T, Restrepo S, Miadlikowska J (2018) Contrasting symbiotic patterns in two closely related lineages of trimembered lichens of the genus *peltigera*. *Front Microbiol* 9:1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02770>
- Park JS, Park CH, Park SY, Oh SO, Jayalal U, Hur JS (2018) Revision of the lichen genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, Ascomycota) in South Korea. *Mycobiology* 46:101–113. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1461314>
- Paudel B, Bhattarai HD, Lee JS, Hong SG, Shin HW, Yim JH (2008) Antioxidant activity of polar lichens from King George Island (Antarctica). *Polar Biol* 31:605–608. <https://doi.org/10.1007/s00300-007-0394-8>
- Paulsrud P, Rikkinen J, Lindblad P (2000) Spatial patterns of photobiont diversity in some Nostoc-containing lichens. *New Phytol* 146:291–299. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00647.x>
- Peat HJ, Clarke A, Convey P (2007) Diversity and biogeography of the Antarctic flora. *J Biogeogr* 34:132–146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01565.x>
- Peksa O, Škaloud P (2011) Do photobionts influence the ecology of lichens? A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae). *Mol Ecol* 20:3936–3948. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05168.x>
- Quilhot W, Cuellar M, Díaz R, Riquelme F, Rubio C (2012) Lichens of aisen, Southern Chile. *Gayana Bot* 69:57–87
- Rambaut A, Drummond AJ, Xie D, Baele G, Suchard MA (2018) Posterior summarization in Bayesian phylogenetics using tracer 1.7. *Syst Biol*. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syy032>
- Riddle LW (1910) The North American species of *Stereocaulon*. *Bot Gaz* 50:285–304. <https://doi.org/10.1086/330363>
- Rikkinen J, Oksanen I, Lohtander K (2002) Lichen guilds share related cyanobacterial symbionts. *Science* 297:357. <https://doi.org/10.1126/science.1072961>
- Ruprecht U, Fernández-Mendoza F, Türk R, Fryday AM (2020) High levels of endemism and local differentiation in the fungal and algal symbionts of saxicolous lecidoid lichens along a latitudinal gradient in southern South America. *Lichenologist* 52:287–303. <https://doi.org/10.1017/S0024282920000225>
- Sancho LG, Pintado A, Green A (2019) Antarctic studies show lichens to be excellent biomonitors of climate change. *Diversity* 11:1–14. <https://doi.org/10.3390/d11030042>
- Singh SM, Olech M, Cannone N, Convey P (2015) Contrasting patterns in lichen diversity in the continental and maritime Antarctic. *Polar Sci* 9:311–318. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2015.07.001>
- Škaloud P, Peksa O (2010) Evolutionary inferences based on ITS rDNA and actin sequences reveal extensive diversity of the common lichen alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Mol Phylogenet Evol* 54:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.09.035>
- Søchting U, Castello M (2012) The polar lichens *Caloplaca darbishirei* and *C. soropelta* highlight the direction of bipolar migration. *Polar Biol* 35:1143–1149. <https://doi.org/10.1007/s00300-012-1161-z>
- Spielmann AA, Pereira AB (2012) Lichens on the maritime Antarctica (a small field guide for some common species). *Glacia* 4:1–28
- Stamatakis A (2014) RAXML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30:1312–1313. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu033>
- Stenroos S, Högnabba F, Myllys L, Hyvönen J, Thell A (2006) High selectivity in symbiotic associations of lichenized ascomycetes and cyanobacteria. *Cladistics* 22:230–238. <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2006.00101.x>
- Talavera G, Castresana J (2007) Improvement of phylogenies after removing divergent and ambiguously aligned blocks from protein sequence alignments. *Syst Biol* 56:564–577. <https://doi.org/10.1080/10635150701472164>
- Thomson JW (1984) American arctic lichens: the macrolichens. Columbia University Press, New York
- Vančurová L, Muggia L, Peksa O, Řídká T, Škaloud P (2018) The complexity of symbiotic interactions influences the ecological amplitude of the host: a case study in *Stereocaulon* (lichenized Ascomycota). *Mol Ecol* 27:3016–3033. <https://doi.org/10.1111/mec.14764>
- Vančurová L, Kalníková V, Peksa O, Škvorová Z, Malíček J, Moya P, Chytrý K, Černajová I, Škaloud P (2020) Symbiosis between river and dry lands: phycobiont dynamics on river gravel bars. *Algal Res* 51:102062. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102062>
- Vančurová L, Malíček J, Steinová J, Škaloud P (2021) Choosing the right life partner: ecological drivers of lichen symbiosis. *Front Microbiol* 12:769304. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.769304>
- Weisburg WG, Barns SM, Pelletier DA, Lane DJ (1991) 16S Ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J Bacteriol* 173:697–703. <https://doi.org/10.1128/jb.173.2.697-703.1991>
- White TJ, Bruns TD, Lee S, Taylor J (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (eds) PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, London, pp 315–322
- Wirtz N, Lumbsch HT, Allan Green TG, Türk R, Pintado A, Sancho L, Schroeter B (2003) Lichen fungi have low cyanobiont selectivity in maritime Antarctica. *New Phytol* 160:177–183. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00859>
- Zúñiga C, Leiva D, Carú M, Orlando J (2017) Substrates of *Peltigera* lichens as a potential source of cyanobionts. *Microb Ecol* 74:561–569. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0969-z>

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

**Online Resource 1** Information about the specimens of *Stereocaulon alpinum* analysed in this study.

Specimen voucher	Variety	Geographical origin/ITS haplotype	Chemical composition*	nuITS haplotype	Coordinates	GenBank Accession Nos.			
						Fungal nuITS	Fungal $\beta$ -tubulin	Algal actin	Cyanobacterial 16S rRNA
A.A.Spielmann 11686	var. <i>alpinum</i>	Ardley Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°12'32.9"S, 58°56'26.4"W	MT925655			
A.A.Spielmann 12530	Intermediate form	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°48'43.1"S, 68°32'23.4"W	MT925656			
A.A.Spielmann 12614	var. <i>alpinum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.3"S, 68°30'36.2"W	MT925669	MT916997		MT925719
A.A.Spielmann 12659	var. <i>erectum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H3	54°49'08.3"S, 68°30'36.2"W	MT925659			
A.A.Spielmann 12689	var. <i>erectum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.3"S, 68°30'36.2"W	MT925672			
A.P.Lorenz 12	var. <i>alpinum</i>	Robert Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°22'43.3"S, 59°42'01.1"W	MT925662			
A.P.Lorenz 256	var. <i>alpinum</i>	Livingston Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°41'16.3"S, 60°51'51.4"W	MT925671			
A.P.Lorenz 432	var. <i>erectum</i>	Greenwich Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H6	62°26'43.5"S, 59°44'09.5"W	MT925658	MT916998		
A.P.Lorenz 433	var. <i>alpinum</i>	Greenwich Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H5	62°26'43.5"S, 59°44'09.5"W	MT925661	MT916999		MT925714

Online Resource 1 Cont.

Specimen voucher	Variety	Geographical origin/ITS haplotype	Chemical composition*	nuITS haplotype	Coordinates	GenBank Accession Nos.			
						Fungal nuITS	Fungal $\beta$ -tubulin	Algal actin	Cyanobacterial 16S rRNA
A.P.Lorenz 765	<i>var. alpinum</i>	Nelson Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°14'26.8"S, 58°58'45.8"W	MT925667	MT917000		
A.P.Lorenz 782	<i>var. erectum</i>	Nelson Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1, NI2, S and VBA	H1	62°14'26.8"S, 58°58'45.8"W	MT925657			
A.P.Lorenz 784	<i>var. alpinum</i>	Nelson Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°14'26.8"S, 58°58'45.8"W	MT925663	MT917001		MT925713
M.C.Scur 26	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°04'00.8"S, 58°24'59.7"W	MT925664			
M.C.Scur 28	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°04'01.0"S, 58°24'59.0"W	MT925660			
M.C.Scur 39	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°04'25.7"S, 58°24'46.4"W	MT925670	MT917005		
M.C.Scur 165	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H2	62°04'49.1"S, 58°21'06.8"W	MT925668	MT917002	MT904012	MT925710
M.C.Scur 193	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H3	62°04'49.1"S, 58°21'06.8"W	MT925665	MT917003	MT904014	MT925711
M.C.Scur 194	<i>var. alpinum</i>	King George Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	62°04'49.1"S, 58°21'06.8"W	MT925666			

Online Resource 1 Cont.

Specimen voucher	Variety	Geographical origin/ITS haplotype	Chemical composition*	nuITS haplotype	Coordinates	GenBank Accession Nos.			
						Fungal nuITS	Fungal $\beta$ -tubulin	Algal actin	Cyanobacterial 16S rRNA
M.C.Scur 206	<i>var. erectum</i>	Danco Coast, Antarctic Peninsula	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	64°09'50.6"S, 60°56'57.9"W	MT925684	MT917004	MT904016	
M.C.Scur 750	<i>var. erectum</i>	Danco Coast, Antarctic Peninsula	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1, NI2 and S	H6	64°05'36.3"S, 60°34'27.3"W	MT925686	MT917006		
M.C.Scur 757	<i>var. erectum</i>	Danco Coast, Antarctic Peninsula	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H4	64°05'36.3"S, 60°34'27.3"W	MT925680			
M.C.Scur 836	<i>var. erectum</i>	Danco Coast, Antarctic Peninsula	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H4	64°09'34.3"S, 60°56'10.9"W	MT925682			
M.C.Scur 843	<i>var. alpinum</i>	Danco Coast, Antarctic Peninsula	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1, NI2 and S	H4	64°10'03.5"S, 61°02'48.5"W	MT925679	MT917007	MT904013	
M.J.Kitaura 4055	Intermediate form	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'06.5"S, 68°30'37.7"W	MT925678			
M.J.Kitaura 4056	Intermediate form	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'06.5"S, 68°30'37.7"W	MT925683			
M.J.Kitaura 4059	<i>var. erectum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.5"S, 68°30'35.0"W	MT925677			
M.J.Kitaura 4060	Intermediate form	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.5"S, 68°30'35.0"W	MT925676	MT917011		MT925715

Online Resource 1 Cont.

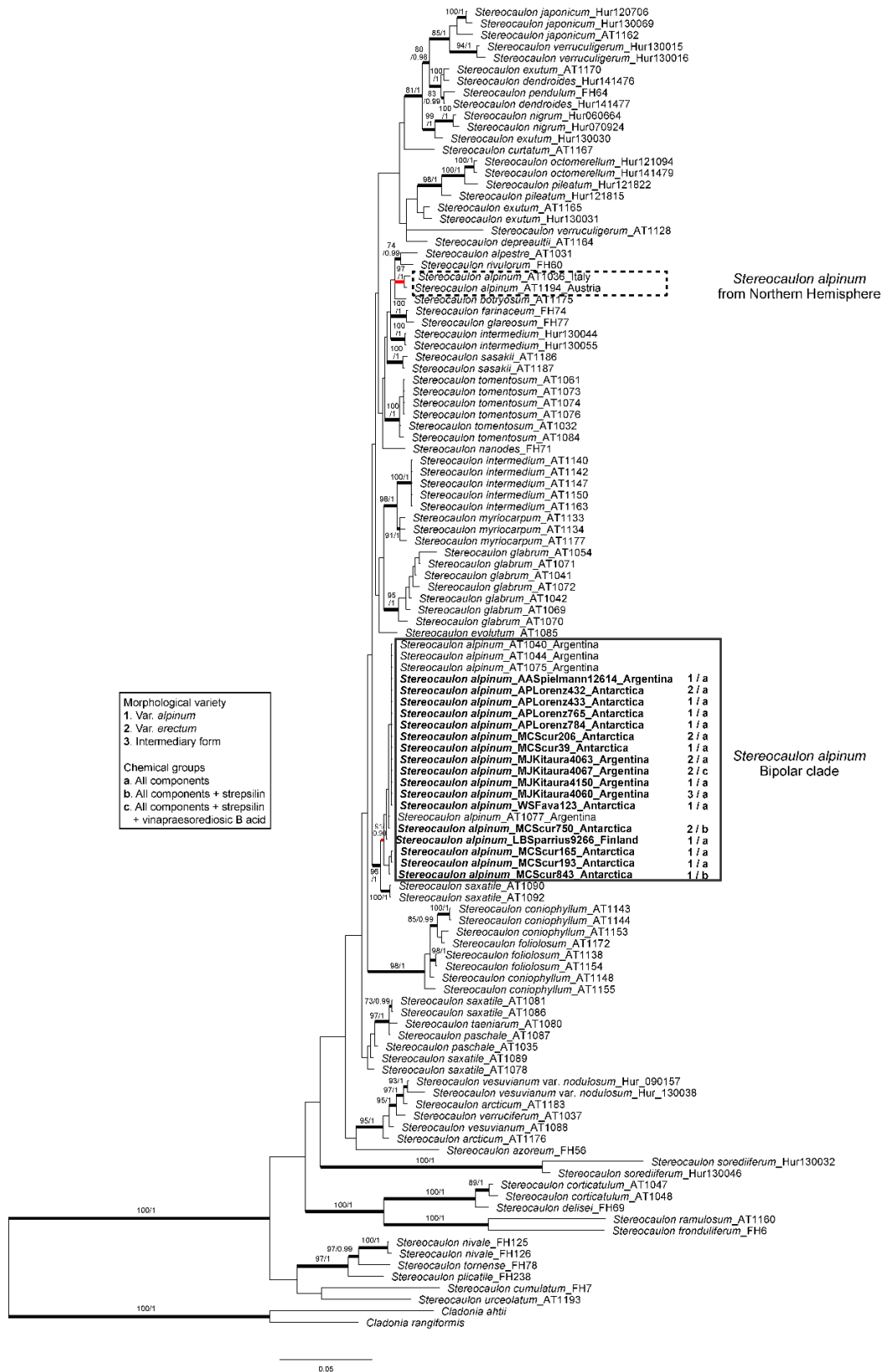
Specimen voucher	Variety	Geographical origin/ITS haplotype	Chemical composition*	nuITS haplotype	Coordinates	GenBank Accession Nos.			
						Fungal nuITS	Fungal $\beta$ -tubulin	Algal actin	Cyanobacterial 16S rRNA
M.J.Kitaura 4063	var. <i>erectum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.5"S, 68°30'35.0"W	MT925674	MT917008		MT925716
M.J.Kitaura 4067	var. <i>erectum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°49'08.5"S, 68°30'35.0"W	MT925673	MT917009		MT925717
M.J.Kitaura 4149	var. <i>alpinum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°48'20.5"S, 68°33'21.2"W	MT925681			
M.J. Kitaura 4150	var. <i>alpinum</i>	Parque Nacional Tierra del Fuego, Argentina	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	54°48'38,0"S, 68°32'28,6"W	MT925685	MT917010		MT925718
L.B. Sparrius 9266	var. <i>alpinum</i>	Inari, Finland	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H9	68°54'11.2"N, 27°04'26.8"E	MT925689	MT916996		
W.S.Fava 123	var. <i>alpinum</i>	Elephant Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	61°13'13.0"S, 55°22'16.8"W	MT925675	MT917012	MT904015	MT925712
W.S.Fava 125	var. <i>alpinum</i>	Elephant Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	61°13'13.0"S, 55°22'16.8"W	MT925687			
W.S.Fava 262	var. <i>alpinum</i>	Elephant Island, South Shetland Islands	A, LA, L, GA, BA, O, CA, 2nLA, 3nLA, 4nLA, NI1 and NI2	H1	61°12'53.4"S, 55°22'06.3"W	MT925688			

\*All specimens have been reported to contain atranorin (A), lobaric acid (LA), lobarin (L), gyrophoric acid (GA), bourgeanic acid (BA), oxysiphulin (O), colensoic acid (CA), 2''-ene-lobaric acid (2nLA), 3''-ene-lobaric acid (3nLA), 4''-ene-lobaric acid (4nLA) and two compounds with structures not yet fully elucidated (NI1 and NI2). Additionally in some specimens was reported strepsilin (S) and vinapraesorediosic B acid (VBA).





**Online Resource 4** Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of the concatenated date set of nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences of *Stereocaulon*. Thickened branches correspond to high support values from bayesian inference (*a priori* probability  $\geq 0.9$ ) and from maximum likelihood (bootstrap  $\geq 70$ ) respectively. Red branches corresponding to the clades of *Stereocaulon alpinum*. The sequences here generated of *S. alpinum* are in the bipolar clade and are marked in bold










MANUSCRITO II:

Torres JM, Kitaura M, Gianini A, Honda NK, Spielmann AA, Lorenz AP (2024). A contribution to the knowledge of the genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. in southern South America and maritime Antarctica. Em preparação para ser submetido a **Mycologia**.

**A contribution to the knowledge of the genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. in southern South America and maritime Antarctica**

Jean-Marc Torres<sup>a\*</sup>, Marcos J. Kitaura<sup>b</sup>, Aline Siqueira Gianini<sup>c</sup>, Neli Kika Honda<sup>c</sup>, Adriano A. Spielmann<sup>d</sup> and Aline P. Lorenz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Federal University of Mato Grosso do Sul, Institute of Biosciences, Laboratory of Ecology and Evolutionary Biology, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil; <sup>b</sup>

Federal University of Mato Grosso do Sul, CPAQ, Av. Oscar Trindade de Barros 740, 79200-000, Aquidauana, MS, Brazil; <sup>c</sup> Federal University of Mato Grosso do Sul, Institute of

Chemistry, Research Lab 2 (LP2), Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS,

Brazil; <sup>d</sup> Federal University of Mato Grosso do Sul, Institute of Biosciences, Laboratory of

Botany / Lichenology, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil.

\*Contact: Jean Marc Torres; [jean.torresp89@gmail.com](mailto:jean.torresp89@gmail.com)

**ABSTRACT**

With approximately 150 species distributed worldwide, the *Stereocaulon* genus is considered cosmopolitan. There are many species in South America's tropical and subtropical regions, growing mainly in high-altitude areas. In the extreme south of South America, they occur from mountainous to coastal areas, including diverse substrates, such as soil, mosses, and rocks. In maritime Antarctica, various species are also present, generating substantial biomass in ice-free areas, on soil, or mosses. This study employs an integrative approach, encompassing morphological, chemical, and genetic data, to thoroughly investigate *Stereocaulon* species in southern South America and maritime Antarctica. We examined specimens collected between 2014 and 2017 in Argentina, Chile, the South Shetland Islands, and the Antarctic Peninsula. To investigate the intra and interspecific genetic diversity, we sequenced the nuclear ribosomal internal transcribed spacer region (nuITS) and the  $\beta$ -tubulin gene for all species/morphotypes detected. This study identified seven *Stereocaulon* species, offering novel molecular data for some of these species and regions. Chemical analyses identified atranorin in all species, with stictic, lobaric, and rangiformic acids as major components. Four species were exclusive to southern South America (*S. corticatulum*, *S. implexum*, *S. melanopotamicum*, and *S. tomentosum*), one to the Antarctic Peninsula (*Stereocaulon vesuvianum*), and two were found in both regions (*S. alpinum* and *S. glabrum*). Phylogenetic analysis using nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences supported the phenotypic identification and corroborated the connectivity among southern South America and maritime Antarctica floras. This study showcases the efficacy of DNA barcoding in the *Stereocaulon* genus, overcoming challenges posed by widely distributed species exhibiting substantial morphological variations.

**KEYWORDS:** Phylogeny, secondary chemical substances, *Stereocaulaceae*, taxonomy

## INTRODUCTION

The genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. traditionally is represented by dimorphic lichens containing both primary (crustose) and secondary (fruticose) thallus (Boekhout 1982; Fries 1858; Galloway 1980, 1985; Magnusson 1926; Oset 2014; Ozenda and Clauzade 1970; Riddle 1910; Thomson 1984). Some authors, however, claim that *Stereocaulon* is a fruticose lichen (Brodo 2001; Lamb 1951; Park et al. 2018). Recently, based on morphological, anatomical, and chemical characters (Friday and Coppins 1996; Friday and Glew 2003; Purvins and James 1985; Timdal 2002), in addition to phylogenetic analyses (Högnabba et al. 2014; McCune et al. 2019), it was shown that the genus also comprises completely crustose species, *i.e.* lacking a secondary fruticose thallus. Currently, *Stereocaulon* clusters ca. of 150 species (Lücking et al. 2017; McCune et al. 2019), ten of which are entirely crustose and restricted to the USA and northern Europe (Högnabba et al. 2014; McCune et al. 2019), the remaining species being dimorphic and worldwide distributed.

In dimorphic species, the primary crustose thallus can be deciduous or perennial, consisting of areolae, verrucae or squamules. The secondary fruticose and perennial thallus is formed by the pseudopodetia which carry the phyllocladia (vegetative structures of assimilation), cephalodia (cyanobacterial reserve structures), apothecia, and in some species, soredia, and tomentum. The pseudopodetia can be corticate or ecorticate, erect or decumbent, simple or sparingly branched. The phyllocladia are classified into verrucose, coralloid, flattened, squamulose, dactyliform, peltate, and granular forms (Magnusson 1926; Riddle 1910). The cephalodia, sometimes also present in the primary thallus, are classified into simple, botryose, sacculate, and protosacculate types (Johnson 1938; Lamb 1951); and the apothecia can be biatorine lecideine or superlecideine (Lamb 1951). The completely crustose species have a well-developed areolate or squamulose thallus, white, cream, gray or pale

greenish gray, with indistinct or distinct hypothallus, lecideine apothecia, cephalodia present or sometimes absent, and soredia present or absent (McCune et al. 2019).

The chemical composition of the species of *Stereocaulon*, including depsides, depsidones, terpenoids, dibenzofuran, and aliphatic acids, is quite variable (Lamb 1951). All species produce atranorin, which is generally found with other compounds. Stictic, perlatolic, and lobaric acids are the other substances more commonly found, while rangiformic and porphyritic acids are found in a few species (Gianinni et al. *in prep.*).

*Stereocaulon* is considered a cosmopolitan genus, with most species occurring in polar and high-elevation habitats (Huang et al. 2010; Lamb 1951). In South America, there are ca. 32 species reported, distributed in the Andean páramos, in the *campos de altitude* in Brazil, across all the Patagonia and the southern tip of the continent, Tierra del Fuego (Boekhout 1982; Lamb 1951, 1955, 1958; Sipman 1986, 2002; Vainio 1890). By its turn, the Antarctic continent and adjacent islands are characterized by the absence of arboreal vegetation and the terrestrial habitats are colonized by specialized cold-adapted organisms such as lichenized fungi, algae, and bryophytes (Bilovitz et al. 2015; Caccianiga and Andreis 2004; Øvstedal & Lewis-Smith 2001; Redón 1985). Due to their floristic and climatic similarities, this region is considered part of the Antarctic floral kingdom (Ruprecht et al. 2020; Takhtajan 1986). The Antarctic territory includes three widely recognized biogeographic zones: continental Antarctica, maritime Antarctica, and the subantarctic zone (Lewis-Smith 1984). In maritime Antarctica and the subantarctic zone, *Stereocaulon* species are widespread and locally common, growing on rocks or soil, associated with mosses and lichens communities (Lamb 1955, 1958; Øvstedal and Lewis-Smith 2001). Nine species are known in the Antarctic territory (Øvstedal and Lewis-Smith 2001, 2004, 2009), while in Southern Argentina and Chile, ca. of 15 species are registered (Calvelo and Liberatore 2002; Galloway and Quilhot 1998; Lamb 1977).

The phylogenetic relationships among *Stereocaulon* species from Europe, North America, and Asia are better understood (Högnabba 2006; Högnabba et al. 2014; McCune et al. 2019; Oset 2014; Park et al. 2018). Most genetic data assessing intra- and interspecific variation among *Stereocaulon* specimens are based on two genomic regions: the nuclear ribosomal internal transcribed spacer region (nuITS) and the  $\beta$ -tubulin gene (Högnabba 2006; Högnabba et al. 2014; Park et al. 2018). Few studies included samples from southern South America (Högnabba 2006; Vančurová et al. 2018), this last with a particular focus on photobiont diversity and its relation with the mycobiont. Despite the richness and abundance of *Stereocaulon* in South America, there is no extensive taxonomic investigation integrating morphological, chemical, and genetic data so far.

This study uses multiple data sources to understand better the species of *Stereocaulon* found in southern South America and maritime Antarctica habitats, exploring species diversity and providing tools for accurately identifying the genus in the southern hemisphere.

## MATERIAL AND METHODS

**Sampling.**— 321 specimens of *Stereocaulon* were collected between 2014 and 2017 in Argentina (Tierra del Fuego National Park and Los Glaciares National Park), Chile (Torres del Paine National Park), South Shetland Islands and Antarctic Peninsula (maritime Antarctica). The specimens were deposited in the CGMS herbarium. Distribution maps were produced using ArcGIS Software 10.1; details about collection sites and vouchers are provided in TABLE 1.

**Morphology and chemistry.**— A stereomicroscope Olympus SZX7 and a microscope Olympus CX22LED were used to identify, and study the specimens collected. Morphological and anatomical descriptions were made with characteristics already used to describe the *Stereocaulon* species (Brodo et al. 2001; Fries 1858; Kershaw 1960; Lamb 1958; Oset 2014;

Øvstedal and Lewis-Smith 2001; Thomson 1984; Torres et al. 2023). Differences observed among the thalli were included in the descriptions.

Chemical components were identified with spot tests (K, C, KC, P) on the phyllocladia, then confirmed with Thin Layer Chromatography (TLC), microcrystallization (MC), nuclear magnetic resonance (NMR), and high-performance liquid chromatography coupled to diode-array detection and mass spectrometry analysis (HPLC-DAD-MS) following the methodology described in Huneck and Yoshimura (1996) and Torres et al. (2023).

***DNA extraction, sequencing, and phylogenetic analyses.***— Total DNA was extracted from fresh specimens using pseudopodetia and phyllocladia fragments with the Wizard<sup>®</sup> Genomic DNA Purification Kit (Promega, Madison, WI, USA) following manufacturer recommendations. The nuclear ribosomal internal transcribed spacer region (nuITS) and a portion of the  $\beta$ -tubulin gene; were amplified using the primers ITS1F (Gardes and Bruns 1993) and ITS4 (White et al. 1990), and Bt3-LM and Bt10-LM (Myllys et al. 2001), respectively. The PCR conditions are described in Torres et al. (2023). PCR products were checked in agarose gel 1% with GelRed<sup>®</sup> and purified with a column kit (Ludwig Biotechnologia). After quantification in a NanoDrop 2000 spectrophotometer (Thermo Scientific<sup>™</sup>), the sequencing was performed with the Sanger method by the Macrogen<sup>®</sup> company.

For the phylogenetic analyses, we compiled two datasets, one with 345 nuITS sequences and one other with 125 nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences concatenated, representing the main *Stereocaulon* clades (Ekman and Tonsberg 2002; Högnabba 2006; Högnabba et al. 2014; Kim et al. 2006; McCune et al. 2019; Park et al. 2018; Paudel et al. 2008; Vančurová et al. 2018; Vančurová et al. 2021). The *Stereocaulon* sequences available in the GenBank database, obtained from specimens collected in Antarctica and southern South America, were also included in the analyses. Sequences of *Cladonia rangiformis* and *Cladonia ahtii* were

selected as outgroups following previous phylogenies of *Stereocaulon* (Högnabba 2006; Park et al. 2018), (SUPPLEMENTARY TABLE 1). The alignments were performed with the MAFFT v7.308 (Kato et al. 2002) plugin available in Geneious v.8.1.7, using the algorithm G-INS-I, scoring matrix 1PAM/k=2, gap penalty=1.53 and offset value=0.123. The alignments were carried out separately for nuITS and  $\beta$ -tubulin, and then concatenated. Ambiguously aligned regions were removed using the Gblocks 0.91b web server [http://phylogeny.lirmm.fr/phylo.cgi/one\\_task.cgi?task\\_type=gblocks](http://phylogeny.lirmm.fr/phylo.cgi/one_task.cgi?task_type=gblocks) (Dereeper et al. 2008) adjusted with the less stringent parameters. The best nucleotide substitution models used in the phylogenetic analyses were selected using the Bayesian Information Criterion (BIC) in the jModelTest v.2.1.7 software (Darriba et al. 2012). For the reconstruction of the phylogenetic tree were used the Bayesian inference (BA) and maximum likelihood (ML) approaches in the CIPRES portal (Cyber infrastructure for Phylogenetic Research) (Miller et al. 2010). The Bayesian inference (BA) was performed with MrBayes 3.1.2 (Huelsenbeck and Ronquist 2001) using the GTR+I+G model suggested by the jModelTest v.2.1.7 software, and adjusted with two simultaneous independent runs and four Markov chains Monte Carlo (MCMC) converging on 10 000 000 generations and sampling every 10 000 generations. For burn-in, 25% of the first trees obtained were discarded. The convergence was confirmed by inspecting the log probability in the Tracer 1.7 program (Rambaut et al. 2018) software. The maximum likelihood (ML) inferences were implemented in the RAxML 8.2.12 software (Stamatakis 2014), assuming the GTRGAMMA model and adjusting the remaining parameters as default. The support values were estimated with 1000 bootstrap pseudoreplicates. The trees were visualized and edited using the FigTree v1.4.4 software <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. Branches with posterior probability  $\geq 0.95$  in Bayesian inference and bootstrap  $\geq 75$  in maximum likelihood were considered strongly supported.



**Table 1.** Information about the specimens of *Stereocaulon* analyzed in this study.

Species	Geographical origin	Voucher	GenBank Accession Nos.	
			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Los Glaciares National Park	A.A. Spielmann 12539		ok
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Chile - Torres del Paine National Park	A.A. Spielmann 12544		ok
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4108		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4109		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4110		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Los Glaciares National Park	M.J. Kitaura 4207		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Los Glaciares National Park	M.J. Kitaura 4211		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Argentina - Los Glaciares National Park	M.J. Kitaura 4221		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.	Chile - Torres del Paine National Park	M.J. Kitaura 4237		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Los Glaciares National Park	A.A. Spielmann 12537		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12540		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12541		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Chile - Torres del Paine National Park	A.A. Spielmann 12545		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12687		ok
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 640		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 641		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 642		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 643		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 644		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 645		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - Base Esperanza, Antarctic Peninsula	A.P. Lorenz 646		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3336		

**Table 1. Cont.**

Species	Geographical origin	Voucher	GenBank Accession Nos.	
			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4007		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4008		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4011		ok
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4015		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4032		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4116		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4155		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego, Glaciar Martial	M.J. Kitaura 4193		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego, Glaciar Martial	M.J. Kitaura 4196		ok
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Tierra del Fuego, Glaciar Martial	M.J. Kitaura 4198		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Argentina - Los Glaciares National Park	M.J. Kitaura 4213		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Chile - Torres del Paine National Park	M.J. Kitaura 4253		
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Antarctica - South Shetland Islands, King George Island	M.J. Kitaura 2279		
<i>Stereocaulon implexum</i> Th. Fr.	Argentina - Los Glaciares National Park	M.J. Kitaura 4228		ok
<i>Stereocaulon implexum</i> Th. Fr.	Chile - Torres del Paine National Park	M.J. Kitaura 4238		ok
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i> I.M. Lamb	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3337		
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i> I.M. Lamb	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4166		ok
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12534		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Los Glaciares National Park	A.A. Spielmann 12535		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Chile - Torres del Paine National Park	A.A. Spielmann 12538		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12543		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12637		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	A.A. Spielmann 12673		ok

**Table 1.** Cont.

Species	Geographical origin	Voucher	GenBank Accession Nos.	
			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3331		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3332		<i>ok</i>
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3333		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3377		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3383		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 3390		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4123		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4124		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4130		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4182		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Argentina - Tierra del Fuego National Park	M.J. Kitaura 4189		
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	Chile - Torres del Paine National Park	M.J. Kitaura 4249		
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	Antarctica - South Shetland Islands, Nelson Island	A.P. Lorenz 647		<i>ok</i>

**RESULTS**

Between the 19 species and 15 infraspecific categories recorded for southern South America and maritime Antarctica (SUPPLEMENTARY TABLE 2), in this study we identified seven species: *Stereocaulon alpinum* Laurer (see Torres et al. 2023), *Stereocaulon corticatulum* Nyl., *Stereocaulon glabrum* (Müll. Arg.) Vain., *Stereocaulon implexum* Th. Fr., *Stereocaulon melanopotamicum* Lamb, *Stereocaulon tomentosum* Th. Fr. and *Stereocaulon vesuvianum*. Examination of several specimens of the seven known species matched quite well with their descriptions (Lamb 1977); however, some degree of morphological variation among populations was observed and incorporated into the Taxonomy section.

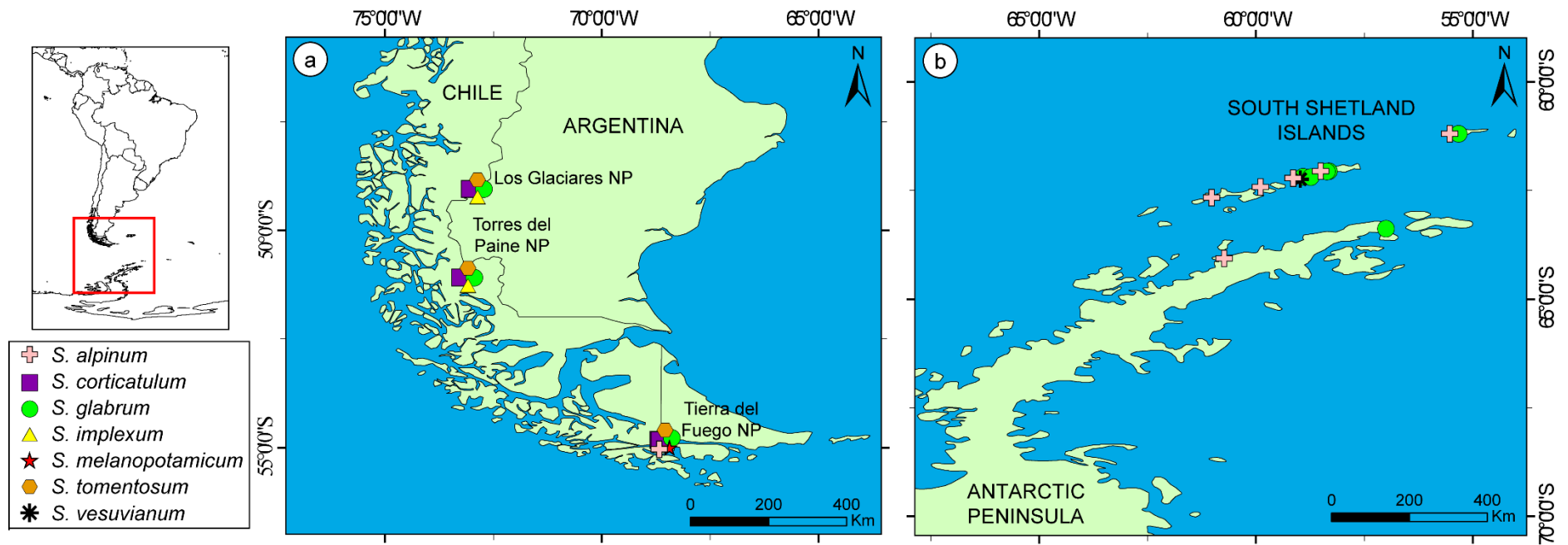
*Stereocaulon corticatulum*, *S. implexum*, and *S. melanopotamicum* have well-branched pseudopodetia, phyllocladial branchlets, sacculate cephalodia (globose to scrobiculate). These species belong to group 1, retrieved in the phylogeny of Högnabba (2006). This group corresponds to the subgen. *Holostelidium*, sect. *Holostelidium* and subsect. *Aciculisporae* of Lamb (1977).

*Stereocaulon glabrum* has true phyllocladia and cephalodia simple to botryose, and it is closely related to *S. intermedium* and *S. myriocarpum*. This group corresponds to the group 7b (Högnabba 2006) and belongs to the subgen. *Stereocaulon*, sect. *Stereocaulon* (Lamb 1977).

*Stereocaulon tomentosum* also has true phyllocladia and cephalodia simple to botryose, is closely related to *S. alpestre*, *S. alpinum*, *S. botryosum*, *S. farinaceum*, *S. glareosum*, *S. nanodes*, *S. rivulorum* and *S. sasakii*. These species were also classified by Lamb (1977) as subgen. *Stereocaulon*, sect. *Stereocaulon*. However, they are in a different lineage in the phylogeny, corresponding to group 8b sensu Högnabba (2006).

Chemical analyses revealed atranorin in all the species, while stictic, lobaric and rangiformic acids were the major components.

Of the seven species found in the area, four species were exclusively found in southern South America: *Stereocaulon corticautulum*, *S. melanopotamicum*, *S. implexum* and *S. tomentosum*; one species, *S. vesuvianum* was exclusively found in the Antarctic Peninsula; and two species, *S. alpinum* and *S. glabrum* were found both in maritime Antarctica and in southern South America (FIG. 1).



**Figure 1.** Sampling points of *Stereocaulon* species. a, Distribution in southern South America; and, b, in maritime Antarctica.

A total of 58 nuITS and ten  $\beta$ -tubulin sequences were obtained from specimens of *Stereocaulon* collected in the Antarctic Peninsula, South Shetland Islands, Tierra del Fuego, Torres del Paine National Park, and Los Glaciares National Park (TABLE 1).

The phylogenetic trees constructed using the nuITS region positioned the sequences of *S. corticatulum*, *S. glabrum*, *S. implexum*, and *S. tomentosum* generated in this study with sequences already documented for these four species. The specimens of *S. corticatulum* were collected in Los Glaciares National Park, Torres del Paine National Park, and Tierra del Fuego National Park, located in the Tierra del Fuego region, as well as the conspecific specimens analyzed in Högnabba (2006). The same sampling was applied to *S. glabrum*; moreover, our study incorporated specimens from the South Shetland Islands and the Antarctic Peninsula.

For *S. implexum*, the specimens analyzed were collected in the Los Glaciares National Park and the Torres del Paine National Park. Our sequences grouped with the only sequence known for this species (Högnabba 2006), generated from a specimen of Gough Island, in the South Atlantic Ocean. The sequences of *S. tomentosum* belong to specimens collected in Los Glaciares National Park, Torres del Paine National Park and Tierra del Fuego National Park, and are also grouped with the sequences from Tierra del Fuego generated by Högnabba (2006).

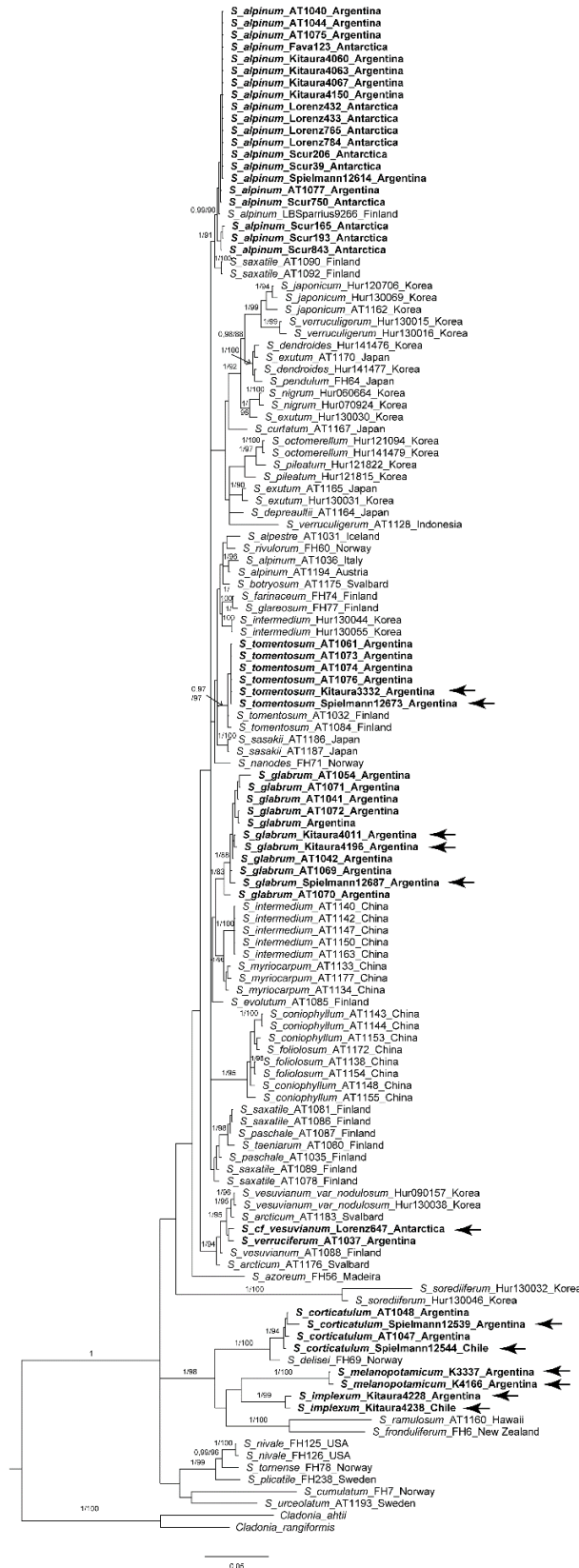
One specimen from the Antarctic Peninsula, identified as belonging to the *S. vesuvianum* complex, clustered with a specimen collected in Santa Cruz province, southern Argentina, also identified as *S. vesuvianum* (Vančurová et al 2018). Finally, sequences of *S. melanopotamicum* produced from specimens collected in Tierra del Fuego, formed a distinct clade not previously identified in the genus's phylogeny (SUPPLEMENTARY FIG. 1).

Complementary, in the ML and BA analyses of nuITS and  $\beta$ -tubulin concatenated sequences, the sequences of *S. corticatulum*, *S. glabrum* and *S. tomentosum* grouped with

sequences already known for these three species agreed with the analyses of nuITS sequences. For *S. implexum*,  $\beta$ -tubulin sequences were unknown; therefore, in the concatenated analysis, the sequences of *S. implexum* produced in this study formed a distinct clade.

Contrary to analyses of nuITS sequences, in the concatenated analysis, the sequences of *S. vesuvianum* generated in this study grouped with sequences of *S. verruciferum* presented in Högnabba (2006), which were extracted from a specimen collected in Tierra del fuego, although with low support values (FIG. 2).





**Figure 2.** Bayesian inference (maximum clade credibility tree) based on the concatenate nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences. Thickened branches presented high support values, both in Bayesian inference (probability  $\geq 0.95$ ) and in the maximum likelihood tree (bootstrap  $\geq 75$ ). Sequences from South America and Antarctica are in bold. Arrows indicate the sequences generated in this work.

## Taxonomy

### 1. *Stereocaulon alpinum* Laurer ex Funck

*Syntype*:—Austria. Alps of Tirol and Kärnten, "besonders schön am Pasterzen Gletscher, s.coll. (LE, FH, Funck, Crypt. Gew. Bes. Fichtelgeb. Ed. II 684), *fide* Lamb (1977).

*Diagnostic characters*: this species is characterized by the pseudopodetia decorticated, by the presence of a pinkish-white or grayish-white tomentum covering the pseudopodetia; verruciform to squamuliform, whitish-grey to cream, crenate phyllocladia; by the terminal and undulate apothecia; the presence of atranorin and lobaric acid as major substances; and, by simple-type cephalodia, generally concealed in the tomentum, containing filaments of *Nostoc*.

*Chemistry*: spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + sulfur yellow, UV + white; TLC, MC and NMR: Atranorin and lobaric acid; HPLC–DAD–MS: Atranorin, lobaric acid, lobarin, gyrophoric acid, bourgeanic acid, oxysiphulin, colensoic acid, 2''-ene-lobaric, 3''-ene-lobaric, and 4''-enelobaric acids, and two compounds with structures not yet fully elucidated.

See the description and more details in Torres et al. (2023).

### 2. *Stereocaulon corticatulum* Nyl.

*Holotype*:—New Zealand. Mt. Tarahi and Cape Palliser, on rock; *s.d.*, *Colenso 5144* (H-NYL 40026; WELT-L005476, isotype, *no vidi*), *fide* Galloway (1980).

*Diagnostic characters*: this species is characterized by the pseudopodetia partly or largely corticated, without tomentum; by the often very indistinctly developed, verruciform or squamuliform-branched phyllocladial branchlets; by the terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and rangiformic and pseudonorrangiformic acids as major substances; and, by saculate-type cephalodia, subglobose to irregular, containing filaments of *Nostoc*.

*Chemistry:* Spot test in phyllocladia K<sup>+</sup> yellow, C<sup>-</sup>, KC<sup>-</sup>, PD<sup>-</sup>, UV<sup>-</sup>. TLC: Atranorin, rangiformic and pseudonorrangiformic acids.

*Distribution:* Argentina, Australia, Chile, Gough Island, New Zealand and its subantarctic islands, South Africa, Tasmania and Tristan da Cunha (Galloway 1980; Jorgensen 1977; Lamb 1977).

*Specimens examined:* **ARGENTINA.** SANTA CRUZ: Los Glaciares National Park, 49°04'47.83"S, 72°53'15.35"W, alt. 514 m, saxicolous, 2 Jan 2017, A.A. Spielmann 12532, 12539 (CGMS); *ibid.*, 49°04'20.74"S, 72°53'27.32"W, alt. 527 m, saxicolous, 2 Jan 2017, M.J. Kitaura 4207, 4211, 4221 (CGMS). TIERRA DEL FUEGO: Tierra del Fuego National Park, 54°51'00.75"S, 68°32'26.30"W, alt. 6 m, terricolous, 21 Dec 2016, M.J. Kitaura 4108, 4109, 4110 (CGMS), *ibid.*, 54°51'28.53"S, 68°30'23.83"W, alt. 4 m, saxicolous, 21 Dec 2016, M.J. Kitaura 4121 (CGMS). **CHILE.** MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA: Última Esperanza province, Torres del Paine National Park, 51°06'54.68"S, 73°06'51.79"W, alt. 69 m, 07 Jan 2017, A.A. Spielmann 12544 (CGMS); *ibid.*, 51°06'39.78"S, 73°06'43.95"W, alt. 61 m, terricolous, 07 Jan 2017, M.J. Kitaura 4237 (CGMS).

### 3. *Stereocaulon glabrum* (Müll. Arg.) Vain.

*Holotype:*—Chile, Magallanes, Hardy Peninsula, Orange Bay, leg. Hyades (G-Müll, *no vidi*) *fide* Lamb (1977).

*Diagnostic characters:* this species is characterized by the pseudopodetia decorticated, generally without tomentum or rarely with thinly tomentum, creamish white; lobate-verrucose to incised-squamulose phyllocladia; by the terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and stictic and menegazziaic acids as major substances; and, by simple-type cephalodia, containing filaments of *Nostoc*.

*Chemistry:* Spot test in phyllocladia K<sup>+</sup> yellow, C<sup>-</sup>, KC<sup>-</sup>, PD<sup>+</sup> orange, UV<sup>-</sup> white. TLC: Atranorin, stictic and menegazziaic acids (majors), norstictic and hypoconstictic acids

(minors). Some variations were identified in some specimens: In Kitaura 4038, hypoconstictic acid was not observed, and in Spielmann 12545, only atranorin and norstictic acid were identified.

*Distribution:* Argentina (Tierra del Fuego, Santa Cruz, Chubut, Rio Negro, Neuquén,) Chile (Magallanes, Valdivia, Chiloe, Aysén, Bio-Bio, Osorno, Malleco and Juan Fernandez Islands), New Zealand, South Georgia, W. Antarctica (South Shetlands) and Tristan da Cunha (Jorgensen 1977; Lamb 1977; Ovstedal and Lewis-Smith 2001; Redón 1985).

*Specimens examined:* **ANTARCTICA.** SOUTH SHETLAND ISLANDS: King George Island, Ardley Island, 62°12'48.7"S, 58°56'51.3"W, 6 m alt., 16 Feb 2015, A.A. Spielmann 11617 (CGMS); *ibid.*, D.C. Santos 131, 132 (CGMS); *ibid.*, 62°13'14.0"S, 58°46'07.6"W, 24 m alt., terricolous, 15 Feb 2015, M.J. Kitaura and T.S. Dantas 2466 (CGMS); *ibid.*, 62°13'18.9"S, 58°45'51.4"W, 95 m alt., muscicolous, 18 Feb 2015, M.J. Kitaura and T.S. Dantas 2511 (CGMS); *ibid.*, 62°13'57.5"S, 58°46'42.8"W, 120 m alt., 9 Feb 2015, M.J. Kitaura and T.S. Dantas 2327 (CGMS); *ibid.*, Barton Peninsula, 62°14'03.4"S, 58°46'07.1"W, 87 m alt., saxicolous, 9 Feb 2015, M.J. Kitaura 2279, 2280 (CGMS); *ibid.*, Keller Peninsula, 62°05'10.1"S, 58°24'26.8"W, muscicolous, 15 Jan 2016, A.P. Lorenz 352 (CGMS); *ibid.*, 62°05'09.1"S, 58°23'59.6"W, 70 m alt., muscicolous, 26 Nov 2015, N.M. Koch 5386 (CGMS); *ibid.*, 62°04'42.0"S, 58°21'01.4"W, 112 m alt., muscicolous, 27 Nov 2015, N.M. Koch 5418 (CGMS); *ibid.*, Admiralty Bay, The Comandante Ferraz Antarctic Station, 62°05'05.2"S, 58°23'40.7"W, 27 m alt., muscicolous, 7 Dec 2015, M.C. Scur 228 (CGMS); *ibid.*, terricolous, 7 Dec 2015, M.C. Scur 239, 245 (CGMS); *ibid.*, Elephant Island, North Plateau, 61°13'10.4"S, 55°21'28.1"W, 87 m alt., 19 Jan 2016, W.S. Fava 69 (CGMS); *ibid.*, 61°13'13.0"S, 55°22'16.8"W, 54 m alt., terricolous, 20 Jan 2016, W.S. Fava 128 (CGMS); *ibid.*, 61°13'00.9"S, 55°21'09.4"W, 140 m alt., terricolous, 4 Feb 2016, W.S. Fava 378 (CGMS). **ANTARCTIC PENINSULA:** Base Esperanza, 63°24'34.6"S, 57°01'41.3"W, 15 Jan

2017, A.P. Lorenz 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646 (CGMS). **ARGENTINA.** SANTA CRUZ: Los Glaciares National Park, 49°04'47.83"S, 72°53'15.35"W, alt. 514 m, saxicolous, 2 Jan 2017, A.A. Spielmann 12537 (CGMS); *ibid.*, 49°04'20.74"S, 72°53'27.32"W, alt. 527 m, saxicolous, 2 Jan 2017, M.J. Kitaura 4213 (CGMS); *ibid.*, TIERRA DEL FUEGO: Martial Glacier, 54°47'12.95"S, 68°24'11.02"W, alt. 782 m, muscicolous, 26 Dec 2016, M.J. Kitaura 4193, 4196 (CGMS); *ibid.*, terricolous, 26 Dec 2016, M.J. Kitaura 4198 (CGMS); *ibid.*, Tierra del Fuego National Park, 54°48'35.24"S, 68°27'19.83"W, alt. 582 m, saxicolous, 15 Dec 2016, A.A. Spielmann 12540 (CGMS); *ibid.*, 54°48'43.10"S, 68°32'23.40"W, alt. 606 m, 22 Dec 2016, A.A. Spielmann 12541 (CGMS); *ibid.*, 54°48'25.88"S, 68°32'55.49"W, alt. 675 m, saxicolous, 22 Dec 2016, A.A. Spielmann 12672, 12687 (CGMS); *ibid.*, 54°49'02.69"S, 68°30'37.71"W, alt. 968 m, saxicolous, 19 Dec 2016, M.J. Kitaura 4011, 4015 (CGMS); *ibid.*, terricolous, 19 Dec 2016, M.J. Kitaura 4032 (CGMS); *ibid.*, 54°51'19.26"S, 68°34'54.49"W, alt. 10 m, terricolous, 18 Dec 2016, M.J. Kitaura 4007, 4008 (CGMS); *ibid.*, 54°51'28.53"S, 68°30'23.83"W, alt. 4 m, terricolous, 21 Dec 2016, M.J. Kitaura 4116, 4117 (CGMS); *ibid.*, 54°48'20.46"S, 68°33'21.16"W, alt. 757 m, saxicolous, 22 Dec 2016, M.J. Kitaura 4155 (CGMS); *ibid.*, 54°50'34.44"S, 68°34'05.52"W, alt. 80 m, 16 Dec 2016, M.J. Kitaura 3336 (CGMS). **CHILE.** MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA: Última Esperanza province, Torres del Paine National Park, 51°06'39.61"S, 73°06'44.90"W, alt. 64 m, saxicolous, 7 Jan 2017, A.A. Spielmann 12545 (CGMS); *ibid.*, 51°06'39.78"S, 73°06'43.95"W, alt. 61 m, terricolous, 7 Jan 2017, M.J. Kitaura 4253 (CGMS).

#### 4. *Stereocaulon implexum* Th. Fr.

*Lectotype*:—Chile. Magellan Straits, 1851, N.J. Anderson *s.n.* (UPS-L-007549, *no vidi*). *Paratype*:—Chile. Chiloé Island, near Ancud, 1850, W. Lechler 981 (M-0258522, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

*Diagnostic characters:* this species is characterized by the pseudopodetia partly corticated mainly in upper parts, without tomentum; by the well-developed phyllocladial branchlets; terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and lobaric acid as major substances; and, by saculate-type cephalodia, subglobose to irregular, containing dark reddish algae (apparently *Gleocapsa*).

*Chemistry:* spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + sulfur yellow, UV + white; TLC, MC and NMR: Atranorin and lobaric acid; HPLC–DAD–MS: Atranorin, lobaric acid, lobarin, gyrophoric acid, bourgeanic acid, oxysiphulin, colensoic acid, 2''-ene-lobaric, 3''-ene-lobaric, and 4''-enelobaric acids, and two compounds with structures not yet fully elucidated.

*Distribution:* Argentina, Chile, Gough Island and Tristan da Cunha (Jorgensen 1977; Lamb 1977).

*Specimens examined:* **ARGENTINA.** SANTA CRUZ: Los Glaciares National Park, 49°04'20.74"S, 72°53'27.32"W, alt. 527 m, terricolous, 2 Jan 2017, *M.J. Kitaura* 4228 (CGMS). **CHILE.** MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA: Última Esperanza province, Torres del Paine National Park, 51°06'39.78"S, 73°06'43.95"W, alt. 61 m, muscicolous, 2 Jan 2017, *M.J. Kitaura* 4238 (CGMS).

##### 5. *Stereocaulon melanopotamicum* Lamb

*Holotype:*—Argentina. Río Negro: Between Lago Frias and the Frias Glacier, on rock, 1950, *I.M. Lamb* 6086 (CAN-L63400; FH, isotype, *no vidi*), *vide* Lamb (1977.)

*Diagnostic characters:* this species is characterized by the pseudopodetia partly or largely corticated, without tomentum; by the often very indistinctly developed phyllocladial branchlets; the frequent presence of granular soredia on the apices of pseudopodetia and branches, sometimes covering subapical parts; by the terminal and convex apothecia; the

presence of atranorin and lobaric acid as major substances; and, by saculate-type cephalodia, subglobose to irregular, containing dark reddish algae (apparently *Gleocapsa*).

*Chemistry*: spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + sulfur yellow, UV + white; TLC, MC and NMR: Atranorin and lobaric acid; HPLC–DAD–MS: Atranorin, lobaric acid, lobarin, gyrophoric acid, bourgeanic acid, oxysiphulin, colensoic acid, 2"-ene-lobaric, 3"-ene-lobaric, and 4"-enelobaric acids, and two compounds with structures not yet fully elucidated.

*Distribution*: Argentina and Chile (Lamb 1977).

*Specimens examined*: **ARGENTINA**. TIERRA DEL FUEGO: Tierra del Fuego National Park, 54°50'34.44"S, 68°34'05.52"W, alt. 80 m, saxicolous, 16 Dec 2016, *M.J. Kitaura* 3337 (CGMS); *ibid.*, 54°50'41.42"S, 68°33'52.31"W, alt. 6 m, saxicolous, 25 Dec 2016, *M.J. Kitaura* 4166 (CGMS).

#### 6. *Stereocaulon tomentosum* Th. Fr.

*Syntype*:—Sweden, exact locality not stated. Isotype material distributed in Fries, Lich. Suec. Exs. no. 90, *fide* Lamb (1977).

*Diagnostic characters*: this species is characterized by the pseudopodetia decorticated, by the presence of a conspicuous ivorish-white tomentum covering the pseudopodetia; verruciform to squamuliform phyllocladia; by the lateral and plane apothecia; the presence of atranorin and stictic and menegazziaic acids as major substances; and, by simple-type cephalodia, containing filaments of *Nostoc*.

*Chemistry*: spot test in phyllocladia K+ yellow, C-, KC-, PD+ orange, UV- white. TLC: atranorin, stictic and menegazziaic acids (majors), norstictic and hypoconstictic acids (minors). Some variations were identified in some specimens: In *Kitaura* 3333, 4005, 4123, 4249, and in *Spielmann* 12637 and 12688 hypoconstictic acid not was observed; in *Kitaura*

3383 and Spielmann 12673, menegazziaic and hypoconstictic acids not were observed; and in Spielmann 12537, menegazziaic and norstictic acids not were observed.

*Distribution:* Sweden, Norway, Denmark, Finland, Belgium, Scotland, France, Spain, Germany, Switzerland, Austria, Czechoslovakia, Hungary, Poland, U.S.S.R. (Kola Peninsula, Murmansk Distr., Estonian SSR, Belorussian SSR, Leningrad region, Karelia Iadogensis, Smolensk ObIast, Ural Mts., Altai Mts., Sayan Mts. Krasnoyarsk Temt., Transbaikalia, Kamtchatka, Extreme Orient, Sachalin), Mongolian People's Republic, Iceland, Greenland, Canada (Ontario, Quebec, New Brunswick, Prince Edward Island, Nova Scotia, Newfoundland, Manitoba, Saskatchewan, Alberta, British Columbia, N. W. Territ., Yukon Territ.), Miquelon Island, U. S. A. (New York, Connecticut, Massachusetts, Maine, New Hampshire, Vermont, Michigan, Wisconsin, Iowa, Minnesota, Montana, Idaho, Colorado, Wyoming, California, Washington, Alaska), China (Yiinnan), Korea, Japan (Hokkaido), Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru, Bolivia, Chile (Magallanes, Brunswick Peninsula), Argentina (Tierra del Fuego, Santa Cruz, Rio Negro; the var. *capitatum* in Prov. Tucumán), Falkland Islands (Lamb 1977).

*Specimens examined:* **ARGENTINA.** SANTA CRUZ: Los Glaciares National Park, 49°04'47.83"S, 72°53'15.35"W, alt. 514 m, 7 Jan 2017, A.A. *Spielmann 12535* (CGMS); *ibid.*, TIERRA DEL FUEGO: Tierra del Fuego National Park, 54°49'47.54"S, 68°28'53.86"W, alt. 220 m, 19 Dec 2016, A.A. *Spielmann 12543* (CGMS); *ibid.*, 17 Dec 2016, A.A. *Spielmann 12637* (CGMS); *ibid.*, 54°50'35.47"S, 68°34'02.07"W, alt. 3 m, 16 Dec 2016, A.A. *Spielmann 12534* (CGMS); *ibid.*, 54°50'39.89"S, 68°33'54.99"W, alt. 10 m, saxicolous, 25 Dec 2016, A.A. *Spielmann 12673* (CGMS); *ibid.*, 54°50'34.44"S, 68°34'05.52"W, alt. 80 m, saxicolous, 16 Dec 2016, M.J. *Kitaura 3331, 3332, 3333* (CGMS); *ibid.*, 54°51'28.53"S, 68°30'23.83"W, alt. 4 m, saxicolous, 21 Dec 2016, M.J. *Kitaura 4123, 4130* (CGMS); *ibid.*, terricolous, 21 Dec 2016, M.J. *Kitaura 4124* (CGMS); *ibid.*, 54°50'41.42"S, 68°33'52.31"W, alt. 6 m, terricolous, 25 Dec



2016, *M.J. Kitaura* 4182, 4189 (CGMS); *ibid.*, 54°49'47.84"S, 68°28'53.87"W, alt. 205 m, terricolous, 17 Dec 2016, *M.J. Kitaura* 3377 (CGMS); *ibid.*, 54°49'52.59"S, 68°29'22.48"W, alt. 302 m, terricolous, 17 Dec 2016, *M.J. Kitaura* 3383 (CGMS); *ibid.*, 54°49'59.81"S, 68°29'58.68"W, alt. 216 m, terricolous, 17 Dec 2016, *M.J. Kitaura* 3390 (CGMS). **CHILE.** MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA: Última Esperanza province, Torres del Paine National Park, 51°06'54.68"S, 73°06'51.79"W, alt. 69 m, 2 Jan 2017, *A.A. Spielmann* 12538 (CGMS); *ibid.*, 51°06'39.78"S, 73°06'43.95"W, alt. 61 m, terricolous, 7 Jan 2017, *M.J. Kitaura* 4249 (CGMS).

### 7. *Stereocaulon vesuvianum* Pers.

*Holotype*:— Italy, Mt. Vesuvio, leg.?, date? (L-Pers; H-Ach, isotype, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

*Chemistry*: Spot test in phyllocladia K+ yellow, C-, KC-, PD+ orange, UV- white. TLC: Atranorin, stictic and menegazziaic acids (Majors), norstictic and hypoconstictic acids (minors).

*Diagnostic characters*: this species is characterized by the pseudopodetia decorticated, generally without tomentum or rarely with slight, fibrous-adpressed tomentum; verruciform, peltate or squamulose phyllocladia, with darker centers and paler margins (bicolor); by the lateral and plane apothecia; the presence of atranorin and stictic and menegazziaic acids as major substances; and, by simple-type cephalodia.

*Distribution*: Antarctic, South Shetlands Islands.

*Specimens examined*: Antarctic. South Shetlands Islands, Nelson Island, Rid Point, saxicolous, 3 Jan 2017, *A.P. Lorenz* 320 (CGMS).

## DISCUSSION

DNA barcoding has been widely used as an efficient tool for the delimitation of the *Stereocaulon* species, mainly with nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences (Högnabba 2006;

Högnabba et al. 2014; McCune et al. 2019; Park et al. 2018). The nuITS region in *Stereocaulon* shows promising results, revealing four main lineages in the genus, corresponding to the subgenera *Holostelidium* and *Stereocaulon* proposed by Lamb (1977) and to two clades of the crustose species. Nevertheless, a few internal clades encompassing widely distributed species with considerable morphological variation and ambiguous species boundaries may yield inconclusive results. These clades may exhibit low phylogenetic resolution, with species appearing in multiple clades, some comprising more than one species. This is the case of the *S. alpinum* and *S. vesuvianum*, which likely represent species complexes and merit further investigation (Supplementary Figure 1).

By studying multiple specimens of *Stereocaulon* from southern South America and maritime Antarctica, including their morphological, chemical, and molecular characteristics, it was possible to enrich our understanding of the phylogenetic relationships among the species within the genus. Among the seven species analyzed, *S. corticatulum*, *S. glabrum*, *S. implexum*, and *S. tomentosum* results corroborated Högnabba (2006), and were complemented here with morphological and chemical data. Sequences of *S. melanopotamicum* were analyzed for the first time, along with a detailed phenotypic characterization. The specimen identified as *Stereocaulon vesuvianum* was treated as one species of the *S. vesuvianum* complex, and the morphological and chemical characterization was also presented.

The species identified in this study also corroborated morphologically with the previously described by Lamb (1977): *Stereocaulon corticatulum*, *S. implexum* and *S. melanopotamicum* are characterized by the phyllocladial branchlets and the cephalodia sacculate, which are globose to scrobiculate; while *S. glabrum* and *S. tomentosum* has true phyllocladia and cephalodia simple to botryose; and *S. vesuvianum* has the phyllocladia bicolor and the cephalodia simple to botryose.

The sequences generated in this study also corroborate the geographic distribution and chemical composition known for the identified species. *Stereocaulon glabrum*, *S. tomentosum*, and *S. vesuvianum* are characterized by the presence of atranorin, stictic, and menegazziaic acids; *S. corticatulum* by the presence of rangiformic acid; and *S. melanopotamicum* and *S. implexum* by the lobaric. Additionally, for *S. implexum* are documented three chemical strains, which follow a geographic distribution pattern: strain I (with lobaric acid) for the south of Chile and Argentina, strain II (with miriquidic acid) for Tristan da Cunha and strain III (with atranorin, norstictic acid, and salazinic acid) for Tristan da Cunha and Gough Island. Our chemical analyses revealed the presence of lobaric acid, confirming that the specimens belong to strain I of *S. implexum*.

This study contributes to understanding the phylogenetic relationships within the genus *Stereocaulon* by (1) generating genetic data for *S. melanopotamicum* and *S. implexum* for the first time, (2) expanding the sampling of other species in southern South America and maritime Antarctica, (3) broadening the sampling of subgenus *Holostelidium* and *Stereocaulon*, and (4) validating the efficiency of morphological characters in discriminating these subgenera. Finally, it is imperative to broaden the sampling on the islands of the South Atlantic Ocean, as in New Zealand, Australia, South Africa, and Tanzania, obtaining additional data for a more comprehensive phylogenetic analysis, unveiling the evolutionary dynamics of species in the southern hemisphere and their interconnections.

**Author Contributions:** Conceptualization, methodology and validation, J.M.T. and A.P.L.; fieldwork, A.A.S., A.P.L. and M.K.; morphological analyses, J.M.T.; chemical analyses, A.G. and N.K.H.; molecular analyses, A.P.L. and J.M.T.; writing of original draft preparation, J.M.T. and A.P.L.; writing, review, and editing, J.M.T., A.P.L., M.K. and A.A.S.; funding acquisition, A.A.S. and A.P.L. All authors reviewed the manuscript.

## **FUNDING**

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES) — Finance Code 001. J.-M. Torres received a Doctoral fellowship (CAPES). It was also supported by the Brazilian “Evolution and Dispersal of Antarctic Bipolar Species of Mosses and Lichens” project (MCTI/CNPq/FNDCT—Ação Transversal n° 64/2013).

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank the CGMS curator, Dra. Luciana Canêz, who quickly attended to our requests. Also, thanks to OPERANTAR team Dra. Mayara Scur, Dr. Wellington Fava and MSc. Diogo Santos for collecting the specimens.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest at any level for the publication of this study.

## LITERATURE CITED

- Bilovitz PO, Nascimbene J, Mayrhofer H. 2015. Terricolous lichens in the glacier forefield of the Morteratsch Glacier (Eastern Alps, Graubunden, Switzerland). *Phyton*. 55: 193–199.
- Boekhout T. 1982. Studies on Colombian cryptogams XVIII the genus *Stereocaulon* (Schreber) Hoffmann (Lichens). *J Hattori Bot Lab*. 53:483–511.
- Brodo IM, Duran-Sharnoff S, Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. New Haven & London (USA–UK): Yale University Press.
- Caccianiga M, Andreis C. 2004. Pioneer herbaceous vegetation on glacier forelands in the Italian Alps. *Phytocoenologia*. 34:55–89.
- Darriba D, Taboada GL, Doallo R, Posada D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods*. 9:772. doi: [10.1038/nmeth.2109](https://doi.org/10.1038/nmeth.2109).

- Dereeper A, Guignon V, Blanc G, Audic S, Buffet S, Chevenet F, Dufayard JF, Guindon S, Lefort V, Lescot M, Claverie JM, Gascuel O. 2008. Phylogeny.fr: robust phylogenetic analysis for the non-specialist. *Nucleic Acids Res.* 1:36. doi: [10.1093/nar/gkn180](https://doi.org/10.1093/nar/gkn180).
- Ekman S, Tonsberg T. 2002. Most species of *Lepraria* and *Leproloma* form a monophyletic group closely related to *Stereocaulon*. *Mycol Res.* 106(11):1262–1276. doi: [10.1017/S0953756202006718](https://doi.org/10.1017/S0953756202006718).
- Fries TM. 1858. *Monographia Stereocaulorum et Pilophororum*. *Acta Regia Soc Sci Upsal.* 3(2):307–380.
- Galloway DJ. 1980. The lichen genera *Argopsis* and *Stereocaulon* in New Zealand. *Bot. Notiser.* 133:261–279.
- Galloway DJ. 1985. *Flora of New Zealand. Lichens*. Wellington (New Zealand): P. D. Hasselberg, Government Printer.
- Gardes M, Bruns TD. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes—application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol Ecol.* 2(2):113–118. [10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x).
- Högnabba F. 2006. Molecular phylogeny of the genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, lichenized ascomycetes). *Mycol Res.* 110(9):1080–1092. doi: [10.1016/j.mycres.2006.04.013](https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.04.013)
- Högnabba F, Pino-bodas R, Nordin A, Myllys L, Stenroos S. 2014. Phylogenetic position of the crustose *Stereocaulon* species. *Lichenologist.* 46(1):103–114.
- Huang M-R. 2010. Altitudinal patterns of *Stereocaulon* (Lichenized Ascomycota) in China. *Acta Oecol.* 36:173–178.
- Huelsenbeck JP, Ronquist F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics.* 17(8):754–755. doi: [10.1093/bioinformatics/17.8.754](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/17.8.754).

- Johnson GT. 1938. The Taxonomic Importance and Phylogenetic Significance of the Cephalodia of *Stereocaulon*. *Ann Mo Bot Gard.* (25)3:729-768.
- Jorgensen PM. 1977. Foliose and Fruticose Lichens from Tristan da Cunha. Oslo (Noruega): Det Norske Videnskaps-Akademi.
- Katoh K, Misawa K, Kuma K, Miyata T. 2002. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Res.* 30:3059–3066. doi: [10.1093/nar/gkf436](https://doi.org/10.1093/nar/gkf436)
- Kearse M, Moir R, Wilson A, Stones-Havas S, Cheung M, Sturrock S, Buxton S, Cooper A, Markowitz S, Duran C, Thierer T, Ashton B, Meintjes P, Drummond A. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics.* 28:1647–1649. [10.1093/bioinformatics/bts199](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199).
- Kershaw KA. 1960. The genus *Stereocaulon* Schreb. in the British Isles. *Lichenologist.* 1:184–203.
- Kim JH, Ahn I-Y, Hong SG, Andreev M, Lim K-M, Oh MJ, Koh YJ, Hur J-S. 2006. Lichen Flora around the Korean Antarctic Scientific Station, King George Island, Antarctic. *J Microbiol.* 44(5)480–491.
- Lamb IM. 1951. On the morphology, phylogeny, and taxonomy of the lichen genus *Stereocaulon*. *Can J Bot.* 29(5):522–584. doi: [10.1139/b51-045](https://doi.org/10.1139/b51-045).
- Lamb IM. 1955. New Lichens from Northern Patagonia with notes on some related species. *Farlowia.* 4(4):423–471.
- Lamb IM. 1958. La Vegetación Liquéñica de los Parques Nacionales Patagónicos. Buenos Aires (Argentina): Anales de Parques Nacionales.
- Lamb IM. 1977. A conspectus of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *Journ Hattori Bot Lab.* (43):191–355.

- Lewis-Smith RI. 1984. Terrestrial plant biology of the sub-Antarctic and Antarctic. In: Laws RM, editor. Antarctic Ecology, vol. 1. London (UK): Academic Press. p. 61–162.
- Lücking R, Hodkinson BP, Leavitt SD. 2017. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *Bryologist* 119(4):361–416. doi: [10.1639/0007-2745-119.4.361](https://doi.org/10.1639/0007-2745-119.4.361).
- Magnusson AH. 1926. Studies on boreal *Stereocaula*. Göteborgs Kungl. Vetenskaps- och vitterhets-samhälles handlingar. Handl. 30(7):1–89.
- McCune B, Di Meglio E, Tønsberg T, Yahr R. 2019. Five new crustose *Stereocaulon* species in western North America. *Bryologist*. 122(2):197–218. doi: [10.1639/0007-2745-122.2.197](https://doi.org/10.1639/0007-2745-122.2.197).
- Miller MA, Pfeiffer WT, Schwartz T. 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for Inference of Large Phylogenetic Trees. In: Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE). New Orleans (LA) p. 1–8. doi: [10.1109/GCE.2010.5676129](https://doi.org/10.1109/GCE.2010.5676129).
- Myllys L, Lohtander K, Tehler A. 2001.  $\beta$ -tubulin, ITS and group I intron sequences challenge the species pair concept in *Physcia aipolia* and *P. caesia*. *Mycologia*. 93(2):335–343. doi: [10.2307/3761655](https://doi.org/10.2307/3761655).
- Oset M. 2014. The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. in Poland. – a taxonomic and ecological study. *Monogr Bot*. 104:1–81. doi: [10.5586/mb.2014.001](https://doi.org/10.5586/mb.2014.001).
- Øvstedal DO, Lewis-Smith RI. 2001. Lichens of Antarctica and South Georgia. A Guide to their Identification and Ecology. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Øvstedal DO, Lewis-Smith RI. 2004. Additions and corrections to the Lichens of Antarctica and South Georgia. *Cryptogam Mycol*. 25(4):323–331.

- Øvstedal DO, Lewis-Smith RI. 2009. Further additions to the lichen flora of Antarctica and South Georgia. *Nova Hedwigia*. 88(1–2):157–168. doi: [10.1127/0029-5035/2009/0088-0157](https://doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0088-0157)
- Park JS, Park CH, Park SY, Oh SO, Jayalal U, Hur JS. 2018. Revision of the Lichen Genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, Ascomycota) in South Korea. *Mycobiology*. 46(2):101–113. doi: [10.1080/12298093.2018.1461314](https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1461314).
- Paudel B, Bhattarai HD, Lee JS, Hong SG, Shin HW, Yim JH. 2008. Antioxidant activity of polar lichens from King George Island (Antarctica). *Polar Biol*. 31:605–608. doi: [10.1007/s00300-007-0394-8](https://doi.org/10.1007/s00300-007-0394-8).
- Rambaut A, Drummond AJ, Xie D, Baele G, Suchard MA. 2018. Posterior Summarization in Bayesian Phylogenetics Using Tracer 1.7. *Syst Biol*. 67(5):901–904. doi: [10.1093/sysbio/syy032](https://doi.org/10.1093/sysbio/syy032).
- Redón J. 1985. *Líquenes Antárticos*. Santiago de Chile (Chile): Instituto Antártico Chileno.
- Riddle LW. 1910. The North American Species of *Stereocaulon*. *Bot Gaz*. (50)4:285–304. doi: [10.1086/330363](https://doi.org/10.1086/330363).
- Ruprecht U, Fernández-Mendoza F, Türk R, Fryday AM. 2020. High levels of endemism and local differentiation in the fungal and algal symbionts of saxicolous lecideoid lichens along a latitudinal gradient in southern South America. *Lichenologist*. 52:287–303. doi: [10.1017/S0024282920000225](https://doi.org/10.1017/S0024282920000225).
- Sipman HJM. 1986. Three new lichens from Colombia. *Willdenowia*. 16:279–284.
- Sipman HJM. 2002. Key to the *Stereocaulon* species in the Neotropics. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin. <https://archive.bgbm.org/BGBM/STAFF/Wiss/Sipman/keys/Neostereo.htm>. Accessed 9 november 2022.



- Stamatakis A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*. 30(9):1312–1313. doi: [10.1093/bioinformatics/btu033](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu033).
- Takhtajan AL. 1986. *Floristic Regions of the World*. Berkeley (CA): University of California Press.
- Thomson JW. 1984. *American Arctic lichens. The Macrolichenes*. New York (NY): Columbia University Press.
- Torres J-M, Torres VO, Rodrigues AS, Gianini AS, Micheletti A-C, Honda NK, Spielmann AA, Lorenz AP. 2023. Lineages of the lichen-forming fungus *Stereocaulon alpinum* and their photobionts in southern South America and maritime Antarctica. *Polar Biology*. 46:865–879. doi: [10.1007/s00300-023-03168-y](https://doi.org/10.1007/s00300-023-03168-y).
- Vainio EA. 1890. *Étude sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil*. Helsinki (Finland): J. Simelius.
- Vančurová L, Malíček J, Steinová J, Škaloud P. 2021. Choosing the Right Life Partner: Ecological Drivers of Lichen Symbiosis. *Front Microbiol*. 12:769304. doi: [10.3389/fmicb.2021.769304](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.769304).
- Vančurová L, Muggia L, Peksa O, Řídká T, Škaloud P. 2018. The complexity of symbiotic interactions influences the ecological amplitude of the host: A case study in *Stereocaulon* (lichenized Ascomycota). *Mol Ecol*. 27(14):3016–3033. doi: [10.1111/mec.14764](https://doi.org/10.1111/mec.14764).
- White TJ, Bruns TD, Lee S, Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ, editors. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. London (UK): Academic Press, Inc. p. 315–322.

## LEGENDS

**Table 1.** Information about nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences analyzed in this study.

**Figure 1.** Sampling points of *Stereocaulon* species. a, Distribution in southern South America; b, in maritime Antarctica.

**Figure 2.** Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of the concatenated data set of nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences of *Stereocaulon*. Thickened branches correspond to high support values from Bayesian inference (a priori probability  $\geq 0.95$ ) and from maximum likelihood (bootstrap  $\geq 75$ ), respectively. In bold sequences from southern South America and maritime Antarctica, arrows indicate the sequences here generated.

**SUPPLEMENTARY TABLE 1.** Information about nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences selected from GenBank for this study.

**SUPPLEMENTARY TABLE 2.** Species of *Stereocaulon* known in southern South America and maritime Antarctica.

**SUPPLEMENTARY FIGURE 1.** Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of nuITS sequences of *Stereocaulon*. Thickened branches correspond to high support values from Bayesian inference (a priori probability  $\geq 0.95$ ) and from maximum likelihood (bootstrap  $\geq 75$ ), respectively. In bold sequences from southern South America and maritime Antarctica, arrows indicate the sequences here generated.

\*Contact: Jean Marc Torres; jean.torresp89@gmail.com

**SUPPLEMENTARY TABLE 2.** Species of *Stereocaulon* known in southern South America and maritime Antarctica.

Species	Antarctica	Argentina	Chile
<i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)	Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon antarcticum</i> Vain.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)	Lamb (1977)	Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon austrohetlandicum</i> Øvstedal	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)		
<i>Stereocaulon caespitosum</i> Redinger	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)		
<i>Stereocaulon condensatum</i> Hoffm.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2004)		
<i>Stereocaulon corticatulum</i> Nyl.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon corticatulum</i> var. <i>subcortiatulum</i> (Räsänen) Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon crambiodiocephalum</i> Lamb			Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon curtum</i> (Räsänen) Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon dusenii</i> Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon glabrum</i> (Müll. Arg.) Vain.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)	Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon glabrum</i> fo. <i>flabellans</i> (Lamb) Lamb		Lamb (1977)	Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon implexum</i> Th. Fr.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i> Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon meyeri</i> Stein		Lamb (1977)	Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon meyeri</i> fo. <i>tucumanum</i> Lamb		Lamb (1977)	
<i>Stereocaulon meyeri</i> var. <i>farinosum</i> (Th. Fr.) Lamb			Lamb (1977)
<i>Stereocaulon paschale</i> (L.) Hoffm.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> (Sw.) Raesch.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)	Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>elegans</i> Th. Fr.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>nudatum</i> (Müll. Arg.) Lamb			Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>subcompressum</i> Lamb			Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>macrocarpum</i> (A. Rich.) C. Bab.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> var. <i>pulvinare</i> (Dodge) Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon ramulosum</i> fo. <i>crebratum</i> Lamb			Lamb (1977)





SUPPLEMENTARY TABLE 2. Cont.

Species	Antarctica	Argentina	Chile
<i>Stereocaulon saxatile</i> H. Magn.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2009)		
<i>Stereocaulon stenospermum</i> Lamb (Lamb)		Lamb (1977)	Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon tomentosum</i> var. <i>capitatum</i> Lamb		Lamb (1977)	
<i>Stereocaulon verruciferum</i> Nyl.		Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon verruciferum</i> var. <i>surreptans</i> Lamb (Lamb)		Lamb (1977)	Lamb (1955)
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	Ovstedal and Lewsi-Smith (2001)	Lamb (1977)	Lamb (1977)
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> fo. <i>depressum</i> (Magn.) Lamb		Lamb (1977)	
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>kilimandscharoense</i> Stein		Lamb (1977)	Galloway and Quilhot (1998)
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> var. <i>efflorescens</i> (Räsänen) Lamb		Lamb (1977)	Lamb (1977)

MANUSCRITO III:

Torres JM, Spielmann AA, Lorenz AP (2024). The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota liquenizados, *Stereocaulaceae*) in Brazil. Em preparação para ser submetido a **Anais da Academia Brasileira de Ciências**.

**The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota liquenizados, *Stereocaulaceae*) in Brazil**

Jean Marc Torres<sup>1\*</sup> , Aline Siqueira Gianini<sup>2</sup>, Neli Kika Honda<sup>2</sup> , Adriano Afonso Spielmann<sup>3</sup>  and Aline Pedroso Lorenz<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS (Brazil).

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Química, Laboratório de pesquisa 2 (LP2), Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS (Brazil).

<sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Botânica / Liquenologia, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS (Brazil).

**Key words:** *Campos de altitude*, New record, *Stereocaulaceae*, taxonomy.

**Running title:** The lichen genus *Stereocaulon* in Brazil.

**Academy Section:** Ciências Biológicas

**\*Correspondence:** Jean Marc Torres, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS (Brazil), (67) 3345-7013. [jean.torresp89@gmail.com](mailto:jean.torresp89@gmail.com)

**ABSTRACT**

Brazilian landscapes encompass tropical to cloud forests, including rich grasslands in the highest regions (*campos de altitude*), mirroring the Andean páramos. These sky islands harbor unique biodiversity, featuring species adapted to milder climates and experiencing extreme cold temperatures. These ecosystems host unique biodiversity, including the *Stereocaulon* lichen genus. This study aims to characterize Brazilian *Stereocaulon* species through morphology, anatomy, chemistry, and molecular data, contributing to the knowledge of the lichenized diversity fungi in these patchily distributed environments in South America. Seventy-seven *Stereocaulon* specimens were examined, and four species were identified: *S. microcarpum* and *S. ramulosum* were found in the Southeast and South regions (between 200 and 2,500 meters above sea level), while *S. strictum* was limited to Rio de Janeiro state and *S. vesuvianum* was exclusive to Minas Gerais state, both found only above 2,200 meters. The morphological and chemical analyses corroborated the information already documented for these species and were summarized in a taxonomic key. The chemical analysis identified atranorin in all species. Stictic, perlatolic, and porphyritic acids were identified as major components. Phylogenetic analysis based on nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences revealed previously unknown clades in the genus phylogeny, corresponding to *S. microcarpum* and *S. strictum* species. These findings enhance our comprehension of *Stereocaulon* species in South America and provide a valuable dataset for specimens collected in the Southeast and South of Brazil.

**Key words:** *Campos de altitude*, new record, *Stereocaulaceae*, taxonomy.

**INTRODUCTION**

Brazil is renowned for its tropical landscapes, featuring thriving vegetation within hyperdiverse forests. It is also home to numerous mountainous formations, where the highest regions harbor unique biodiversity, featuring species adapted to milder climates and

experiencing extreme cold temperatures during specific times of the year. These communities encompass subtropical formations and, in the highlands, mosaics of fog forests, grasslands, and rocky outcrops, which can support several genera of lichenized fungi that are more commonly found in temperate and polar regions. Within this fungal diversity, the lichenized fungus genus *Stereocaulon* Hoffm. stands out by forming a tripartite symbiosis together with trebouxoid green microalgae as its primary photobiont, and cyanobacteria of the genus *Nostoc*, *Stigonema* ou *Rhizonema* inside delimited cephalodia (Lamb 1951, Lavoie et al. 2020, Lücking et al. 2009, Torres et al. 2023, Vančurová et al. 2018, Vančurová et al. 2021), resulting in the formation of striking dimorphic thallus containing both primary (crustose) and secondary (fruticose) thallus (Fries 1858, Oset 2014, Riddle 1910, Thomson 1984). However, the primary thallus disappears in several species, and only the fruticose thallus dominates the habitat (Brodo 2001, Lamb 1951).

The first collections and records of lichens in Brazil date back to the first scientific expeditions carried out by European scientists in the 19th century. The German researchers Martius and Spix conducted the first extensive collection of lichens reported from Brazil during 1817-1820 (Marcelli 1998). Although in the publications of Spix and Martius, lichens are mentioned only for two places (Marcelli 1998, Spix & Martius 1823, 1828, 1831), the *Stereocaulon* genus was reported for the first time in Brazil near Tejuco, now Diamantina, in the state of Minas Gerais (MG). This report included a list of 12 species, encompassing *Cladonia*, *Leucodermia*, *Ramalina*, *Sticta*, and *Stereocaulon nanum* (Ach.) Ach. = *Stereocaulon microcarpum* Müll. Arg. (Spix & Martius 1828, 1981). The lichen material collected by Martius & Spix was sufficient for Eschweiler (1833) to document 169 species for Brazil in *Flora Brasiliensis*, including the first record of *Stereocaulon ramulosum* Raesch, reported from the rocks along banks of the Amazon River.



In the latter half of the 19th century, other European naturalists collected lichenized fungi in Brazil. These specimens were sent to Europe for identification and served as type material for hundreds of species and varieties, primarily studied by the Swiss researcher J. Müller Argoviensis and the German scientist A. Krempelhuber (Marcelli 1998). Another important lichen collector was Juan Ignacio Puiggari. He collected specimens in Apiaí, Iporanga, and Itapeva municipal districts in São Paulo State (SP). These lichens were sent to Müller Argoviensis, who studied most of them and published his research mainly in the *Lichenologische Beiträge* series (Marcelli 1998). In these publications, Müller Argoviensis (1879) proposed *S. microcarpum* based on material collected by Puiggari, and recorded *Stereocaulon mixtum* var. *tenellum* Mull. Arg both from Apiaí (Müller Argoviensis 1880).

Müller Argoviensis (1891) also recorded *Stereocaulon proximum* Nyl. from Serra Geral in Santa Catarina State (SC) and documented *Stereocaulon mixtum* Nyl. and *Stereocaulon mixtum* var. *tenellum* Mull. Arg. from Serra dos Órgãos in Rio de Janeiro State (RJ) and Serra do Picu (MG). Additionally, he cited *S. proximum* Nyl. from Teresópolis (RJ), *Stereocaulon proximum* var. *gracilius* Mull. Arg. from Joinville in Serra do Mar (SC), and *Stereocaulon proximum* status *ferruginascens* from Ouro Preto (MG). Afterwards, Müller Argoviensis (1895) recorded *Stereocaulon ramulosum* var. *proximum* (Nyl.) Mull. Arg. from Serra Geral (SC).

The Finnish lichenologist Vainio devoted his doctoral thesis to studying Brazilian lichens (1890a/b), describing 516 species and subspecies. He recorded *S. implexum* Th. Fr. from Serra do Caraça (MG) and *S. implexum* f. *sorediosa* Vain. from Serra do Frio (BA). The publications of Vainio (1880, 1887, 1890 a/b) on the lichens of Brazil are significant for understanding the ontogenic differences in the structure of podetia and pseudopodetia in fruticose lichens. Vainio introduced the term “pseudopodetia” to distinguish the cauliform structures of somatogenic origin in *Stereocaulon* from the cauliform structures known as

“podetia” in *Baeomyces* and *Cladonia*, which are of carpogenic origin (Lamb 1951, Vainio 1880, 1887).

Zahlbruckner (1909) recorded *Stereocaulon proximum* Nyl. from São Paulo and Minas Gerais (Parque Nacional Itatiaia) States. Between 1909 and 1967, relatively little progress was made regarding the study of lichens in Brazil. Concerning *Stereocaulon* species, it was until the work of de Lamb (1977) that species growing in Brazilian territory were newly cited. Lamb (1977) corroborated that the specimens previously cited for Brazil as *S. mixtum* var. *tenellum*, *S. implexum*, *S. implexum* f. *sorediosa*, and *S. proximum* status *ferruginascens* correspond to *S. microcarpum*, and that the specimens previously cited as *S. mixtum*, *S. proximum*, *S. proximum* var. *gracilius*, and *S. ramulosum* var. *proximum* correspond to *S. ramulosum*. Lamb (1977) also proposed *S. ramulosum* var. *simplicius* Lamb based on material from RJ, and recorded *S. ramulosum* f. *tomentosulum* Lamb for the first time in the Brazilian territory.

In Southern Brazil, Osorio et al. recorded *S. ramulosum* in the mountainous region of Canela, Cambará do Sul, and São Francisco de Paula, as well as *S. microcarpum* in Gramado and São Francisco de Paula at the Rio Grande do Sul (RS) State (Osorio & Arbelo Martins 1980, Osorio 1985, Osorio & Fleig 1986, Osorio & Fleig 1988, Spielmann 2006). Kalb (1981) cited *S. microcarpum* for Campos do Jordão (SP), Kalb (1982) recorded *S. ramulosum* for Itatiaia (RJ). Baron et al. (1988) conducted a chemical study, isolating and identifying secondary components in *S. ramulosum* from Serra do Mar in Paraná (PR). Aptroot (2002) was the first to record *S. strictum* for Brazil, found in Campos do Jordão (SP), and in the same year, Sipman (2002) recorded *S. strictum* from Itatiaia (MG) and *S. pileatum* from Parque Nacional do Caparaó (MG). Ten years later, Eliasaro et al. (2012) recorded *S. microcarpum* from Parana (PR). Aptroot et al. (2021) recorded *S. microcarpum* from

Joinville (SC). Finally, Fraga Junior et al. (2023) recorded *S. microcarpum* and *S. ramulosum* from Espírito Santo state (ES) for the first time.

Therefore, four species of *Stereocaulon* are currently known in Brazil: *S. microcarpum*, *S. pileatum*, *S. ramulosum* and *S. strictum*. These species are mainly distributed in Brazil's southeast (ES, MG, RJ, SP) and south (PR, SC, RS). In Southeast Brazil, these species are distributed at altitudes exceeding 1000 m and can even be found in grasslands and rocky outcrops exceeding 2000 m. In the south, characterized by a subtropical climate, with the four seasons well-defined, these species are distributed at lower altitudes, including areas close to coastal regions, but all above 215 m of altitude.

The *campos de altitude* (high altitude fields) are a series of cool-humid, grass-dominated formations restricted to the highest summits of the southeastern and south Brazilian regions, beginning at elevations above 1600 m in S Brazil and 1800 m in SE Brazil, between the states of Santa Catarina and Minas Gerais / Espírito Santo (Behling 2002, Safford 1999). Their most complete geographic and floristic development occurs on the highest and coldest formations of Brazil: The Serra do Itatiaia (a subrange of the Serra da Mantiqueira; 22°25'S, 44°40'W), the Serra do Caparaó (20°30'S, 41°47'W), and the Serra dos Órgãos (a subrange of the Serra do Mar, 22°28'S, 43°02'W). Other minor centers occur above Campos do Jordão in the southern Serra de Mantiqueira and on various isolated peaks in Santa Catarina and Paraná, southeastern Minas Gerais, and in the northern Serra do Mar of Rio de Janeiro (Safford 1999). These *campos de altitude* of southeastern and south Brazil show significant physiognomic and floristic similarities with the much higher páramos of the equatorial Andes (Safford 1999), where the most remarkable *Stereocaulon* diversity is recorded in South America (Boekhout 1981, Lamb 1977, Oset & Kukwa 2012, Rincón-Espitia & Mateus 2013, Sipman 2002).

As part of an effort to review the species of *Stereocaulon* present in South America, this study aimed to conduct morphological, anatomical, phylogenetic, and chemical characterizations of the species found in Brazil.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Sampling**

Specimens of *Stereocaulon* were collected during two Brazilian expeditions in National Parks. The first expedition occurred in 2015 in the Parque Nacional do Caparaó (ES and MG states) and the Parque Nacional do Itatiaia (MG and RJ states). The second expedition occurred in 2022 in the Parque Nacional do Itatiaia (RJ). Additionally, specimens collected at several localities in Espírito Santo (ES), Santa Catarina (SC), São Paulo (SP), and Rio Grande do Sul (RS) were studied. All vouchers were deposited in the CGMS herbarium (Campo Grande, Brazil). Details about collection sites and vouchers are provided in Table I. See also Fig. 1.

### **Morphology, anatomy, and chemistry**

Seventy-seven specimens of *Stereocaulon* were identified and examined using a stereomicroscope (Olympus SZX7) and a microscope (Olympus CX22LED). Morphological, anatomical, and chemical characteristics commonly used to describe species of *Stereocaulon* were examined (Brodo et al. 2001, Fries 1858, Kershaw 1960, Lamb 1958, Oset 2014, Øvstedal & Lewis-Smith 2001, Thomson 1984, Torres et al. 2023). Differences observed among the thalli were included in the descriptions.

Chemical components were first identified with spot tests (K, C, KC, P) on the phyllocladia and also documented under the UV light, then confirmed with thin layer chromatography (TLC) following the methodology exposed in Torres et al. (2023).

### **DNA extraction, PCR, sequencing, and phylogenetic analyzes**

Total DNA was extracted from fresh specimens using pseudopodetia and phyllocladia fragments with the Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega, Madison, WI, USA) following manufacturer recommendations. The nuclear ribosomal internal transcribed spacer region (ITS) and a portion of the  $\beta$ -tubulin gene were amplified using the primers ITS1F (Gardes & Bruns 1993) and ITS4 (White et al. 1990), and Bt3-LM and Bt10-LM (Myllys et al. 2001), respectively. The PCR conditions are detailed in Torres et al. (2023). PCR products were checked in agarose gel 1% with GelRed® and purified using a column kit (Ludwig Biotecnologia). Following quantification using a NanoDrop 2000 spectrophotometer (Thermo Scientific™), sequencing was carried out by Macrogen® company using the Sanger method.

**Table I.** Information about the specimens of *Stereocaulon* analyzed in this study.

Species	Geographical origin	Geographic coordinates		Alt. (m)	Voucher	GenBank Accession Nos.	
		Latitude	Longitude			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.421700	-41.803600	2475	CVJ033	<i>x</i>	<i>x</i>
<i>Stereocaulon microcarpum</i> (n=16)	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.411300	-41.849400	1490	CVJ002	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Joinville - SC	-26.211944	-49.003056	225	AA78511	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Garuva - SC	-26.016667	-48.983333	1200	AA78534	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Domingos Martins, Parque Estadual da Pedra Azul - ES	-20.400000	-41.016667	1500	AA85254b	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Sinimbu - RS	-29.389583	-52.506556	605	AAS13371	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Gramado - RS	-29.365000	-50.882500	840	NMK1313	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.381283	-44.666014	2499	JMT1183	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1239	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1251	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1262	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1263	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1265	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1286	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.364633	-44.724933	2244	JMT1308	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL838	<i>x</i>	
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL839	<i>x</i>	<i>x</i>
<i>Stereocaulon ramulosum</i> (n=51)	Brazil, Praia Grande - SC	-29.159167	-49.981667	215	APL844	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.416700	-41.821900	2145	CVJ016	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.416700	-41.821900	2145	CVJ017	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.420000	-41.805500	2381	CVJ024	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.406900	-41.837300	1784	CVJ038	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.406900	-41.837300	1784	CVJ039	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - MG	-20.407000	-41.840800	1749	CVJ046	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.472019	-41.828219	1908	CVJ054	<i>x</i>	

Table I. Cont.

Species	Geographical origin	Geographic coordinates		Alt. (m)	Voucher	GenBank Accession Nos.	
		Latitude	Longitude			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.465969	-41.809428	2207	CVJ056	x	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.465969	-41.809428	2207	CVJ057	x	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.462522	-41.806911	2134	CVJ060	x	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.459647	-41.810114	2129	CVJ065	x	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.459647	-41.810114	2129	CVJ066	x	
	Brazil, Parque Nacional do Caparaó - ES	-20.489169	-41.821764	1702	CVJ071	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.374414	-44.701036	2418	CVJ075	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.382703	-44.685142	2391	CVJ087	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.371083	-44.705842	2387	CVJ089	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.371083	-44.705842	2387	CVJ090	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.364492	-44.724736	2283	CVJ092	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.364492	-44.724736	2283	CVJ093	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359936	-44.737100	2162	CVJ096	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.366908	-44.739161	2077	CVJ098	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.366908	-44.739161	2077	CVJ099	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.368706	-44.748597	1913	CVJ100	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.368706	-44.748597	1913	CVJ101	x	
	Brazil, Bom Jardim da Serra - SC	-28.395442	-49.544842	1016	ACPB001	x	
	Brazil, Bom Jardim da Serra - SC	-28.377539	-49.559356	1401	ACPB005	x	
	Brazil, Bom Jardim da Serra - SC	-28.371897	-49.567167	1375	ACPB008	x	
	Brazil, Domingos Martins, Parque Estadual da Pedra Azul - ES	-20.400000	-41.016667	1500	AA85254a	x	
	Brazil, Urubici - SC	-28.071111	-49.661389	1300	AA79661	x	x
	Brazil, Urubici - SC	-28.071111	-49.661389	1200	AA79655	x	x
	Brazil, São José dos Ausentes - RS	-28.671944	-49.838778	1260	NMK1311	x	x
	Brazil, São José dos Ausentes - RS	-28.612156	-49.817833	1260	NMK1312	x	x

Table I. Cont.

Species	Geographical origin	Geographic coordinates		Alt. (m)	Voucher	GenBank Accession Nos.	
		Latitude	Longitude			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.366000	-44.716556	2193	JMT1110	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.384325	-44.681911	2393	JMT1117	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365933	-44.717006	2339	JMT1195	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.373300	-44.705514	2422	JMT1203	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.372906	-44.703608	2400	JMT1208	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.373300	-44.705514	2422	JMT1210	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.386903	-44.676950	2362	JMT1230	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.359992	-44.736739	2157	JMT1264	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.364292	-44.727025	2235	JMT1320	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - MG	-22.363217	-44.732092	2222	JMT1321	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL824	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL825	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL826	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL827	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL833	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL834	x	x
	Brazil, Cambará do Sul - RS	-29.185000	-50.014722	839	APL840b	x	x
<i>Stereocaulon strictum</i> (n=10)	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365933	-44.717006	2339	JMT1194	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365933	-44.717006	2339	JMT1199	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.366250	-44.715314	2357	JMT1200	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365933	-44.717006	2339	JMT1211	x	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365933	-44.717006	2339	JMT1234	x	x
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.365014	-44.725408	2247	JMT1301	x	



**Table I.** Cont.

Species	Geographical origin	Geographic coordinates		Alt. (m)	Voucher	GenBank Accession Nos.	
		Latitude	Longitude			nuITS	$\beta$ -tubulin
<i>Stereocaulon strictum</i>	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.363089	-44.727825	2232	JMT1304	<i>x</i>	<i>x</i>
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.363089	-44.727825	2232	JMT1306	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.362981	-44.730450	2232	JMT1326	<i>x</i>	
	Brazil, Parque Nacional do Itatiaia - RJ	-22.366111	-44.716389	2337	AAS14254	<i>x</i>	<i>x</i>

The generated sequences were aligned with a representative dataset of *Stereocaulon* sequences, which included all the main clades found in the genus phylogenetic reconstruction (Högnabba 2006, Park et al. 2018, Torres et al. 2023). As outgroups, *Cladonia rangiformis* and *Cladonia ahtii* sequences were selected (Supplementary material S1).

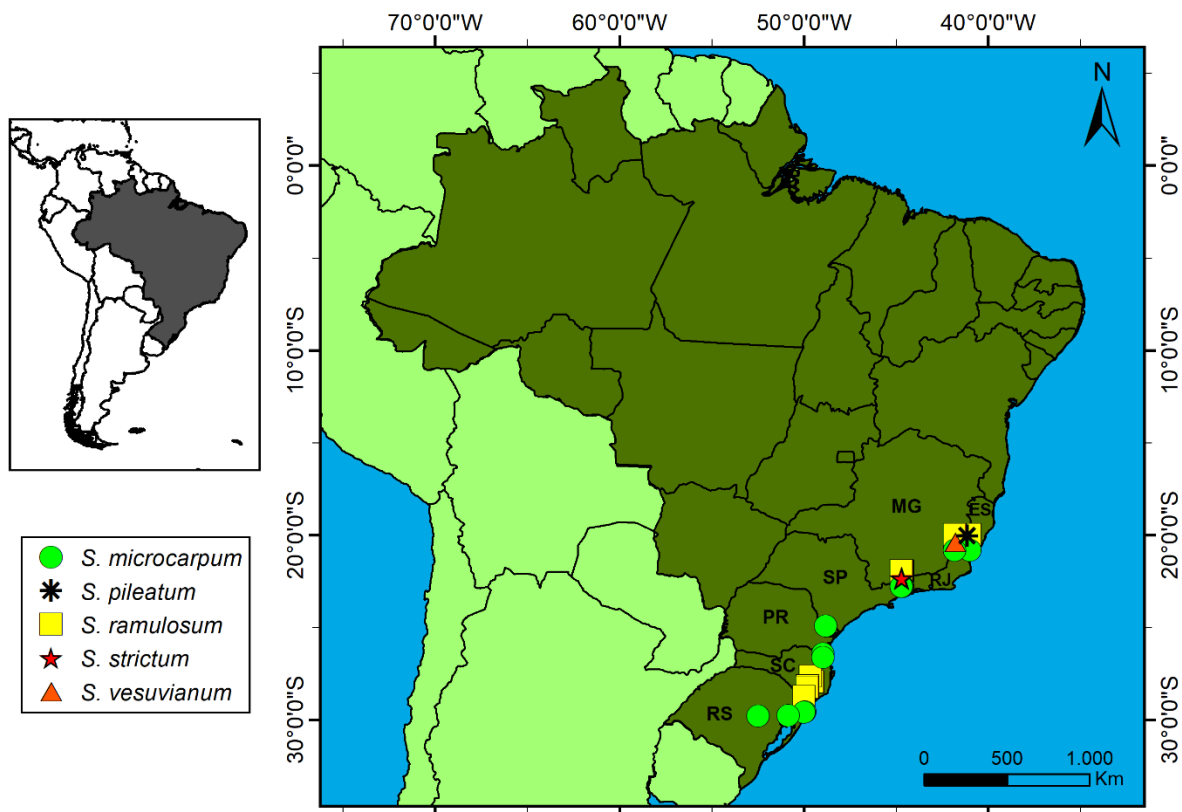
The alignments were conducted using the MAFFT v7.308 (Kato et al. 2002) plugin available in Geneious v.7.1.3, with the parameters described in Torres et al. (2023). Separate alignments were performed for nuITS and  $\beta$ -tubulin, manually checked, and concatenated. Ambiguously aligned regions were removed using the Gblocks 0.91b web server [http://phylogeny.lirmm.fr/phylo\\_cgi/one\\_task.cgi?task\\_type=gblocks](http://phylogeny.lirmm.fr/phylo_cgi/one_task.cgi?task_type=gblocks) (Dereeper et al. 2008) adjusted with the less stringent parameters. The best nucleotide substitution models for the phylogenetic analyses were selected using the Bayesian Information Criterion (BIC) within the jModelTest v.2.1.7 software (Darriba et al. 2012).

Both Bayesian inference (BA) and maximum likelihood (ML) approaches were employed for the phylogenetic reconstructions. In Bayesian inference (BA), MrBayes 3.1.2 (Huelsenbeck & Ronquist 2001) was utilized with the GTR+I+G model as suggested by jModelTest v2.1.7. software, and adjusted with two simultaneous independent runs and four Markov chains Monte Carlo (MCMC) converging on 10,000,000 generations and sampling every 10,000 generations. As burn-in, the first 25% of trees obtained were discarded. The Tracer 1.7 software (Rambaut et al. 2018) assessed the sampling convergence through the estimated effective sampling size (ESS). An ESS value exceeding 200 indicated convergence was achieved. The convergence was confirmed by examining the log probability using the. The maximum likelihood (ML) analyses were implemented in the RAxML 8.2.12 software (Stamatakis 2014) with the GTRGAMMA model and the remaining parameters were adjusted as a default. Support values were estimated using 1000 bootstrap pseudoreplicates. The resulting trees were visualized and edited using the FigTree v1.4.4 software

<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. Branches with a posterior probability  $\geq 0.95$  in Bayesian inference and a bootstrap value  $\geq 75$  in maximum likelihood were considered strongly supported.

## RESULTS

Five species of *Stereocaulon* are recognized here (Fig. 1): *Stereocaulon microcarpum*, *S. pileatum*, *S. ramulosum*, *S. strictum*, and *S. vesuvianum*.



**Figure 1.** Sampling points of species of *Stereocaulon* in Brazil.

Chemical analyses revealed the presence of atranorin in all the species and stictic, perlatolic, and porphyritic acids as the substances found as major components.

Among the five species, *S. microcarpum* and *S. ramulosum* were recorded in Brazil's Southeast and South regions, whereas *S. pileatum*, *S. strictum* and *S. vesuvianum* were exclusively found in the Southeast region. *Stereocaulon microcarpum* was found in ES, MG, RJ, SP, SC, and RS states, exhibiting a broader geographic distribution and occupying a range between 225 m and 2,499 m, as did *S. ramulosum*, which occurred in ES, MG, RJ, SC,

and RS states, also showing a wide altitudinal gradient, between 215 and 2,422 m. In contrast, *S. strictum* was restricted to RJ state only, occupying a reduced altitudinal range between 2,232 and 2,357 m; and *S. vesuvianum* was exclusively found in MG at 2,475 m (Fig. 1).

A total of 77 nuITS and 36  $\beta$ -tubulin sequences were obtained (Table I). For the phylogenetic analyzes, we compiled two datasets, one with 422 nuITS sequences and another with 161 concatenated nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences, representing the main *Stereocaulon* clades (Ekman & Tonsberg 2002, Högnabba 2006, Högnabba et al. 2014, McCune et al. 2019, Park et al. 2018, Vančurová et al. 2018, Vančurová et al. 2021) (Supplementary material S1). Using the nuITS region, the phylogenetic trees constructed positioned the sequences of *S. microcarpum* in a distinct clade not previously identified in the genus's phylogeny. Similarly, this occurred with the sequences of *S. strictum*. The sequences of *S. ramulosum* generated in this study grouped with sequences already available for this species from specimens collected in Argentina and Hawaii, and the sequences named in this study as *S. vesuvianum* grouped with sequences from Argentina and Antarctica also identified as *S. vesuvianum* (Supplementary Material S2).

Complementary, in the ML and BA analyses of concatenated nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences, the sequences of *S. microcarpum* and *S. strictum* formed distinct clades not previously identified in the genus's phylogeny, which is consistent with the results found in the nuITS analyzes. Likewise, the sequences of *S. ramulosum* grouped with the sequences of *S. ramulosum* from Hawaii specimens, also corroborating the results of the nuITS analyzes. However, there was a significant disparity in the ML and BA analyses of concatenated nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences concerning the sequences of *S. vesuvianum*. In these analyzes, these sequences clustered with those from Argentina identified as *S. verruciferum*, in contrast to the

results of the nuITS analyzes, where they clustered with sequences from Argentina and Antarctica identified as *S. vesuvianum* (Fig. 2).



**Taxonomy****Keys to *Stereocaulon* species in Brazil**

- 1a. Phyllocladia P+ orange (stictic acid)..... **2**
- 1b. Phyllocladia P- ou P+ pale yellow (stictic acid absent)..... **3**
- 2a. Phyllocladia distinctly terete-cylindrical (coralloid), unicolor; cephalodia sacculate and globose to scrobiculate, with well-developed, at least partly gelatinized cortical layer; pseudopodetia with whitish pseudosorediate efflorescences at the ends (Soredium-like granules)..... ***Stereocaulon microcarpum***
- 2b. Phyllocladia verrucose to peltate-squamulose, bicolor (whitish margins and green center); cephalodia simple to botryose, with poorly developed, pseudoparenchymatous cortical layer; pseudopodetia rarely with terminal soralia ..... ***Stereocaulon vesuvianum***
- 3a. Primary thallus persistent; cephalodia simple to botryose; with poorly developed, pseudoparenchymatous cortical layer; pseudopodetia with soredia in terminal, capitate, well-defined soralia ..... ***Stereocaulon pileatum***
- 3b. Primary thallus evanescent; cephalodia sacculate or protosacculate; with well-developed, at least partly gelatinized cortical layer, pseudopodetia without soredia or with whitish pseudosorediate efflorescences at the ends (Soredium-like granules).....
- 4a. Cephalodia protosacculate, dactyliform ..... ***Stereocaulon strictum***
- 4b. Cephalodia sacculate, globose and scrobiculate ..... ***Stereocaulon ramulosum***

**1. *Stereocaulon microcarpum*** Müll. Arg. Flora, Regensburg 62 (11): 162 (1879).

**Holotype:** Brazil, São Paulo State, near Apiahy, on rock, leg. J.I. Puiggari, 1877 (no. 151)

(G-MULL, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

**Synonyms:** without homotypic synonyms.

**Diagnostic characters:** *Stereocaulon microcarpum* is characterized by the well-branched decorticated to corticated pseudopodetia, without tomentum; by the well developed

phyllocladial branchlets; the presence of whitish pseudosorediate efflorescences at the ends of the pseudopodetia; the terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and stictic acid as major substances; and, by the sacculate-type, globose to scrobiculate cephalodia.

**Chemistry:** spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + orange, UV -; TLC and MC: Atranorin and stictic acid (majors), norstictic, constictic, perlatolic, peristictic and probably menegazic acids (minors).

**Distribution:** Bolivia, Brazil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Galapagos Islands, Guatemala, Mexico, Oceania (Tahiti), Peru, U.S.A. (Tennessee) and Venezuela (Lamb 1977, Boekhout 1982, Sipman 2002, Yáñez-Ayabaca et al. 2023).

**Examined material:** **BRAZIL.** ESPÍRITO SANTO: Parque Estadual da Pedra Azul, 20°24'S, 41°1'0"W, alt. 1200-1500 m, saxicolous, 12 Mar 2022, A. *Aptroot* 85254b (CGMS). MINAS GERAIS: Parque Nacional do Caparaó, 20°24'40.68"S, 41°50'57.84"W, alt. 1490 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior* 02 (CGMS). Parque Nacional do Itatiaia, 22°21'35.97"S, 44°44'12.26"W, alt. 2157 m, saxicolous, 07 Jun 2022, J.-M. *Torres* 1239, 1251, 1262, 1263, 1265, 1286 (CGMS). RIO DE JANEIRO: Parque Nacional do Itatiaia, 22°22'52.62"S, 44°39'57.65"W, alt. 2499 m, saxicolous, 06 Jun 2022, J.-M. *Torres* 1183 (CGMS); *ibid.*, 22°21'52.68"S, 44°39'29.76"W, alt. 2244 m, saxicolous, 08 Jun 2022, J.-M. *Torres* 1308 (CGMS). RIO GRANDE DO SUL: Sinimbu, 29°23'22.5"S, 52°30'23.6"W, alt. 605 m, saxicolous, 26 Dez 2018, A.A. *Spielmann* 13371 (CGMS); *ibid.*, Cambará do Sul, 29°11'6"S, 50°0'53"W, alt. 839 m, saxicolous, 22 Jul 2022, A.P. *Lorenz* 838, 839 (CGMS); *ibid.*, Gramado, 29°21'54"S, 50°52'57"W, saxicolous, 18 Oct 2020, N.M. *Koch* 1313 (CGMS). SANTA CATARINA: Joinville, 26°12'43"S, 49°0'11"W, alt. 225 m, saxicolous, 29 Mar 2019, A. *Aptroot* 78511 (CGMS); *ibid.*, Garuva, 26°1'S, 48°59'0"W, alt. 900-1200 m, saxicolous, 30 Mar 2019, A. *Aptroot* 78534 (CGMS); *ibid.*, Praia Grande, 29°9'33"S, 49°58'54"W, alt. 215 m, saxicolous, 22 Jul 2022, A.P. *Lorenz* 844 (CGMS). SÃO PAULO:



Apiáí, Morro do Ouro, 24°30'S, 48°50'0"W, alt. 1000 m, saxicolous, 25 May 2022, A.

*Aptroot 54792 - ISE (CGMS).*

**2. *Stereocaulon pileatum*** Ach. Lichenographia Universalis: 582 (1810).

**Holotype:** Switzerland, exact locality not stated, s.coll., n.d. (H-Ach 1755, *no vidi*).

**Synonyms:** ≡ *Stereocaulon cereolinum* [f.] a. *pileatum* (Ach.) Th. Fr. Th. Fr. De Stereoc. et Pilophor. Comment.: 19 (1857). ≡ *Stereocaulon paschale* [var.] β. *pileatum* (Ach.) Wahlenb. Flora Suecica, pars II: 855 (1826). ≡ *Cereolus pileatus* (Ach.) Boist. Nouvelle Flore des Lichens, 2e. Partie: 34 (1903).

**Diagnostic characters:** *Stereocaulon pileatum* is characterized by the persistent primary thallus firmly attached to the substratum, by the pseudopodetia simple or only rarely sparingly branched; by the soredia in terminal, capitate, well defined soralia; the presence of atranorina and lobaric acid as major substances; and, by the simple-type cephalodia. (Sipman 2002, Oset 2014).

**Chemistry:** Atranorin and Lobaric acid (Lamb 1977, Sipman 2002).

**Distribution:** Bolivia (Feuerer & Sipman 2005), Brazil – MG (Sipman 2002), Sweden, Norway, Finland, Belgium, Luxembourg, England, Scotland, Ireland, Faeroe Islands, France, Portugal, Germany, Austria, Switzerland, Italy, Czechoslovakia, U. S. S. R. (Ukraine), Canada (Quebec, New Brunswick, Nova Scotia, Newfoundland), U. S. A. (Massachusetts, Vermont, New Hampshire, Maine, New York, N. Carolina, Michigan, Minnesota, Hawaii), West Indies (Dominican Republic), Japan. (Lamb 1977).

**3. *Stereocaulon ramulosum*** (Sw.) Raesch. Nomenclator Botanicus, edit. 3: 328 (1797).

**Holotype:** Jamaica, leg. Swartz, n.d. (S; H-Ach, isotype, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

**Synonyms:**  $\equiv$  *Lichen ramulosus* Sw. Nova Genera et Species Plantarum: 147 (1788).  $\equiv$  *Stereocaulon ramulosum* [f.] a. *genuinum* Th. Fr. De Stereoc. et Pilophor. Comment.: 11 (1857).

**Diagnostic characters:** *Stereocaulon ramulosum* is characterized by well-branched decorticated to corticated pseudopodetia, without tomentum; by the well developed phyllocladial branchlets; the terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and perlatolic acid as major substances; and, by the sacculate-type, globose to scrobiculate cephalodia.

**Chemistry:** spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + yellow pale, UV + white; TLC and MC: Atranorin and perlatolic acid (majors), anziaic acid, stenosporic e 2-O-methylstenosporic acids (minors).

**Distribution:** Argentina, Australia, Bolivia, Brazil, Central Africa (Uganda, Zaire, Rwanda-Burundi, Kenya, Tanzania), Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba (var. *perpumilum*), Curacao, Dominican Republic, Ecuador, Falkland Islands, Fiji (doubtful), Gough Island in the S. Atlantic, Guadeloupe, Haiti, Hawaiian Islands, Jamaica, Mexico, New Caledonia (var. *macrocarpum*), New Hebrides (var. *macrocarpum*), New Zealand (including the subantarctic islands), Panama, Peru, Puerto Rico, South Georgia (var. *pulvinare*), Tahiti (var. *macrocarpum*), Tasmania and Venezuela, (Lamb 1977, Sipman 2002, Yáñez-Ayabaca et al. 2023).

**Examined material:** BRAZIL. ESPÍRITO SANTO: Parque Estadual da Pedra Azul, 20°24'S, 41°1'0"W, alt. 1200-1500 m, saxicolous, 12 Mar 2022, A. Aptroot 85254a (CGMS). Parque Nacional do Caparaó, 20°28'19.27"S, 41°49'41.59"W, alt. 1908 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 54* (CGMS); *ibid.*, 20°27'57.49"S, 41°48'33.94"W, alt. 2207 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 56, 57* (CGMS); *ibid.*, 20°27'45.08"S, 41°48'24.88"W, alt. 2134 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 60* (CGMS); *ibid.*, 20°27'34.73"S, 41°48'36.41"W, alt. 2129 m, 27 Oct 2016, C.V.

*Junior 65, 66* (CGMS); *ibid.*, 20°29'21.01"S, 41°49'18.35"W, alt. 1702 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 71* (CGMS). MINAS GERAIS: Parque Nacional do Caparaó, 20°25'0.12"S, 41°49'18.84"W, alt. 2145 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 16, 17* (CGMS); *ibid.*, 20°25'12"S, 41°48'19.8"W, alt. 2381 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 24* (CGMS); *ibid.*, 20°24'24.84"S, 41°50'14.28"W, alt. 1784 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 38, 39* (CGMS); *ibid.*, 20°24'25.2"S, 41°50'26.88"W, alt. 1749 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 46* (CGMS). Parque Nacional do Itatiaia, 22°22'27.89"S, 44°42'3.73"W, alt. 2418 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 75* (CGMS); *ibid.*, 22°22'57.73"S, 44°41'6.51"W, alt. 2391 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 87* (CGMS); *ibid.*, 22°22'15.90"S, 44°42'21.03"W, alt. 2387 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 89, 90* (CGMS); *ibid.*, 22°21'52.17"S, 44°43'29.05"W, alt. 2283 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 92, 93* (CGMS); *ibid.*, 22°21'35.77"S, 44°44'13.56"W, alt. 2162 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 96* (CGMS); *ibid.*, 22°22'0.87"S, 44°44'20.98"W, alt. 2077 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 98, 99* (CGMS); *ibid.*, 22°22'7.34"S, 44°44'54.95"W, alt. 1913 m, 27 Oct 2016, C.V. *Junior 100, 101* (CGMS); *ibid.*, 22°21'35.97"S, 44°44'12.26"W, alt. 2157 m, saxicolous, 7 Jun 2022, J.M. *Torres 1264* (CGMS); *ibid.*, 22°21'47.58"S, 44°43'55.53"W, alt. 2222 m, 8 Jun 2022, J.M. *Torres 1321* (CGMS). RIO DE JANEIRO: Parque Nacional do Itatiaia, 22°21'57.60"S, 44°42'59.60"W, alt. 2193 m, saxicolous, 05 Jun 2022, J.-M. *Torres 1110* (CGMS); *ibid.*, 22°23'3.57"S, 44°40'54.88"W, alt. 2393 m, saxicolous, 5 Jun 2022, J.M. *Torres 1117* (CGMS); *ibid.*, 22°21'57.36"S, 44°43'1.22"W, alt. 2339 m, saxicolous, 6 Jun 2022, J.M. *Torres 1195* (CGMS); *ibid.*, 22°22'23.88"S, 44°42'19.85"W, alt. 2422 m, saxicolous, 6 Jun 2022, J.M. *Torres 1203, 1210* (CGMS); *ibid.*, 22°22'22.46"S, 44°42'12.99"W, alt. 2400 m, saxicolous, 6 Jun 2022, J.M. *Torres 1208* (CGMS); *ibid.*, 22°23'12.85"S, 44°40'37.02"W, alt. 2362 m, saxicolous, 7 Jun 2022, J.M. *Torres 1230* (CGMS); *ibid.*, 22°21'51.45"S, 44°43'37.29"W, alt. 2235 m, saxicolous, 8 Jun 2022, J.M. *Torres 1320* (CGMS). RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, 29°11'6"S, 50°0'53"W, alt. 839 m, saxicolous, 22 Jul 2022, A.P. *Lorenz 824*,

825, 826, 827, 833, 834, 840b (CGMS); *ibid.*, São José dos Ausentes, 28°40'19"S, 49°50'19.6"W, saxicolous, 23 Aug 2020, *N.M. Koch 1311* (CGMS); *ibid.*, 28°36'43.76"S, 49°49'4.2"W, saxicolous, 21 Aug 2020, *N.M. Koch 1312* (CGMS). SANTA CATARINA: Urubici, 28°4'16"S, 49°39'41"W, alt. 1400 m, saxicolous, 19 Jul 2019, *A. Aptroot 79661, 79655* (CGMS); *ibid.*, Bom Jardim da Serra, 28°23'43.59"S, 49°32'41.43"W, alt. 1016 m, 16 Jan 2017, *A.C.P. Borges 01* (CGMS); *ibid.*, 28°22'39.14"S, 49°33'33.68"W, alt. 1401 m, 16 Jan 2017, *A.C.P. Borges 05* (CGMS); *ibid.*, 28°22'18.83"S, 49°34'1.80"W, alt. 1375 m, 16 Jan 2017, *A.C.P. Borges 08* (CGMS).

**4. *Stereocaulon strictum*** Th. Fr. *Stereoc. Piloph. Comm.*: 24 (1857)

**Lectotype:** Mexico. Oaxaca, Sierra de Oajaca (Oaxaca), 9-10000 feet alt, leg. Liebmann, 1842 (no. 76, *Plant. Mex. no. 7661*) (UPS-Th. Fr.; C, isoelectotype, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

**Synonyms:** ≡ *Stereocaulon substrictum* Hue, *Nouva. Arch. Mus. Hist. Nat. ser. 3, 10: 253* (1898). ≡ *Stereocaulon peladense* Vain. *Dansk Bot. Ark. 4 (11): 7* (1926)

**Diagnostic characters:** *Stereocaulon strictum* is characterized by the pseudopodetia decorticated, covered by a thin tomentum, creamish white; by the well developed phyllocladial branchlets; the terminal and convex apothecia; the presence of atranorin and porphyritic acid as major substances; and, by the protosacculate-type and dactyliform cephalodia.

**Chemistry:** spot test in phyllocladia K + yellow, C-, KC-, PD + yellow pale, UV -; TLC and MC: Atranorin and porphyritic acid (majors).

**Distribution:** Bolivia, Brazil, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Ecuador, Mexico, Peru, Venezuela (Lamb 1977, Sipman 2002, Yáñez-Ayabaca et al. 2023).

**Examined material:** **BRAZIL.** RIO DE JANEIRO: Parque Nacional do Itatiaia, 22°21'57.36"S, 44°43'1.22"W, alt. 2339 m, saxicolous, 06 Jun 2022, *J.-M. Torres 1194*,

1199, 1211, 1234 (CGMS); *ibid.*, 22°21'58.50"S, 44°42'55.13"W, alt. 2357 m, saxicolous, 06 Jun 2022, *J.-M. Torres 1200* (CGMS); *ibid.*, 22°21'54.05"S, 44°43'31.47"W, alt. 2247 m, saxicolous, 08 Jun 2022, *J.-M. Torres 1301* (CGMS); *ibid.*, 22°21'47.12"S, 44°43'40.17"W, alt. 2232 m, saxicolous, 08 Jun 2022, *J.-M. Torres 1304, 1306* (CGMS); *ibid.*, 22°21'46.73"S, 44°43'49.62"W, alt. 2232 m, saxicolous, 08 Jun 2022, *J.-M. Torres 1326* (CGMS); *ibid.*, 22°21'58"S, 44°42'59"W, alt. 2337 m, saxicolous, 05 Jun 2022, *A.A. Spielmann 14254* (CGMS).

5. *Stereocaulon vesuvianum* Pers. Ann. Wetterauschen Ges. Gesamte Naturk. 2: 19 (1810)

**Holotype:** Italy, Mt. Vesuvio, leg.?, date ? (L-Pers; H-Ach, isotype, *no vidi*), *fide* Lamb (1977).

**Synonyms:** ≡ *Stereocaulon botryosum* [subsp.] *B. vesuvianum* (Pers.) Ach. Synopsis Methodica Lichenum: 285 (1814). ≡ *Stereocaulon alpinum* var. *vesuvianum* (Pers.) Link, Grundriss der Kräuterkunde, Vierter (Praktischer) Theil: 168 (1833)33. ≡ *Stereocaulon denudatum* [var.] *B. vesuvianum* (Pers.) Laur. ex Hepp, Flechten Europas, Band I, Heft 1, no. 2 (1853). ≡ *Stereocaulon denudatum* [subsp.] *vesuvianum* (Pers.) Th. Fr. De Stereoc. et Pilophor. Comment.: 28 (1857).

**Diagnostic characters:** *Stereocaulon vesuvianum* is characterized by the pseudopodetia decorticated, generally without tomentum or rarely with slight, fibrous-adpressed tomentum; by the verruciform, peltate or squamulose phyllocladia, with darker centers and paler margins (bicolor); the lateral and plane apothecia; the presence of atranorin and stictic and menegazziaic acids as major substances; and, by simple-type cephalodia.

**Chemistry:** spot test in phyllocladia K<sup>+</sup> yellow, C<sup>-</sup>, KC<sup>-</sup>, PD<sup>+</sup> orange, UV<sup>-</sup> white. TLC and MC: Atranorin, stictic and menegazziaic acids (Majors), norstictic and hypoconstictic acids (minors).

**Distribution:** Antarctic, Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Venezuela, Costa Rica, Mexico, Dominican Republic, Italy, Peru, Portugal, Switzerland, England, U.S.S.R. (Kamtchatka), Iceland, Spitsbergen, Greenland, U.S.A. (Alaska, Hawaii), Formosa, Japan, New Zealand, W. and central Africa, Cape Verde Islands, Madeira, Canary Islands, Azores, Reunion. (Lamb 1977, Sipman 2002, Yáñez-Ayabaca et al. 2023).

**Examined material:** BRAZIL. MINAS GERAIS: Parque Nacional do Caparaó, 20°25'18.12"S, 41°48'12.96"W, alt. 2475 m, 27 Oct 2016, C.V. Junior 32, 33 (CGMS).

## DISCUSSION

The morphological, chemical, and genetic information presented in this study for the species of *Stereocaulon* occurring in Brazil represents a significant advancement in our understanding of the genus in South America. Generating this dataset from specimens collected in the Southeast and South of Brazil is crucial to fill this information gap. In this study, we have presented data for *S. microcarpum*, a species previously described based on material from Brazil (Müller Argoviensis 1879) and with distribution restricted to the American continent and Tahiti in Oceania (Boekhout 1981, Lamb 1977, Sipman 2022); and for *S. strictum*, a species with distribution restricted to Central and South America region (Boekhout 1982, Lamb 1977, Sipman 2022). For both species, *S. microcarpum* and *S. strictum*, we generated the genetic data for the first time, which is now deposited in GenBank. Furthermore, we have presented data for *S. ramulosum* and *S. vesuvianum*, two species with wide global distribution but limited genetic information available from specimens collected in the South American region.

The genetic data revealed that *S. microcarpum* formed a distinct clade not previously identified in the previous genus phylogenies. The *S. microcarpum* clade is closely related to the clades of *S. ramulosum*, *S. corticatulum*, *S. delisei*, and *S. implexum*. This species group is characterized by well-branched pseudopodetia, phyllocladial branchlets, and cephalodia that are sacculate and globose to scrobiculate, corroborating with the subgen. *Holostelidium*, sect. *Holostelidium* and subsect. *Aciculisporae* proposed by Lamb (1977) and with group 1 of Högnabba (2006). The morphological and chemical characterization of *S. microcarpum* also aligned with the existing knowledge about the species. This species is distinguished by its whitish pseudosorediate efflorescences at the ends of the pseudopodetia and by the presence of stictic acid as the major secondary component (Lamb 1977).

Sequences of *S. strictum* also formed a distinct clade that had not been previously identified, positioning it as a sister clade of the above mentioned clade. *Stereocaulon strictum* shares characteristics such as well-branched pseudopodetia and phyllocladial branchlets, placing it within the subgenus *Holostelidium*, section *Holostelidium* (Lamb 1977). However, it is distinguished by having cephalodia that are protosacculate and dactyliform, an autapomorphic characteristic used to classify this species in a distinct subsection named *Dactyloideum* (Lamb 1977). The morphological and chemical characterization of *S. strictum* also aligns with the existing knowledge about the species. *Stereocaulon strictum* is recognized by its distinctive cephalodia, which are protosacculate and dactyliform and by the presence of porphyritic acid as the major secondary component (Boekhout 1982, Lamb 1977).

The sequences of *S. ramulosum* generated in this study corroborated the data presented by Högnabba (2006), as they grouped with sequences generated for *S. ramulosum* from Argentina and Hawaii. As mentioned previously, *S. ramulosum* was found to be closely related to *S. microcarpum*, both corresponding to the subgenus *Holostelidium*, section *Holostelidium*, and subsection *Aciculisporae* as proposed by Lamb (1977). The morphological and chemical characterization of *S. ramulosum* performed in this study aligns with the existing knowledge about the species. *S. ramulosum* is characterized by the cephalodia sacculate and globose to scrobiculate, and by the presence of perlatolic acid as major secondary component (Boekhout 1982, Lamb 1977). These chemical compounds set it apart from *S. microcarpum*, which predominantly produces stictic acid as the major secondary component and exhibits pseudosorediate efflorescences at the ends of the pseudopodetia.

The sequences of *S. vesuvianum* from Southeast Brazil generated in this study, as analyzed using nuITS data, aligned molecularly with the findings of Högnabba (2006). They grouped with sequences of *S. vesuvianum* from Argentina and Antarctica. However, in concatenated analyses, they clustered with sequences of *S. verruciferum*, albeit with low



support values. Therefore, we considered the two specimens from Brazil as another species within the *S. vesuvianum* complex. The specimens present the characteristics known for this species complex, characterized by the phyllocladia with darker centers and paler margins (bicolor), the cephalodia simple to botryose and stictic acid as major secondary component.

Traditionally, the identification of *Stereocaulon* species has relied on taxonomic keys based on morphological and chemical characteristics (Lamb 1977, Sipman 2002). However, as documented in recent years, DNA barcoding has become an increasingly efficient tool for species delimitation in *Stereocaulon*, mainly using nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences (Högnabba 2006, Högnabba et al. 2014, McCune et al. 2019, Park et al. 2018, Torres et al., unpublished data). Therefore, with the information generated in this study, identifying the species of *Stereocaulon* present in Brazil is now possible using both morphological-chemical and genetic data, providing a more comprehensive and accurate approach to species identification.

**Funding** This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES) — Finance Code 001. J.-M. Torres received a Doctoral fellowship (CAPES).

### **Acknowledgements**

**Author contributions** Conceptualization, methodology and validation, J.M.T. and A.P.L.; fieldwork, J.M.T., A.P.L., A.A.S., and A.A.; morphological analyzes, J.M.T.; chemical analyzes, A.G. and N.K.H.; molecular analyzes, A.P.L. and J.M.T.; writing of original draft preparation, J.M.T. and A.P.L.; writing, review, and editing, J.M.T., A.P.L. and A.A.S.; funding acquisition, A.A.S. and A.P.L. All authors reviewed the manuscript.

**Conflict of interest** the authors declare that there are no conflicts of interest at any level for the publication of this study.

### **References**

- APTROOT A. 2002. New and interesting lichens and lichenicolous fungi in Brazil. *Fungal Divers* 9: 15–45.
- APTROOT A, SPIELMANNAA & GUMBOSKI EL. 2021. New Lichen Species and Records from Santa Catarina and Rio Grande Do Sul, Brazil. *Archive for lichenology*, vol 23. Frankfurt: Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, 18 p.
- BARON M, JAMES GORIN PA & IACOMINI M. 1988. Structural Studies on a Galactomannan Isolated from the Lichen *Stereocaulon ramulosum*. *Agric Biol Chem* 53(7): 1751–1758. <https://doi.org/10.1080/00021369.1989.10869550>.
- BEHLING H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeogr Paleoclimatol Palaeoecol* 77: 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00349-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00349-2)
- BOEKHOUT T. 1982. Studies on Colombian cryptogams XVIII the genus *Stereocaulon* (Schreber) Hoffmann (Lichens). *J Hattori Bot Lab* 53: 483–511.
- BRODO IM, DURAN-SHARNOFF S & SHARNOFF S. 2001. *Lichens of North America*. New Haven & London: Yale University Press, 795 p.
- DARRIBA D, TABOADA GL, DOALLO R & POSADA D. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat Methods* 9: 772. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2109>.
- DEREEPER A, GUIGNON V, BLANC G, AUDIC S, BUFFET S, CHEVENET F, DUFAYARD JF, GUINDON S, LEFORT V, LESCOT M, CLAVERIE JM & GASCUEL O. 2008. Phylogeny.fr: robust phylogenetic analysis for the non-specialist. *Nucleic Acids Res* 1: 36. <https://doi.org/10.1093/nar/gkn180>.
- EKMAN S & TONSBORG T. 2002. Most species of *Lepraria* and *Leproloma* form a monophyletic group closely related to *Stereocaulon*. *Mycol Res* 106(11): 1262–1276. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006718>.

- ESCHWEILER F. 1833. Ordo Secundus - Lichenes. In: MARTIUS CFP (Ed), Flora Brasiliensis - seu enumeratio plantarum in Brasilia, Vol. I. pars prior: “*Algae, Lichenes, Hepaticae*”. Stuttgartie et Tubingae, Sumptibus J.G. Cottae, p. 51–293.
- FEUERER T, SIPMAN HJM. 2005. Additions to the lichenized and lichenicolous fungi of Bolivia. *Herzogia* 18: 139–144.
- FOX CH, MAASS WSG & LAMB IM. 1969. The occurrence of porphyritic acid in the genus *Stereocaulon* and the identity of dendroidi. *Journ Jap Bot* 44(1): 361–366.
- FRAGA JUNIOR CAV, GUMBOSKI EL, FEUERSTEIN SDC, CÁCERES MES, APTROOT A & MAGNAGO AC. 2023. Funga Capixaba: Ascomycota and lichen-forming fungi. *Rodriguésia* 74: e00692022. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202374044>
- FRIES TM. 1858. Monographia Stereocaulorum et Pilophorum. *Acta Regia Soc Sci Upsal* 3(2): 307–380.
- GARDES M & BRUNS TD. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol Ecol* 2(2): 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>.
- HÖGNABBA F. 2006. Molecular phylogeny of the genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, lichenized ascomycetes). *Mycol Res* 110(9): 1080–1092. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.04.013>.
- HÖGNABBA F, PINO-BODAS R, NORDIN A, MYLLYS L & STENROOS S. 2014. Phylogenetic position of the crustose *Stereocaulon* species. *Lichenologist* 46(1): 103–114.
- HUELSENBECK JP & RONQUIST F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics* 17(8): 754–755. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/17.8.754>.

- KALB K. 1981. *Lichenes Neotropici*. Fascikel I (No. 1–40). Germany: Neumarkt/OPf, 12 p.
- KALB K. 1982. *Lichenes Neotropici*. Fascikel IV (No. 121–160). Germany: Neumarkt/OPf, 12 p.
- KATOH K, MISAWA K, KUMA K & MIYATA T. 2002. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Res* 30: 3059–3066. <https://doi.org/10.1093/nar/gkf436>.
- KERSHAW KA. 1960. The genus *Stereocaulon* Schreb. in the British Isles. *Lichenologist* 1: 184–203.
- LAMB IM. 1951. On the morphology, phylogeny, and taxonomy of the lichen genus *Stereocaulon*. *Can J Bot* 29(5): 522–584. <https://doi.org/10.1139/b51-045>.
- LAMB IM. 1958. La Vegetación Liquélica de los Parques Nacionales Patagónicos. Buenos Aires: Anales de Parques Nacionales, 188 p.
- LAMB IM. 1977. A conspectus of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *Journ Hattori Bot Lab* (43): 191–355.
- LÜCKING R, LAWREY JD, SIKAROODI M, GILLEVET PM, CHAVES JL, SIPMAN HJM, BUNGARTZ F. 2009. Do lichens domesticate photobionts like farmers domesticate crops? Evidence from a previously unrecognized lineage of filamentous cyanobacteria. *Am J Bot* 96(8): 1409–1418. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800258>.
- MARCELLI MP. 1998. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In: MARCELLI MP & SEAWARD MRD (Eds), *Lichenology in Latin America history, current knowledge and applications*. CETESB, São Paulo, p 25–46.
- MCCUNE B, DI MEGLIO E, TØNSBERG T & YAHR R. 2019. Five new crustose *Stereocaulon* species in western North America. *Bryologist* 122(2): 197–218. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-122.2.197>.

- MÜLLER ARGOVIENSIS J. 1879. Lichenologische Beiträge 8 (Nº 92-114). Flora 62(11): 161–169.
- MÜLLER ARGOVIENSIS J. 1880. Lichenologische Beiträge 11 (Nº 166-189). Flora 63(17): 259–268.
- MÜLLER ARGOVIENSIS J. 1891. Lichenes chenckiani. Hedwigia 5: 219–234.
- MÜLLER ARGOVIENSIS J. 1895. Lichenes Uleani in Brasilia Lecti quos determinavit Dr. J. Müller. Hedwigia 34: 39–42.
- MYLLYS L, LOHTANDER K & TEHLER A. 2001.  $\beta$ -tubulin, ITS and group I intron sequences challenge the species pair concept in *Physcia aipolia* and *P. caesia*. Mycologia 93(2): 335–343. <https://doi.org/10.2307/3761655>.
- OSET M. 2014. The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. in Poland. – a taxonomic and ecological study. Monogr Bot 104: 1–81. <https://doi.org/10.5586/mb.2014.001>.
- OSORIO HS & ARBELO MARTINS CS. 1980. Contribution to the lichen flora of Brazil V. Three interesting records from Rio Grande do Sul. Phytologia 46(4): 229–230.
- OSORIO HS. 1985. Contribution to the lichen flora of Brazil. XIV. Lichens from Gramado, Rio Grande do Sul State. Int J Mycol Lichenol 2(1): 43–50.
- OSORIO HS & FLEIG M. 1986. Contribution to the lichen flora of Brazil XVIII. Lichens from Itaimbezinho, Rio Grande do Sul State. Comun bot Mus hist nat Montev 4(75): 1–8.
- OSORIO HS & FLEIG M. 1988. Contribution to the lichen flora of Brazil. XX. Additional records from São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul State. Comun bot Mus hist nat Montev 5(85): 1–7.
- ØVSTEDAL DO, LEWIS-SMITH RI. 2001. Lichens of Antarctica and South Georgia. A Guide to their Identification and Ecology. United Kingdom: Cambridge University Press, 411 p.

- PARK JS, PARK CH, PARK SY, OH SO, JAYALAL U & HUR JS. 2018. Revision of the Lichen Genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, Ascomycota) in South Korea. *Mycobiology* 46(2): 101–113. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1461314>.
- RAMBAUT A, DRUMMOND AJ, XIE D, BAELE G & SUCHARD MA. 2018. Posterior Summarization in Bayesian Phylogenetics Using Tracer 1.7. *Syst Biol* 67(5): 901–904. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syy032>.
- RIDDLE LW. 1910. The North American species of *Stereocaulon*. *Bot Gaz* 50: 285–304. <https://doi.org/10.1086/330363>
- RINCÓN-ESPITIA A & MATEUS N. 2013. Caracterización morfológica y anatómica del género *Stereocaulon* Hoffmann (ascomycetes-liquenizados) en Colombia. *Caldasia* 35(2): 241–260.
- SAFFORD HDF. 1999. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the *campos de altitude*. *J. Biogeogr* 26: 693–712.
- SIPMAN HJM. 2002. Key to the *Stereocaulon* species in the Neotropics. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin. <https://archive.bgbm.org/BGBM/STAFF/Wiss/Sipman/keys/Neostereo.htm>. Accessed 11 Nov 2023.
- SPIELMANN AA. 2006. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Rio Grande do Sul (Brazil). *Caderno de Pesquisa Sér Bio, Santa Cruz do Sul* 18(2): 7–125.
- SPIX JB & MARTIUS CFP. 1823. *Reise in Brasilien auf Befehl Sr. Majestät Maximilian Joseph I. Königs von Baiern in den Jahren 1817 bis 1820. Erster Theil*. M. Lindauer. München.
- SPIX JB & MARTIUS CFP. 1828. *Reise in Brasilien auf Befehl Sr. Majestät Maximilian Joseph I. Königs von Baiern in den Jahren 1817 bis 1820. Zweiter Theil*. I.J. Lentner. München.

- SPIX JB & MARTIUS CFP. 1831. Reise in Brasilien auf Befehl Sr. Majestät Maximilian Joseph I. Königs von Baiern in den Jahren 1817 bis 1820. Dritter und letzter Theil. F. Fleischer. München.
- SPIX JB & MARTIUS CFP. 1981. Viagem pelo Brasil 1817-1820. 3 Volumes. Translated to Portuguese by L.F. Lahmeyer. Ed. Itatiaia / Ed. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- STAMATAKIS A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30(9): 1312–1313. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu033>.
- THOMSON JW. 1984. American Arctic lichens. The Macrolichens. New York: Columbia University Press, 504 p.
- TORRES J-M, TORRES VO, RODRIGUES AS, GIANINI AS, MICHELETTI AC, HONDA NK, SPIELMANN AA & LORENZ AP. 2023. Lineages of the lichen-forming fungus *Stereocaulon alpinum* and their photobionts in southern South America and maritime Antarctica. *Polar Biol* 46: 865–879. <https://doi.org/10.1007/s00300-023-03168-y>.
- VAINIO EA. 1880. Tutkimus Cladoniain phylogenetillisestä kehityksestä. Helsinki: Frenckell & Poika.
- VAINIO EA. 1887. Monographia Cladoniarum universalis, Pars Prima. *Acta Soc Fauna Flora Fenn* 4: 1–509.
- VAINIO EA. 1890a. Étude sur la classification naturelle et la morphologie des Lichens du Brésil, pars prima. *Acta Soc Fauna Flora Fenn* 7(1): 1–247.
- VAINIO EA. 1890b. Étude sur la classification naturelle et la morphologie des Lichens du Brésil, pars secunda. *Acta Soc Fauna Flora Fenn* 7(2): 1–256.
- VANČUROVÁ L, KALNÍKOVÁ V, PEKSA O, ŠKVOROVÁ Z, MALÍČEK J, MOYA P, CHYTRÝ K, ČERNAJOVÁ I & ŠKALOUD P. 2020. Symbiosis between river and dry

- lands: Phycobiont dynamics on river gravel bars. *Algal Res* 51: 102062.  
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102062>.
- VANČUROVÁ L, MALÍČEK J, STEINOVÁ J & ŠKALOUD P. 2021. Choosing the Right Life Partner: Ecological Drivers of Lichen Symbiosis. *Front Microbiol* 12: 769304.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.769304>.
- VANČUROVÁ L, MUGGIA L, PEKSA O, ŘÍDKÁ T & ŠKALOUD P. 2018. The complexity of symbiotic interactions influences the ecological amplitude of the host: A case study in *Stereocaulon* (lichenized Ascomycota). *Mol Ecol* 27(14): 3016–3033.  
<https://doi.org/10.1111/mec.14764>.
- WHITE TJ, BRUNS TD, LEE S & TAYLOR J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS MA, GELFAND DH, SNINSKY JJ & WHITE TJ (Eds), *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, Inc., London, p 315–322.
- YÁNEZ-AYABACA A ET AL. 2023. Towards a dynamic checklist of lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of Ecuador – using the Consortium of Lichen Herbaria to manage fungal biodiversity in a megadiverse country. *Lichenologist* 55(5): 203–222.
- ZAHLBRUCKNER A. 1909. Lichenes. In Schiffner V. (ed.) *Ergebnisse der botanischen Expedition der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften nach Südbrasilien 1901. Band II: Thallophyta und Bryophyta. Denkschriften der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* 83: 87–211.

**Table I.** Information about nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences generated and analyzed in this study.

**Figure 1.** Sampling points of species of *Stereocaulon* in Brazil.



**Figure 2.** Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of the concatenated dataset of nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences of *Stereocaulon*. Thickened branches correspond to high support values in the Bayesian inference (a posterior probability  $\geq 0.95$ ) and maximum likelihood analysis (bootstrap  $\geq 75$ ), respectively. Sequences from Brazilian specimens are highlighted in bold.

### **Online Resource 1**

Information about nuITS and  $\beta$ -tubulin sequences selected from GenBank for this study.

### **Online Resource 2**

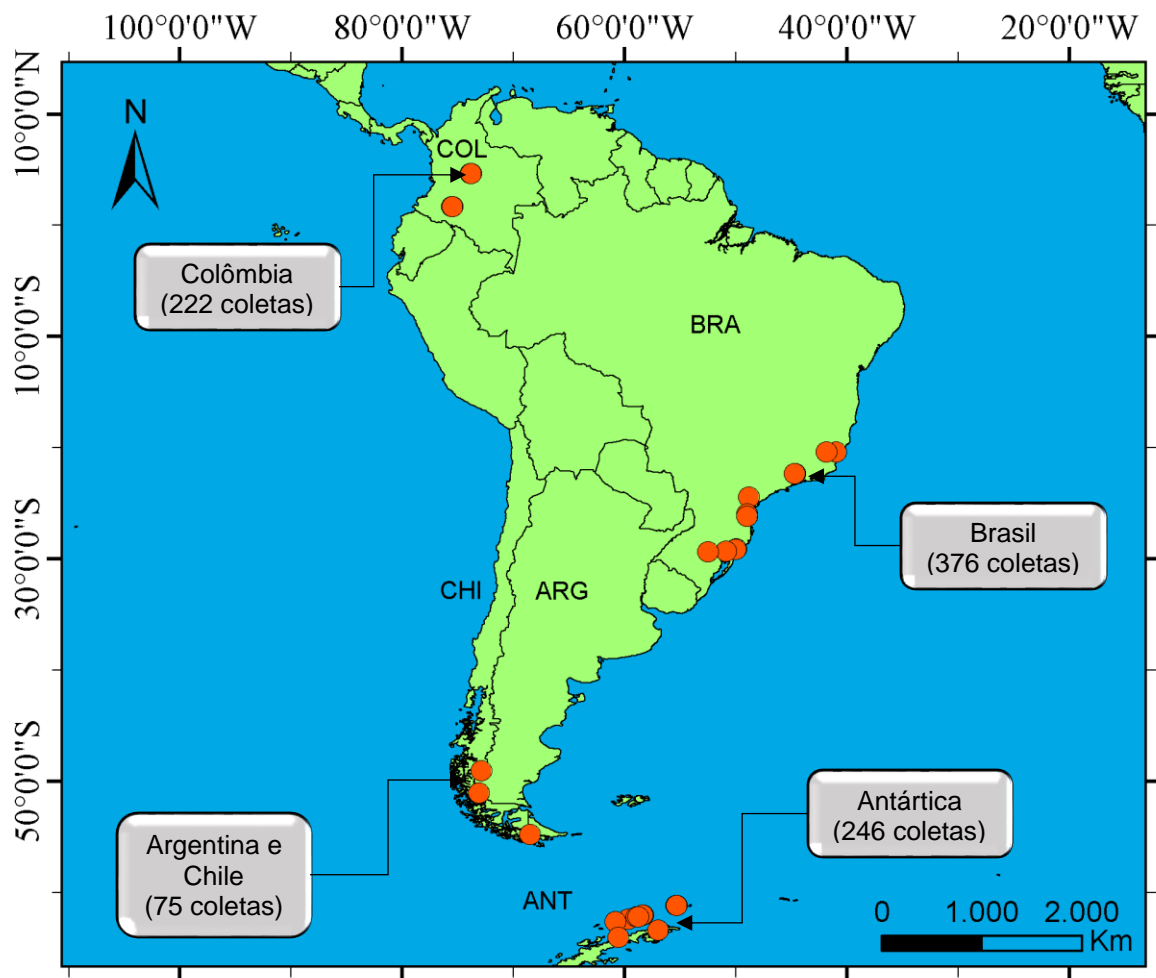
Maximum clade credibility tree from Bayesian inference of *Stereocaulon* nuITS sequences. Thickened branches correspond to high support values from Bayesian inference (a priori probability  $\geq 0.95$ ) and from maximum likelihood (bootstrap  $\geq 75$ ), respectively. Sequences from Brazilian specimens are highlighted in bold.

## 6. D ADOS ADICIONAIS

### MATERIAIS E MÉTODOS GERAIS

#### Área de estudo

Para coleta de espécimes foram selecionados diferentes páramos localizados na cordilheira dos Andes na Colômbia, os campos de altitude no Brasil localizados no sudeste do país, dois locais de coleta no sul da América do Sul (Terra do fogo e Patagônia), e diferentes pontos na Antártica (Figura 2).



**Fig. 2** Localidades de coleta das espécies de *Stereocaulon* ao longo da América do Sul e da Antártica marítima, círculos vermelhos representam os principais locais visitados.

## Coleta de espécimes

Diferentes espécimes de *Stereocaulon* foram coletados durante três expedições do Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR realizadas entre 2014 e 2017, as quais incluíram a Argentina (Parque Nacional Terra do Fogo e Patagônia), o Chile (Patagônia), as ilhas Shetland do Sul, e a Península Antártica (Figura 3).

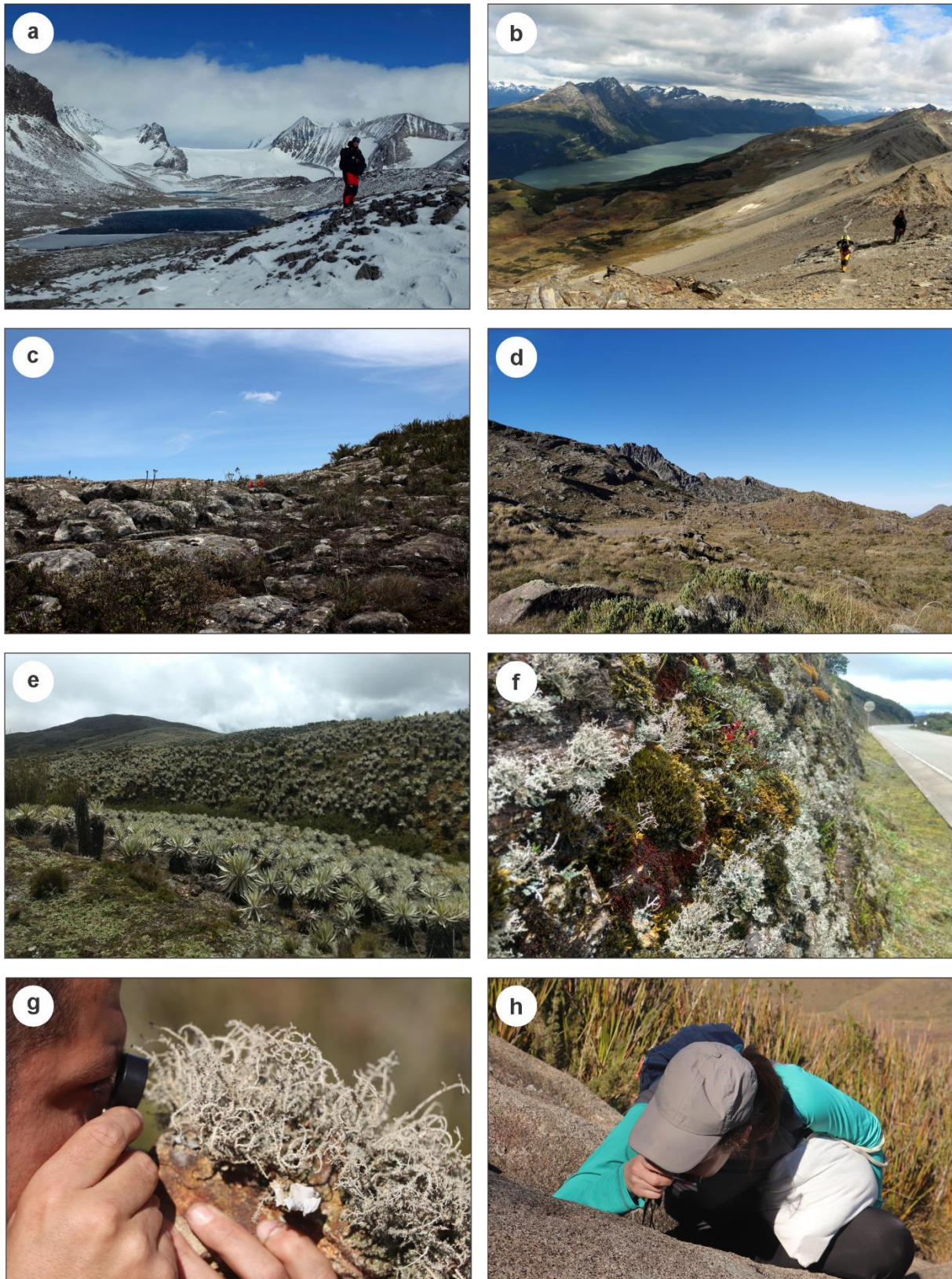
No ano de 2016, pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva (LEBio) - UFMS, realizaram excursões de campo ao Parque Nacional Itatiaia e ao Parque Nacional do Caparaó com a intenção de coletar fungos liquenizados, o que deixou como resultado, uma série de coletas que inclui amostras de *Stereocaulon*. Em 2022, os autores deste trabalho realizaram mais uma excursão ao Parque Nacional Itatiaia, exclusivamente para coletar *Stereocaulon* (Figura 3). Adicionalmente, foram incluídas diferentes amostras de *Stereocaulon* coletadas no sul de Brasil.

Diferentes Páramos andinos da Colômbia foram visitados para realizar coletas de *Stereocaulon*, excursões de campo foram realizadas em setembro de 2019 e em março de 2022. Visitamos quatro Páramos andinos da região central da Colômbia: o Páramo de Sumapaz, o Páramo de Guasca, O complexo do Páramo *El verjon* e o Páramo de *El Tablazo* (Figura 3), as amostras foram processadas e depositadas no Herbário UDBC, mas analisadas química e geneticamente nos laboratórios da UFMS.

Os detalhes dos procedimentos gerais de coleta e preservação dos espécimes foram baseados em Hale [87].

## Estudo morfológico, químico e genético dos espécimes coletados

As análises morfológicas (macroscópicas e microscópicas) foram realizadas com ajuda de microscópio estereoscópico e microscópio óptico no Herbário UDBC e no Laboratório de Liquenologia do Instituto de Biociências (INBIO) da UFMS. Os trabalhos de Lamb [5, 11] e Boekhout [12], foram a base para as análises morfológicas dos espécimes revisados neste estudo. A identificação de compostos químicos nos espécimes de *Stereocaulon* foi realizada por meio de testes de coloração (spot-tests), fluorescência à luz ultravioleta (teste UV), cromatografia em camada delgada (CCD), microcristalização (MC), ressonância magnética nuclear (NMR) e cromatografia líquida de alta performance HPLC-DAD-MS conforme metodologias expostas em Hüneck e Yoshimura [88] e Orange et al. [89].



**Fig. 3** Locais de coleta. **a** Península Antártica, Base Esperanza, **b** Terra do Fogo, Ushuaia, **c** e **d** Campos de altitude no Brasil, **c** Parque Nacional do Caparaó, **d** Parque Nacional Itatiaia, **e** e **f** Páramos andinos da Colômbia, **e** Páramo de Sumapáz, **f** Páramo de Guasca, **g** e **h** autores do projeto em campo. Fotos por: Adriano Spielmann (a, b, d, g, h), Marcos Kitaura (c), Jean Marc Torres (e, f).

As análises de CCD, MC, NMR e HPLC-DAD-MS foram realizadas no Laboratório de Química LP2 do Instituto de Química (INQUI) da UFMS, em parceria e sob a orientação da Professora Dra. Neli Kika Honda.

Os procedimentos de extração e amplificação do DNA foram realizados no Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva (LEBio) do INBIO, UFMS. Se realizou a extração de DNA para as amostras utilizando o *Wizard Genomic DNA Purification Kit* (Promega) seguindo as instruções sugeridas pelo fabricante. As reações de PCR foram realizadas com base nos protocolos utilizados por White [90], Myllys et al. [78], e Högnabba [20]. O sequenciamento de DNA foi realizado em instituições especializadas, como a Macrogen Inc. (Coreia do Sul). Além das sequências geradas em este estudo, foram usadas sequências depositadas no GenBank.

## RESULTADOS

Um total de 920 amostras foram coletadas e identificadas. As amostras coletadas na Antártica, na Terra do Fogo, na Patagônia e no Brasil foram depositadas no herbário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CGMS), as amostras coletadas na Colômbia foram depositadas no herbário da Universidade Distrital Francisco José de Caldas (UDBC). Na Tabela 3 estão descritos os espécimes coletados, identificados e analisados ao longo deste estudo.



**Tabela 3.** Espécimes de *Stereocaulon* coletados e identificados na Antártica e na América do Sul.

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11531	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11589	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11622	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11641	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11662	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11663	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11673	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11686	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11691	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11698	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11704	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11712	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11713	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11725	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11752	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11756	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11774	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11797	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11799	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11806	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	11820	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	12530	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	12614	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	12659	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.A. Spielmann	12689	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	10	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	12	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS	Ok		(A) e (AL).

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	16	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	17	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	18	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	20	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	21	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	70	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	71	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	242	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	256	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	267	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	270	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	271	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	273	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	275	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	277	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	280	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	350	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	355	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	356	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	367	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	371	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	373	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	374	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	375	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	431	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	432	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	433	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	434	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	438	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	439	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	442	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	444	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	446	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	472	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Greenwich	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	765	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	767	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	782	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	784	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	A.P. Lorenz	791	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	C.M. Bernardo & S.C. Feuerstein	500	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	C.M. Bernardo & S.C. Feuerstein	501	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	C.M. Bernardo & S.C. Feuerstein	502	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	C.M. Bernardo & S.C. Feuerstein	503	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	C.M. Bernardo & S.C. Feuerstein	504	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	91	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	109	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	119	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	120	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	125	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	144	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	153	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	159	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	161	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			



<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	163	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	164	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	166	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	209	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	222	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	D.C. Santos	224	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	L.B. Sparrius	9266	Finland	Lapland, Inari	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	23	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	24	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	26	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	28	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	39	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	40	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	41	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	149	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	151	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	165	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	193	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	194	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	195	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	201	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	206	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	213	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	218	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	246	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	247	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	252	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	264	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	265	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	268	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	275	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	278	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	391	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	392	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	421	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	424	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	438	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	439	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	496	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	499	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	500	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	506	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	565	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	645	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	646	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	651	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	653	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	667	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	669	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	750	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	757	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	758	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	761	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	763	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	771	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	773	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	784	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	793	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	794	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	836	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	837	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	839	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	840	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	843	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	847	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.C. Scur	852	Antarctica	Península Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4055	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4056	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4059	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4060	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4063	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4067	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4069	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4149	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura	4150	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2253	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2254	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2260	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2306	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2321	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2473	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon alpinum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2534	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5264	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5275	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5277	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5347	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5348	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5367	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5368	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5378	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5387	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5407	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5411	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5413	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5422	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5452	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5454	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5461	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5487	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5502	Antarctica	Peninsula Antarctica, Costa Danco	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	N.M. Koch	5527	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	57	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	70	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	71	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	75	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	111	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	112	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	117	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	123	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	125	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	135	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	138	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	139	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	143	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	146	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	148	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	153	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	178	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	182	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	183	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	185	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	186	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	187	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	192	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	198	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	203	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	207	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	245	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	247	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	259	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	262	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	266	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	267	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	289	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	311	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	316	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	323	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	325	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	326	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	327	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	333	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	341	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	343	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	346	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	355	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon alpinum</i>	W.S. Fava	372	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	A.P. Lorenz	647	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	C. Valério-Júnior	32	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	C. Valério-Júnior	33	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon corticatum</i>	A.A. Spielmann	12532	Argentina	Santa Cruz, Lago Argentino	CGMS			
<i>Stereocaulon corticatum</i>	A.A. Spielmann	12539	Argentina	Santa Cruz, Lago Argentino	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	A.A. Spielmann	12544	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	A.A. Spielmann	12847	Argentina	Santa Cruz, Lago Argentino	CGMS			
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4108	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4109	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4110	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4121	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4207	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4211	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4221	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS	Ok		(A) e (AR).
<i>Stereocaulon corticatum</i>	M.J. Kitaura	4237	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		(A) e (AR).

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	3564	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Livingston	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	7313	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	11617	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Ardley	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	11815	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12537	Argentina	Santa Cruz, Lago Argentino	CGMS	Ok		(A) e (AE) maior, (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12540	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12541	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12545	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		(A) (major), (AN) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12664	Chile	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12672	Chile	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	12687	Chile	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.A. Spielmann	13483	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Decepção	CGMS	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	351	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	352	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	640	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	641	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	642	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	643	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	644	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	645	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	646	Antarctica	Península Antártica, Base Esperanza	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	A.P. Lorenz	760	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Nelson	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	D.C. Santos	131	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Ardley	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	D.C. Santos	132	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Ardley	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.C. Scur	228	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.C. Scur	239	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.C. Scur	245	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	3336	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4007	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4008	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4011	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4015	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4032	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4038	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4116	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4117	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN) e (AM) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4155	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4193	Argentina	Tierra del Fuego, Glaciar Martial	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4196	Argentina	Tierra del Fuego, Glaciar Martial	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4198	Argentina	Tierra del Fuego, Glaciar Martial	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4213	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura	4253	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura &	2279	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM)



Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
	T.S. Dantas							maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2280	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2327	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2466	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	M.J. Kitaura & T.S. Dantas	2511	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	N.M. Koch	5386	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	N.M. Koch	5418	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Rei George	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	69	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	128	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	350	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	351	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	378	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon glabrum</i>	W.S. Fava	379	Antarctica	Ilhas Shetland do Sul, Ilha Elefante	CGMS			
<i>Stereocaulon implexum</i>	M.J. Kitaura	4228	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon implexum</i>	M.J. Kitaura	4238	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AL).
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i>	A.A. Spielmann	12527	Argentina	Parque Nacional los Glaciares	CGMS			(A) e (AL).
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i>	M.J. Kitaura	3337	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon melanopotamicum</i>	M.J. Kitaura	4166	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AL).
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A. Aptroot	78511	Brasil	Santa Catarina, Joinville	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A. Aptroot	78534	Brasil	Santa Catarina, Garuva	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A. Aptroot	51091 - ISE	Brasil	Minas Gerais, Catas Altas	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A. Aptroot	54792 - ISE	Brasil	São Paulo, Apiaí	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A. Aptroot	85254b	Brasil	Espírito Santo, Domingos Martins	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	2	Brasil	Rio Grande do Sul, Sinimbu	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	223	Brasil	Minas Gerais, Bocaina de Minas	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	2815	Brasil	Minas Gerais, Catas Altas	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3217	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3225	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3231	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3256	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3257	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3259	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	3260	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5003	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5011	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5012	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5031	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5142	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	5143	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	9654	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	10189	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP),

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
								(APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	11228	Brasil	Rio Grande do Sul, Caraã	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	13274	Brasil	Rio Grande do Sul, Herveiras	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	13275	Brasil	Rio Grande do Sul, Herveiras	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	13371	Brasil	Rio Grande do Sul, Sinimbu	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	14241	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	14244	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	14249	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	14251	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	14266	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.A. Spielmann	10189b	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	828	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	829	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	831	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	837	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	838	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	839	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	843	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	845	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	A.P. Lorenz	847	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	1	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	2	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP),

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
								(APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	3	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	4	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	5	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	6	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	7	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	8	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	13	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	14	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	18	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	34	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	35	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	C. Valério-Júnior	41	Brasil	Minas Gerais, Parque Nacional do Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1115	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1125	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1137	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1148	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1154	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1178	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1179	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1182	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1183	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1186	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1187	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1188	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1189	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1198	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1201	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1207	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1226	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1227	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1231	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1233	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1235	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1236	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1239	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1241	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1243	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1249	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1250	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1251	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1259	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1260	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1261	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1262	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1263	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1265	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1268	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1278	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1280	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1281	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1283	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1285	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1286	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1287	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1288	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1291	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1298	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1299	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1305	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1308	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	J.M. Torres	1312	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2209	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2294	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2298	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2440	Brasil	São Paulo, Piquete	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2575	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	L.S. Canêz	2577	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon microcarpum</i>	N.M. Koch	1313	Brasil	Rio Grande do Sul, Gramado	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A. Aptroot	79655	Brasil	Santa Catarina, Urubici	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A. Aptroot	79661	Brasil	Santa Catarina, Urubici	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A. Aptroot	85254a	Brasil	Espírito Santo, Domingos Martins	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	194	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	247	Brasil	Rio Grande do Sul, Sinimbu	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	248	Brasil	Rio Grande do Sul, Sinimbu	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	3177	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	3258	Brasil	São Paulo, São Luís do Paraitinga	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	9654	Brasil	Rio Grande do Sul, São Francisco de Paula	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	10115	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	10121	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	10191	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	14248	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	14250	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	14252	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.A. Spielmann	14253	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	1	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	2	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	3	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	4	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	5	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	6	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	7	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.C.P. Borges	8	Brasil	Santa Catarina, Bom Jardim da Serra	CGMS	Ok		

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	824	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	825	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	826	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	827	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	830	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	832	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	833	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	834	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	835	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	836	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	841	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	842	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	844	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	846	Brasil	Santa Catarina, Praia Grande	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	840a	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	A.P. Lorenz	840b	Brasil	Rio Grande do Sul, Cambará do Sul	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	9	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	10	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	11	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	12	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	15	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	16	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA)



Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	17	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	19	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	20	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	21	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	22	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	23	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	24	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	25	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	26	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	27	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	28	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	29	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	30	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	31	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	32	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	33	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	36	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	37	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	38	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	39	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	40	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	42	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	43	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	44	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	45	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	46	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	47	Brasil	Minas Gerais, Alto Caparaó	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	48	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	49	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	50	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	51	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	52	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	53	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	54	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	55	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	56	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	57	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	58	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	59	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	60	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	61	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	62	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	63	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	64	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	65	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	66	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	67	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	68	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	69	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	70	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	71	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	72	Brasil	Espírito Santo, Dores do Rio Preto	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	73	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	74	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	75	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	76	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	77	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	78	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	79	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	80	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	81	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	82	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	83	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	84	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	85	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	86	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	87	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	88	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	89	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	90	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	91	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	92	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	93	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	94	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	95	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	96	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	97	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	98	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	99	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	100	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	C. Valério-Júnior	101	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1107	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1108	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1109	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1110	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1111	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1112	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1113	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1114	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1116	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1117	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1118	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1119	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1120	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1121	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1122	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1123	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1124	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1126	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1128	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1129	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1130	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1131	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1132	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1133	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1134	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1135	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1136	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1138	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1139	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1140	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1141	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1142	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1143	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1144	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1145	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1146	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1147	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1149	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1150	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1151	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1152	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1153	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1160	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1161	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1162	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1166	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1168	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1169	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1170	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1172	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1173	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1174	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1176	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1195	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1203	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1204	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1206	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1208	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1209	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1210	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1212	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1228	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1229	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1230	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1232	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1238	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1240	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1242	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1244	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1245	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1246	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1247	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1248	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1252	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1253	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1254	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1255	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1256	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1258	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1264	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1267	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1282	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1284	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1289	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1290	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1293	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1296	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1300	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1302	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1303	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1309	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1311	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1314	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1315	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1317	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1318	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1319	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1320	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1321	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS	Ok		
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1322	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1323	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1324	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	J.M. Torres	1327	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	L.S Canêz	2439	Brasil	São Paulo, Piquete	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	L.S Canêz	2840	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	N.M. Koch	1311	Brasil	Rio Grande do Sul, São José dos Ausentes	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon ramulosum</i>	N.M. Koch	1312	Brasil	Rio Grande do Sul, São José dos Ausentes	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon strictum</i>	A.A. Spielmann	14245	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	A.A. Spielmann	14254	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1127	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1163	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1165	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1190	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1191	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1194	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1196	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1197	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1199	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1200	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (APO).



Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1202	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1205	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1211	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1213	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1234	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1292	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1295	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1297	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1301	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1304	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1306	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1307	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1310	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1313	Brasil	Minas Gerais, Itamonte	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1325	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	1326	Brasil	Rio de Janeiro, Resende	CGMS	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12425	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12455	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12531	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12534	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12535	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12536	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12538	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12543	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12637	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	A.A. Spielmann	12673	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3330	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3331	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3332	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3333	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3377	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3383	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A) e (AE) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	3390	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4123	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4124	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4130	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4182	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4189	Argentina	Parque Nacional Tierra del Fuego	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	M.J. Kitaura	4249	Chile	Parque Nacional Torres del Paine	CGMS	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	969	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	971	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	980	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	984	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	986	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	987	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	988	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	989	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP),

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
								(APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	990	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	995	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	1005	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon atlanticum</i>	J.M. Torres	1006	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>crambidiocephalum</i>	J.M. Torres	811	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>crambidiocephalum</i>	J.M. Torres	812	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>crambidiocephalum</i>	J.M. Torres	817	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>delisei</i>	J.M. Torres	1004	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>meyeri</i>	J.M. Torres	854	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>meyeri</i>	J.M. Torres	855	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>microcarpum</i>	Callejas	46	Colômbia	Boyacá, Gachantivá	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>microcarpum</i>	J.M. Torres	856	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>microcarpum</i>	J.M. Torres	858	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>microcarpum</i>	J.M. Torres	861	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			(A) e (AE) maior, (AN), (AC), (AP), (APE) e provavelmente (AM) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf.	J.M. Torres	975	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			(A), (AP) e (AF) maior,

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>novogranatense</i>								(AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. microcarpum</i>	J.M. Torres	1000	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC		Ok	
<i>Stereocaulon cf. myriocarpum</i>	B. Moncada	11719	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Las Bicocas	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. myriocarpum</i>	B. Moncada	12106	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. myriocarpum</i>	S. Silano	JS19-106	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. myriocarpum</i>	S. Silano	JS19-117	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. novogranatense</i>	B. Moncada	11264	Colômbia	Putumayo, Santiago	UDBC	Ok		(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. novogranatense</i>	B. Moncada	11424	Colômbia	Putumayo, Santiago, Páramo de los Frailes	UDBC	Ok		(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. novogranatense</i>	B. Moncada	11636	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Las Bicocas	UDBC	Ok		(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. novogranatense</i>	J.M. Torres	965	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC		Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. novogranatense</i>	J.M. Torres	976	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. pachycephalum</i>	J.M. Torres	978	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC		Ok	(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. pachycephalum</i>	J.M. Torres	962	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC		Ok	(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. pachycephalum</i>	J.M. Torres	964	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. pachycephalum</i>	J.M. Torres	966	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. pachycephalum</i>	J.M. Torres	968	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			(A), (AP) e (AF) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf.</i>	J.M. Torres	985	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el	UDBC			

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>pachycephalum</i>				Tablazo				
<i>Stereocaulon cf. pityrizans</i>	S. Silano	38243	Colômbia	Tolima, Río Blanco, Vereda Territorios Nacionales	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. pityrizans</i>	S. Silano	JS14-075	Colômbia	Tolima, Río Blanco, Vereda Territorios Nacionales	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	10690	Colômbia	Cundinamarca, Chipaque-Marilandia	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	10703	Colômbia	Cundinamarca, Chipaque-Marilandia	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	10711	Colômbia	Cundinamarca, Chipaque-Marilandia	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	11595	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Cañas	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12072	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12075	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12082	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12097	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12102	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12166	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12167	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12168	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12169	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12170	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12171	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12172	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12207	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12218	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	12223	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada	10684b	Colômbia	Cundinamarca, Chipaque-Marilandia	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada & R. Lücking	10822	Colômbia	Cundinamarca, La Calera	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	B. Moncada & R. Lücking	11014	Colômbia	Bogotá D.C., Pasquilla	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	800	Colômbia	Caquetá, Rosa Blanca,	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	801	Colômbia	Caquetá, Rosa Blanca,	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	802	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	807	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	809	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	810	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	815	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	816	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	823	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	827	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	828	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	829	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) menor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	830	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	831	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA)

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
								minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	833	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	834	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	836	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	837	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	838	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	840	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	841	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	843	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	844	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	846	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	848	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	849	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	851	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	853	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	862	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	863	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	871	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	874	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	875	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i>	J.M. Torres	876	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.



Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	878	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	879	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	881	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	885	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	891	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	898	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	961	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	967	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	973	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	974	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	977	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	991	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	992	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	993	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	994	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	996	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	1007	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	1008	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. ramulosum</i>	J.M. Torres	847a	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon cf. rugulosum</i>	B. Moncada	12076	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AF) e (AP) maior, (AA) minor.

<b>Táxon identificado</b>	<b>Coletor</b>	<b>No. de coletor</b>	<b>Origem</b>	<b>Localidade</b>	<b>Her</b>	<b>Seq nuITS</b>	<b>Seq <math>\beta</math>-tubulin</b>	<b>CCD</b>
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	11738	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Las Bicocas	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12071	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12073	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12117	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12206	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12209	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12230	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	B. Moncada	12231	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	J.M. Torres	803	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	J.M. Torres	804	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	J.M. Torres	806	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	J.M. Torres	813	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon cf. tomentosum</i>	J.M. Torres	820	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	821	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	822	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	824	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	825	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	826	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	852	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	963	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	970	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>tomentosum</i>	J.M. Torres	998	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	B. Moncada	7737	Colômbia	Nariño, Cumbal, Volcán Chiles	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	B. Moncada	7741	Colômbia	Nariño, Cumbal, Volcán Chiles	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	B. Moncada	12173	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	B. Moncada	12227	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	B. Moncada	12229	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	Barbosa	105	Colômbia	Cauca, Inzá, Páramo de las Delicias	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> cf. <i>vesuvianum</i>	J.M. Torres	857	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC)

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon cf. vesuvianum</i>	J.M. Torres	859	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		minor. (A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC)
<i>Stereocaulon cf. vesuvianum</i>	J.M. Torres	981	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		minor. (A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC)
<i>Stereocaulon cf. vesuvianum</i>	J.M. Torres	982	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		minor. (A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC)
<i>Stereocaulon cf. vulcani</i>	B. Moncada	12228	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		minor. (A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC)
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	866	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	870	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	872	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	882	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	883	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	884	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	886	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	887	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	888	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	889	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	890	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	892	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	893	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	894	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	895	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	896	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	897	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	899	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	900	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A), (AD) e (AF).
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	901	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AF).

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	902	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon didymicum</i>	J.M. Torres	972	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon ddymicum</i>	B. Moncada	12090	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok		(A), (AD) e (AE).
<i>Stereocaulon pomiferum</i>	J.M. Torres	842	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada	11608	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Las Bicocas	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada	10684a	Colômbia	Cundinamarca, Chipaque-Marilandia	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada & R. Lücking	11000	Colômbia	Bogotá D.C., Pasquilla	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada, Motta & Güisa	11107	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada, Motta & Güisa	11110	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada, Motta & Güisa	11112	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada, Motta & Güisa	11113	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	B. Moncada, Motta & Güisa	11114	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	860	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	997	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	999	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok	Ok	(A) e (AP) maior, (AA) minor.
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	1002	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	1009	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> sp.	J.M. Torres	1010	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC	Ok		(A), (AE) e (AM) maior, (AN) e (AHC) minor.
<i>Stereocaulon</i> sp.	L. Salinas	159	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i>	B. Moncada	12103	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok	Ok	(A).

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	864	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			(A).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	865	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	868	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i>	J.M. Torres	903	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	11263	Colômbia	Putumayo, Santiago	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	11331	Colômbia	Putumayo, San Francisco, Vereda Siberia	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	11337	Colômbia	Putumayo, San Francisco, Vereda Siberia	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	11423	Colômbia	Putumayo, Santiago, Páramo de los Frailes	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	11632	Colômbia	Boyacá, Chiscas, Vda. Las Bicocas	UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	12110	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Chingaza	UDBC	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	12203	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	12214	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	12216	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada	12221	Colômbia	Cundinamarca, Guasca, Alto de la cuchilla	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada & R. Lücking	11002	Colômbia	Bogotá D.C., Pasquilla	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	B. Moncada & R. Lücking	11015	Colômbia	Bogotá D.C., Pasquilla	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	J.M. Torres	808	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	J.M. Torres	814	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	J.M. Torres	818	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum var. compressum</i>	J.M. Torres	832	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok	Ok	(A) e (APO).

Táxon identificado	Coletor	No. de coletor	Origem	Localidade	Her	Seq nuITS	Seq $\beta$ -tubulin	CCD
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	835	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	845	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	850	Colômbia	Cundinamarca, Bogotá, PNN Sumapaz	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	867	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok	Ok	(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	869	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC	Ok		(A) e (APO).
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	873	Colômbia	Cundinamarca, Choachí, PE Mataredonda	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	979	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	983	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	1001	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	J.M. Torres	1003	Colômbia	Cundinamarca, Subachoque, Cerro el Tablazo	UDBC			
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	R. Lücking	41102	Colômbia		UDBC	Ok		
<i>Stereocaulon strictum</i> var. <i>compressum</i>	R. Lücking	41103	Colômbia		UDBC	Ok		

Atranorina (A), anziaico (AA), didímico (AD), estíctico (AE), constíctico (AC), fumarprotocetrárico (AF), hipoconstíctico (AHC), lobárico (AL), menegaziaico (AM), norstíctico (AN), perlatóico (AP), peristíctico (APE), porfirílico (APO), rangifórmico (AR)

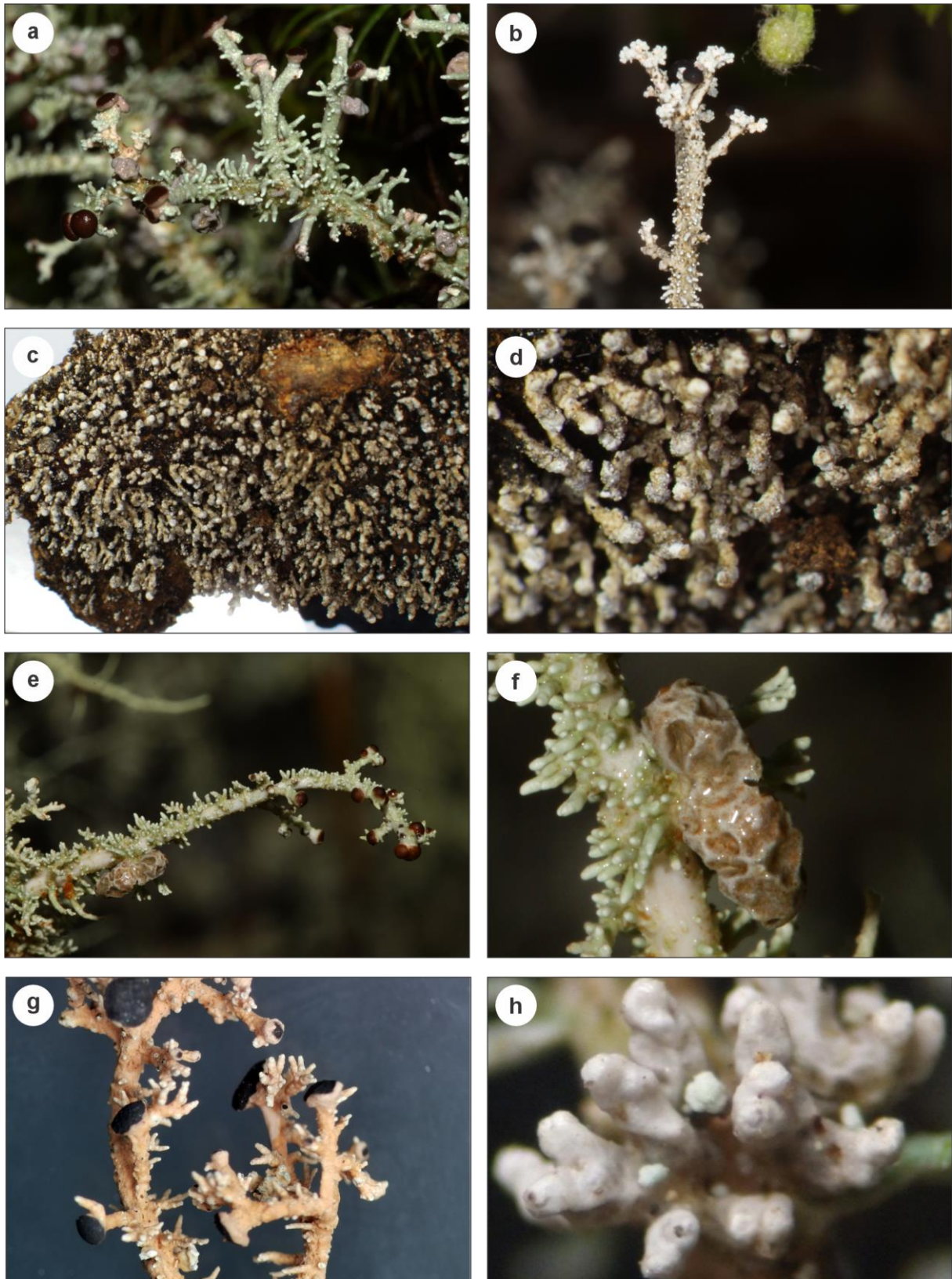
No total foram identificados 22 táxons, sendo sete para o sul da América do Sul, três para Antártica, quatro para o Brasil e 17 para Colômbia (Tabela 4). Foram geradas 168 sequências nuITS correspondentes a 18 táxons, e 38 sequências  $\beta$ -tubulina correspondentes a 14 táxons. Adicionalmente, para oito espécies são produzidas pela primeira vez sequências de nuITS e B-tubulina.

**Tabela 4.** Táxons identificados em cada local de coleta.

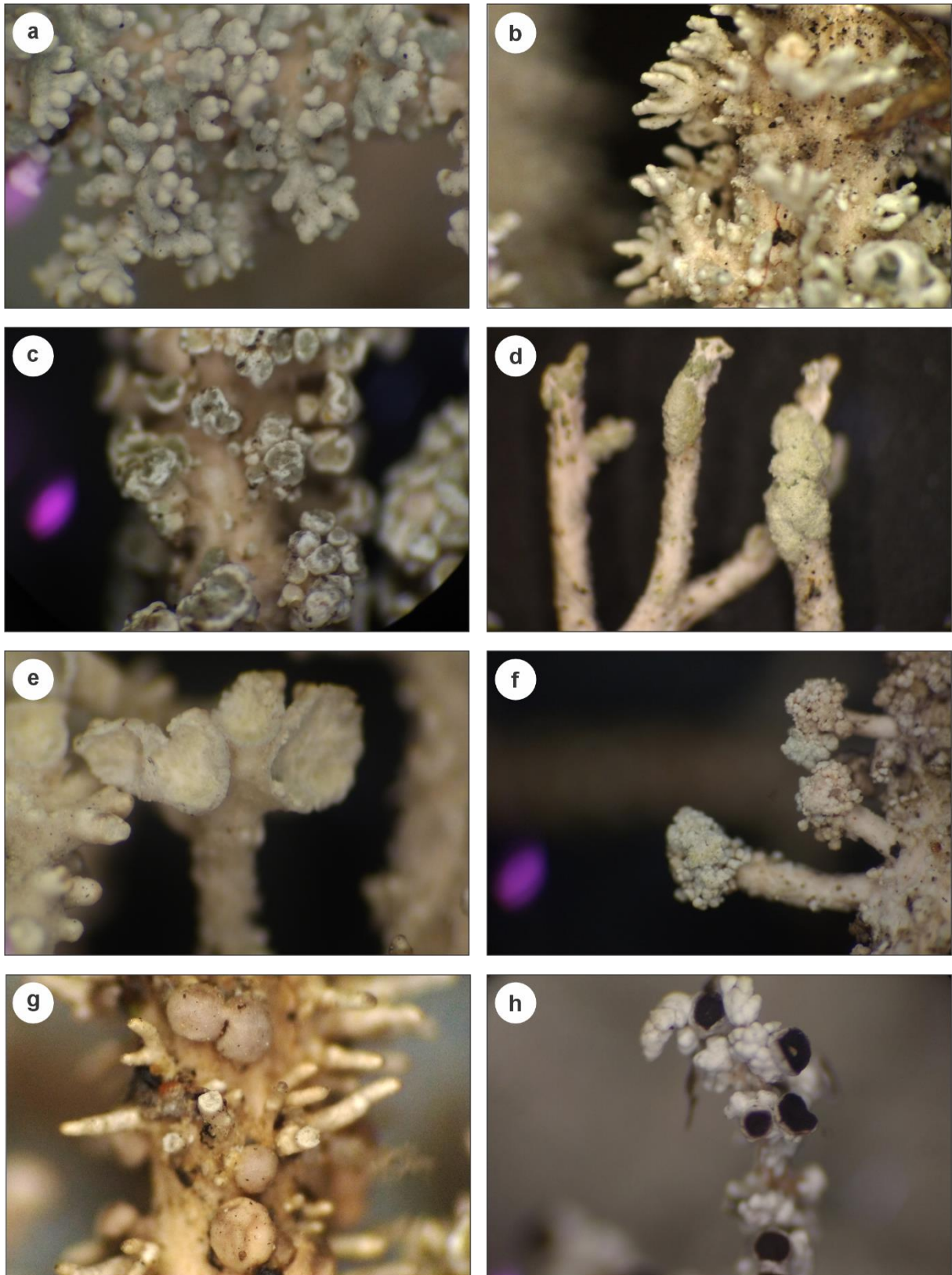
Antártica marítima	Sul da América do Sul	Brasil	Colômbia
<i>S. alpinum</i>	<i>S. alpinum</i>	<i>S. microcarpum</i>	<i>S. atlanticum</i>
<i>S. glabrum</i>	<i>S. corticatum</i>	<i>S. ramulosum</i>	<i>S. cf. crambidiocephalum</i>
<i>S. vesuvianum</i>	<i>S. glabrum</i>	* <i>S. strictum</i>	<i>S. cf. delisei</i>
	<i>S. implexum</i>	<i>S. vesuvianum</i>	* <i>S. cf. meyeri</i>
	* <i>S. melanopotamicum</i>		<i>S. cf. microcarpum</i>
	<i>S. tomentosum</i>		<i>S. cf. novogranatense</i>
			<i>S. cf. pachycephalum</i>
			<i>S. cf. pityrizans</i>
			<i>S. cf. ramulosum</i>
			<i>S. cf. rugulosum</i>
			<i>S. cf. tomentosum</i>
			<i>S. cf. vesuvianum</i>
			<i>S. cf. vulcani</i>
			* <i>S. didymicum</i>
			* <i>S. pomiferum</i>
			* <i>S. strictum</i>
			* <i>S. strictum</i> var. <i>compressum</i>

\*Espécies cujas sequências de nuITS e B-tubulina foram produzidas pela primeira vez.





**Fig. 4** Espécies de *Stereocaulon* no Brasil. **a** Talo de *S. microcarpum*, **b** Florescências pseudorediadas em *S. microcarpum*; **c** Talo de *S. pileatum*, **d** Sorais capitais em *S. pomiferum*; **e** Talo de *S. ramulosum*, **f** Cefalódios saculados, globosos e escrobiculados em *S. ramulosum*, **g** Talo de *S. strictum*, **h** Cefalódios protosaculados, dactilariformes em *S. strictum*. Fotos por: Adriano Spielmann (a, b, e, f, g), Harrie Sipman (c, d) e Jean Marc Torres (h).



**Fig. 5** Espécies de *Stereocaulon* na Colômbia. **a** Filocládios dactilares em *S. tomentosum*, **b** Râmulos folocladioides em *S. ramulosum*, **c** Filocládios peltados e bicolores (janelas corticais) em *S. vesuvianum*, **d** Sorais subapicais e elipsoides em *S. atlanticum*, **e** Sorais espatulados e achatados em *S. strictum* var. *compressum*, **f** eflorescências pseudosorediadas em *S. didymicum*, **g** Cefalódios protosaculados e globosos em *S. pomiferum*, **h** Apotécios laterais em *S. tomentosum*. Fotos por: Jean Marc Torres.



#### AVANÇOS ESPERADOS, PERSPECTIVAS FUTURAS

(1) Finalizar as descrições morfológicas das espécies encontradas para incluir nos artigos propostos.

(2) Escrever e publicar o artigo das espécies de *Stereocaulon* em Colômbia, o qual foi inicialmente proposto como o capítulo 4 desta tese:

Torres JM, Moncada B, Lücking R, Spielmann AA, Lorenz AP (2023). Revision of the genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. (Ascomycota liquenizados, *Stereocaulaceae*) in Colombia, including molecular data from nuITS and B-tubulin regions. Em preparação para ser submetido a **The Lichenologist**

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de diferentes espécies de *Stereocaulon* da Antártica marítima e da América do Sul revelou significativas variações nos diferentes caracteres morfológicos de importância taxonômica como disposição, ramificação e altura dos pseudopodécios, forma dos filocládios, presença, cor e espessura do tomento, e tipo e forma dos cefalódios. A ausência de descrições detalhadas de espécimes coletados nestas regiões, muitas vezes dificultava as identificações ao nível de espécie.

Aliado à taxonomia tradicional, o DNA *barcoding* tem sido amplamente usado como uma ferramenta útil para a delimitação de espécies de *Stereocaulon*, principalmente por meio das sequências das regiões nuITS e  $\beta$ -tubulina (Högnabba 2006; Högnabba et al. 2014; McCune et al. 2019; Park et al. 2018). A região nuITS em *Stereocaulon* mostra uma boa resposta para localizar as espécies nos quatro grandes grupos do gênero: os subgêneros *Holostelidium* e *Stereocaulon*, propostos por Lamb (1977), e os dois clados de espécies crostosas. Porém, os clados formados pelas análises da região nuITS para espécies amplamente distribuídas e com ampla variação morfológica mostraram baixa resolução filogenética e ausência de monofilia recíproca, como os casos de *S. alpinum* e *S. vesuvianum*. Nestes casos, foi fundamental incluir sequências de  $\beta$ -tubulina para se ter um panorama mais claro das delimitações.

Neste estudo ficou claro que existem complexos de espécies em *Stereocaulon* que necessitam ser mais bem avaliados com uma abordagem integrativa, especialmente com a expansão da distribuição dos espécimes examinados e com a inclusão de espécimes coletados em locais próximos da descrição dos tipos. Entre as espécies avaliadas com este perfil, podemos destacar *S. alpinum*, *S. tomentosum*, *S. vesuvianum*, *S. ramulosum*.

Com as informações geradas neste estudo, agora é possível identificar algumas espécies de *Stereocaulon* presentes na Antártica marítima e na América do Sul usando dados morfológicos, químicos e genéticos, possibilitando maior precisão nos levantamentos de diversidade deste grupo. Porém, o gênero *Stereocaulon* tem uma distribuição mais ampla na América do Sul, e em vários países ainda é desconhecido o número real de espécies. Países com páramos andinos como o Equador e o Peru merecem especial atenção devido ao alto nível de desconhecimento de sua riqueza e diversidade de *Stereocaulon*.

Confirmamos que *Stereocaulon* tem preferência pelos ambientes com umidade atmosférica alta, principalmente por regiões de altitude e de altas latitudes. Geralmente as espécies de *Stereocaulon* colonizam rochas e barrancos, podendo também ocorrer no solo e sobre musgos.

O presente estudo realizou uma abrangente revisão das espécies de *Stereocaulon* no extremo sul da América do Sul e na Antártica marítima, além de ser o pioneiro com foco nas espécies deste gênero no Brasil. Caracterizado por um extenso trabalho de campo, análises minuciosas, tanto químicas quanto morfológicas, este trabalho marca o início de um esforço para expandir o conhecimento sobre um dos gêneros de fungos liquenizados mais comuns nas áreas de alta altitude e latitude da América do Sul. As análises filogenéticas reforçaram a identificação da maioria das espécies e proporcionaram uma visão mais clara da variação intra e interespecífica de *Stereocaulon*, assim como expuseram complexidades taxonômicas que ainda devem ser melhor investigadas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lücking R, Leavitt SD, Hawksworth (2021). Species in lichen-forming fungi: balancing between conceptual and practical considerations, and between phenotype and phylogenomics. *Fungal Divers* 109(1): 1–56.
- [2] Hale ME (1983) *The Biology of Lichens*. Third Edition. Edward Arnold, London.
- [3] Lutzoni F, Miadlikowska J (2009) Lichens. *Curr Biol* 19(13):R502–R503. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.04.034>
- [4] Hoffmann GF (1796) *Deutschlands Flora oder botanisches Taschenbuch*. Zweyter Theil Für das Jahr 1795. Erlangen: Joh Jac Palm.
- [5] Lamb IM (1951) On the morphology, phylogeny and taxonomy of the lichen genus *Stereocaulon*. *Can J Bot* 29:522–584. <https://doi.org/10.1139/b51-045>
- [6] Oset M (2014) The lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. in Poland. – a taxonomic and ecological study. *Monogr Bot* 104:1–81. <https://doi.org/10.5586/mb.2014.001>
- [7] Lücking R, Hodkinson BP, Leavitt SD (2017) The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *Bryologist* 119(4):361–416. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-119.4.361>
- [8] McCune B, Di Meglio E, Tønsberg T, Yahr R (2019) Five new crustose *Stereocaulon* species in western North America. *Bryologist* 122(2):197–218. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-122.2.197>
- [9] Ismed F, Dévéhat FL, Guiller A, Corlay N, Bakhtiar A, Boustie J (2018) Phytochemical review of the lichen genus *Stereocaulon* (Fam. Stereocaulaceae) and related pharmacological activities highlighted by a focus on nine species. *Phytochem Rev* 17:1165–1178. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9576-y>
- [10] Lamb IM (1977) A conspectus of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *J Hattori Bot Lab* 43:191–355.
- [11] Lamb IM (1978) Key to the species of the lichen genus *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. *J Hattori Bot Lab* 44:209–250.
- [12] Boekhout T (1982) Studies on Colombian cryptogams XVIII the genus *Stereocaulon* (Schreber) Hoffmann (Lichens). *J Hattori Bot Lab* 53:483–511.
- [13] Sipman HJM (2002) Key to the *Stereocaulon* species in the Neotropics. *Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität*

- Berlin. <https://archive.bgbm.org/BGBM/STAFF/Wiss/Sipman/keys/Neostereo.htm>.  
Accessed 7 January 2022.
- [14] Oset M, Kukwa M (2012) Notes on *Stereocaulon* species from Bolivia. *Mycotaxon* 121:447–453. <https://doi.org/10.5248/121.447>
- [15] Øvstedal DO, Lewis Smith RI (2001) *Lichens of Antarctica and South Georgia. A Guide to their Identification and Ecology*. Cambridge, United Kingdom.
- [16] Øvstedal DO, Lewis Smith RI (2009) Further additions to the lichen flora of Antarctica and South Georgia. *Nova Hedwigia* 88:57–168.
- [17] Øvstedal DO, Lewis Smith RI (2004) Additions and corrections to the Lichens of Antarctica and South Georgia. *Cryptog Mycol* 25: 323–331.
- [18] Rincón-Espitia A, Mateus N (2013) Caracterización morfológica y anatómica del género *Stereocaulon* Hoffmann (ascomycetes-liquenizados) en Colombia. *Caldasia* 35(2):241–260.
- [19] Lewis Smith RI, Øtsvedal DO (1991) The lichen genus *Stereocaulon* in Antarctica and South Georgia. *Polar Biol* 11:91–102. <https://doi.org/10.1007/BF00234271>
- [20] Högnabba F (2006) Molecular phylogeny of the genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, lichenized ascomycetes). *Mycol Res* 110(9):1080–1092. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.04.013>
- [21] Högnabba F, Pino-bodas R, Nordin A, Myllys L, Stenroos S (2014) Phylogenetic position of the crustose *Stereocaulon* species. *Lichenologist* 46(1):103–114. <https://doi.org/10.1017/S002428291300073X>
- [22] Park JS, Park CH, Park SY, Oh SO, Jayalal U, Hur JS (2018) Revision of the Lichen Genus *Stereocaulon* (Stereocaulaceae, Ascomycota) in South Korea. *Mycobiology* 46(2):101–113. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1461314>
- [23] Brown RB (2000) *Composition of Scientific Words*. Smithsonian Books, Washington.
- [24] Lamb IM (1959) Proposal for conservation of *Stereocaulon* (Schreb.) Hoffm. against *Stereocaulon* (Schreb?) Schrad. and *Coralloides* [Dill.] Hoffm. *Taxon* 8(6):207–208. <https://doi.org/10.2307/1217080>
- [25] Clements FE, Shear CL (1931) *The genera of Fungi*. MW Wilson, New York.
- [26] Acharius E (1803) *Methodus qua omnes detectos lichenes secundum organa carpomorpha ad genera, species et varietates redigere atque observationibus illustrare tentavit*. Stockholm.
- [27] Chevallier PFF (1826) *Flore générale des environs de Paris, Selon la Méthode Naturelle*. Paris.

- [28] Fries TM (1858) *Monographia Stereocaulorum et Pilophorum*. Acta Regia Soc Sci Upsal 3(2):307–380.
- [29] Nylander W (1859) *Lichenes in Regionibus Exoticis Quibusdam Vigentes. Exponit Synoptice Enumerationibus*. Ann Sci Nat, Bot, Sér 4, T11:205–264.
- [30] Nylander W (1860) *Synopsis methodica lichenum omnium hucusque cognitorum praemissa introductione lingua gallica tractata*. Martinet. Paris.
- [31] Tuckerman E (1882) *A synopsis of the North American Lichens. Part. I, comprising the Parmeliacei, Cladonieae and Coenogonieae*. S.E. Cassino, Boston.
- [32] Riddle LW (1910) The North American Species of *Stereocaulon*. Bot Gaz (50)4:285–304. <https://doi.org/10.1086/330363>
- [33] Du Rietz GE (1926) Bestämningsschema över Skandinaviens Stereocaulon-arter. Svensk Bot. Tidskr. 20:95–96.
- [34] Dogde CW (1929) A synopsis of *Stereocaulon* with notes on some exotic species. Ann. Crypt. Exot. 2:93–153.
- [35] Johnson GT (1938) The Taxonomic Importance and Phylogenetic Significance of the Cephalodia of *Stereocaulon*. Ann Mo Bot Gard (25)3:729–768. <https://doi.org/10.2307/2394275>
- [36] Kershaw KA (1960) The genus *Stereocaulon* Schreb. in the British Isles. Lichenologist 1:184–203. <https://doi.org/10.1017/S002428296000042X>
- [37] Asahina (1961) Lichenologische Notizen (174–179). J Jap Bot 36(7):225–232.
- [38] Lamb IM (1965) The *Stereocaulon Massartianum* assemblage in East Asia. J Jap Bot 40(9):270–275.
- [39] Poelt J (1969) *Bestimmungsschlüssel Europäischer Flechten. Lehre*.
- [40] Ozenda P, Clauzade G (1970) *Les Lichens; Étude Biologique et Flore Illustrée*. Saint Germain, Paris.
- [41] Dahl E, Krog H (1973) *Macrolichens of Denmark, Finland, Norway and Sweden*. Universitetsforlaget, Bergen, Oslo, Tromsø.
- [42] Lamb IM (1976) Structurally unusual types of cephalodia in the lichen genus *Stereocaulon* (subgen. *Holostelidium*). J Jap Bot 51:353–359.
- [43] Galloway DJ (1980) The lichen genera *Argopsis* and *Stereocaulon* in New Zealand. Bot Not 133:261–279.
- [44] Carlin G, Carlin-Silväng U (1982) De svenska *Stereocaulon*-arterna (påskrislavar). Svensk Bot. Tidskr 76:289–307.



- [45] Thomson JW (1984) American Arctic lichens. The Macrolichenes. Columbia University Press, New York.
- [46] Lambinon J, Sériaux E (1985) Le Genre *Stereocaulon* Hoffm. (Lichens) en Belgique et dans les Régions voisines. Bull Soc Roy Bot Belgique 118:79–92.
- [47] Nylander W (1863) Lichenes. In: Triana J, Planchon JE (eds) Prodromus Florae Novo-Granatensis ou Énumération des plantes de la Nouvelle-Grenade avec description des espèces nouvelles. Ann Sci Nat: 286–382.
- [48] Müll. Arg. (1879) Les Lichens Neo-Grenadins et Ecuadoriens, Récoltés par M. ED. André. Rev Mycol: 160–171.
- [49] Vainio EA (1890) Étude sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil. J. Simelius, Helsinki.
- [50] Lindau G (1912) Beitrag zur Kenntnis der Flechten von Kolombien. Mem Soc Sci Nat. Neuchatel V: 57–66.
- [51] Lamb IM (1955) New Lichens from Northern Patagonia, with notes on some related species. Farlowia 4 (4):423–471.
- [52] Lamb IM (1958) La Vegetación Liquélica de los Parques Nacionales Patagónicos. Anales de Parques Nacionales, Buenos Aires.
- [53] Redon J (1985) Líquenes Antárticos. Instituto Antártico Chileno, Santiago de Chile.
- [54] Sipman HJM (1986) Three new lichens from Colombia. Willdenowia 16:279–284
- [55] Weber WA (1986) The Lichen Flora of The Galápagos Islands, Ecuador. Mycotaxon 28:451–497.
- [56] Timdal E (2002) *Stereocaulon cumulatum* comb. nov., another crustose species in the genus. Lichenologist 34(1):7–11. <https://doi.org/10.1006/lich.2001.0368>
- [57] Jorgensen PM, Jahns HM (1987) *Muhria*, a remarkable new lichen genus from Scandinavia. Notes Roy Bot Gard Edinburgh 4(3):581–599.
- [58] Vainio EA (1880) Tutkimus Cladoniain Phylogenetillisestä Kehityksestä. J. Simelius, Helsinki.
- [59] Vainio (1897) Monographia Cladoniarum Universalis. Pars tertia. Acta Soc Fauna Flora Fenn 14(1):1–268.
- [60] Gilbert BJ, Purvis OW, Smith CW (2009) *Stereocaulon* Ach. (1806). In: Smith CW, Aptroot A, Coppins BJ, Fletcher A, Gilbert OL, James PW, et al., (eds). The lichens of Great Britain and Ireland. British Lichen Society, London, pp. 858–865.
- [61] Magnusson AH (1926) Studies on boreal *Stereocaula*. Göteborgs Kungl. Vetenskaps- och vitterhets-samhälles handlingar. Handl 30(7):1–89.

- [62]McCune B (2019) Cortical windows in *Stereocaulon*. *Evansia* 36(3):104–112.  
<https://doi.org/10.1639/0747-9859-36.3.104>
- [63]Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA (2008) Dictionary of the Fungi. 10<sup>th</sup> ed. CBS, The Netherlands.
- [64]Lamb IM (1961) Two New Species of *Stereocaulon* Occurring in Scandinavia. *Bot Not* 114(3):265–275.
- [65]Fries TM (1866) Beiträge zur Kenntniss der sogenannten Cephalodien bei den Flechten. Flora, Regensburg: 17–25.
- [66]Körber GW (1855) Systema Lichenum Germaniae. Breslau, Germany.
- [67]Fries TM (1857) De Stereocaulis et Pilophoris Commentatio. Uppsaliae
- [68]Tuckerman E (1872) Genera Lichenum: an arrangement of the North American lichens. Amherst, Massachusetts.
- [69]Lamy ME (1878) Catalogue Raisonné des Lichens du Mont-Dore et de La Haute-Vienne. *Bull Soc Bot Fr* 25:321–536.
- [70]Satô M (1941) Cladoniales (I) in Nakai T, Honda M. *Nov Fl Jap* 7:1–105.
- [71]Johnson GT (1941) Some Japanese Stereocaula with Botryose Cephalodia. *Bryologist* 44(1):7–10.
- [72]Räsänen V (1943) Das System der Flechten. *Acta Bot Fenn* 33:1–82
- [73]Stenroos SK, DePriest PT (1998) SSU rDNA phylogeny of cladoniiform lichens. *Am J Bot* 85(11):1548–1559. <https://doi.org/10.2307/2446481>
- [74]Wedin M, Döring H, Ekman S (2000) Molecular phylogeny of the lichen families *Cladoniaceae*, *Sphaerophoraceae*, and *Stereocaulaceae* (Lecanorales, Ascomycotina). *Lichenologist* 32(2):171–187. <https://doi.org/10.1006/lich.1999.0236>
- [75]Ekman S, Tonsberg T (2002) Most species of *Lepraria* and *Leproloma* form a monophyletic group closely related to *Stereocaulon*. *Mycol Res* 106(11):1262–1276. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006718>
- [76]Stenroos SK, Myllys L, Thell A, Hyvönen J (2002) Phylogenetic hypotheses: Cladoniaceae, Stereocaulaceae, Baeomycetaceae, and Icmadophilaceae revisited. *Mycol Prog* 1(3):267–282. <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0024-9>
- [77]Printzen C, Kantvilas G (2004) *Hertelidea*, genus novum Stereocaulacearum (*Ascomycetes* lichenisati). *Bibliotheca Lichenologica* 88:539–553.
- [78]Myllys L, Högnabba F, Lohtander K, Thell A, Stenroos S, Hyvönen J (2005) Phylogenetic Relationships of Stereocaulaceae Based on Simultaneous Analysis of Beta-

- Tubulin, GAPDH and SSU rDNA Sequences. *Taxon* 54(3):605–618.  
<https://doi.org/10.2307/25065418>
- [79] Miadlikowska J, Kauff F, Hofstetter V, Fraker E, Grube M et al. (2006) New insights into classification and evolution of the Lecanoromycetes (Pezizomycotina, Ascomycota) from phylogenetic analyses of three ribosomal RNA- and two protein-coding genes. *Mycologia* 98(6):1088–1103. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832636>
- [80] Harris RC, Lad D (2007) New taxa of lichens and lichenicolous fungi from the Ozark Ecoregion. *Opusc Philolichenum* 4:57–68.
- [81] Miadlikowska J, Kauff F, Högnabba F, Oliver JC, Molnár K et al. (2014) A multigene phylogenetic synthesis for the class Lecanoromycetes (Ascomycota): 1307 fungi representing 1139 infrageneric taxa, 317 genera and 66 families. *Mol Phylogenet Evol* 79:132–168. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.04.003>
- [82] Vančurová L, Muggia L, Peksa O, Řídká T, Škaloud P (2018) The complexity of symbiotic interactions influences the ecological amplitude of the host: A case study in *Stereocaulon* (lichenized Ascomycota). *Mol Ecol* 27(14):3016–3033.  
<https://doi.org/10.1111/>
- [83] Vančurová L, Kalníková V, Peksa O, Škvorová Z, Malíček J, Moya P, Chytrý K, Černajová I, Škaloud P (2020) Symbiosis between river and dry lands: Phycobiont dynamics on river gravel bars. *Algal Res* 51:102062.  
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102062>
- [84] Lavoie C, Renaudin M, McMullin RT, Gagnon J et al. (2020) Extremely low genetic diversity of *Stigonema* associated with *Stereocaulon* in eastern Canada. *Bryologist* 123(2):188–203. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-123.2.188>
- [85] Kim JI, Kim YJ, Nam SW, So JE, Hong SY, Choi H-G, Shin W (2020) Taxonomic study of three new Antarctic *Asterochloris* (Trebouxiophyceae) based on morphological and molecular data. *Algae* 35(1):17–32. <https://doi.org/10.4490/algae.2020.35.2.23>
- [86] Kosecka M, Krzemińska BG, Černajová I, Škaloud P, Jabłońska A, Kukwa M (2021) New lineages of photobionts in Bolivian lichens expand our knowledge on habitat preferences and distribution of *Asterochloris* algae. *Sci Rep* 11:8701.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-88110-0>
- [87] Hale ME (1979) *How to know the Lichens*. The Pictured-Key Nature Series. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque.
- [88] Hüneck S, Yoshimura I (1996) *Identification of lichen substances*. Springer, Berlin.

- [89] Orange A, James PW, White FJ (2010) *Microchemical methods for the identification of lichens*. 2ed. British Lichen Society, London.
- [90] White TJ, Bruns TD, Lee SB & Taylor JW (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ & White TJ, eds. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego, CA. pp 315–322.

## GLOSSÁRIO

**Actina:** proteína multifuncional globular que faz parte dos microfilamentos do citoesqueleto.

**Amplificação:** Ação de amplificar. Geneticamente, se refere ao ato de gerar múltiplas cópias de DNA ou RNA a partir de uma pequena quantidade amostra durante a PCR.

**Análise Bayesiana (*Bayesian analysis*):** método de inferência estatística que responde à probabilidade de ocorrência de um evento. É baseado no teorema de *Bayes*. Em análises filogenéticas feitas a partir de alinhamentos de DNA, usa como informação anterior o modelo de evolução nucleotídica dos dados.

**Anfitécio:** margem talina de um apotécio (também chamado excípulo talino). Esta margem talina rodeia o disco dos apotécios lecanorinos e zeorinos contendo o mesmo fotobionte do talo liquênico.

**Apotécios:** ascomas em forma de disco ou copa, nos quais o himênio fica exposto à maturidade. Segundo a margem que os rodeia (talina ou própria), os apotécios podem ser lecanorinos, lecideinos, biatorinos ou zeorinos.

**Apotécios hipofisados:** um tipo de apotécio que ocorre em algumas espécies de *Stereocaulon* (i.e. *S. claviceps*). Nessas espécies, os pseudopodécios com apotécios sofrem alargamento na sua região apical, imediatamente abaixo do apotécio, gerando formas clavadas ou de barril. Esses inchaços aparecem nos estágios iniciais da formação do apotécio. Nos apotécios totalmente maduros o inchaço torna-se reduzido, muitas vezes quase imperceptível, mas naqueles que não atingiram o seu desenvolvimento completo é muitas vezes visível.

**Areolado:** composto de aréolas. **Aréolas** delimitadas por fissuras no talo que podem ter diferentes formas, angulares, arredondadas e poligonais.

**Arqueados:** curvados em forma de arco.

**Ascomycota:** grupo de fungos relacionados filogeneticamente (filó *Ascomycota*), sendo os ascos seu caráter diagnóstico.

**Ascós:** Estruturas em forma de saco própria de *Ascomycota*, nas quais são produzidos os ascósporos endógenas. Podem ser classificadas segundo sua parede (i.e., unitunicados, bitunicados) ou sua forma (i.e. clavados, ovoides).

**Bacilares:** em forma de bastão (cilíndrico) com extremos arredondados.

**$\beta$ -tubulina:** proteína que faz parte dos microtúbulos do citoesqueleto.

**Biatorinos:** refere-se aos apotécios de tipo lecideino nos quais as hifas não são carbonizadas, aparecendo pálidos ou escassamente coloridos e geralmente convexos.

**Bipolar:** categoria de distribuição geográfica para os organismos que se estendem nas regiões árticas e antárticas, sendo ausentes (ou escassamente presentes em zonas de altitude) nas regiões tropicais.

**Botrioso:** racemoso; agrupados como uvas. In *Stereocaulon* refere-se aos cefalódios botriosos, um tipo de cefalódios frequentemente estipitados à maturidade, com superfície geralmente dividida em verrugas botriformes, é dizer, em forma de “cacho de uvas”.

**Campos de altitude:** formações frias e úmidas dominadas por gramíneas, restritas aos pontos mais altos do Planalto do Sudeste e Sul brasileiro, começando em altitudes entre 800 a 2.000 m.

**Capitado:** em forma de cabeça. Inchado ou dilatado ao ápice.

**Carpogênica:** que se origina desde os frutos. Em líquens fruticosos estipitados, os estipes são de origem **carpogênica** quando são formados pelo alongamento dos tecidos do paratécio e o hipotécio dos apotécios, e são nomeados podécios. Contrário aos estipes formados pelo alongamento em forma colunar de aréolas ou verrugas talinas inteiras, os quais são considerados de origem somatogênica e são nomeados pseudopodécios.

**Cefalódios:** Uma região interna delimitada ou uma estrutura externa verrucosa, esquamulosa ou fruticosa em alguns líquens, a qual contém um fotobionte diferente (uma cianobactéria) do fotobionte característico do talo liquênico. Cefalódios são encontrados em gêneros de fungos liquenizados, como *Peltigera* Wildd., *Placopsis* (Nyl.) Linds. e *Stereocaulon*.

**Chaves taxonômicas:** ferramenta usada para identificar espécies a partir de caracteres morfológicos, anatômicos e/o químicos.

**Cianobionte:** cianobactérias que atuam como simbionte fotossintético nos líquens.

**Clavados:** em forma de clava, se estreitando à base.

**Clorobionte:** organismo vegetal fotossintético. Em líquens refere-se às algas verdes que atuam como simbiontes fotossintéticos.

**Conídios:** esporos de origem assexual formadas em células conidiógenas.

**Coraloides:** em forma de coral.

**Corticados:** que apresentam córtex.

**Cosmopolita:** categoria de distribuição geográfica para os organismos que se estendem por todo ou a maior parte do mundo.

**Crenado:** composto por crenas. Disse-se da margem dentada com dentes arredondados.

**Crostoso:** em forma de crosta. Forma de crescimento dos líquens na qual o talo carece de córtex inferior estando fortemente aderido ao substrato sem permitir a visualização da superfície inferior.

**Decíduo:** com tendência a cair.

**Decorticados:** que carecem de córtex.

**Decumbente:** que apresenta a parte inferior horizontal ao substrato e a parte superior voltada para cima, descrevendo uma curva. In *Stereocaulon* refere-se à forma de crescimento dos pseudopodécios.

**Digitados:** em forma de dedos.

**Dimórfico:** que apresenta duas formas.

**Dorsiventrais:** simetria de talos ou estruturas que têm uma superfície superior (dorsal) e uma superfície inferior (ventral).

**Elipsoides:** estruturas tridimensionais, que são elípticas em seção longitudinal.

**Eretos:** erguido, vertical, não curvado, não decumbente.

**Escrobiculado:** com cavidades ou depressões pouco profundas.

**Espatulados:** em forma de espátula. Forma plana, alargada na parte terminal e estreita na base.

**Espécies crípticas (*Cryptic species*):** espécies morfologicamente indistinguíveis.

**Espécies endêmicas:** espécies com distribuição naturalmente restrita a uma região geográfica.

**Esquamuloso:** composto por pequenas escamas. Forma de crescimento de alguns líquens.

**Estruturas cauliformes:** estruturas em forma de caule.

**Excípulo próprio:** tecido fúngico não liquenizado (sem fotobionte) que forma as margens nos apotécios dos fungos liquenizados (também chamado margem própria ou paratécio).

**Excípulo talino:** tecido fúngico liquenizado (com fotobionte) que forma as margens dum apotécio lecanorino, externo ao excípulo próprio (também chamado margem talina ou anfitécio).

**Expansões apicais:** expansões foliosas (dorsiventrais) apicais dos pseudopodécios em algumas espécies de *Stereocaulon*.

**Extração:** ação de tirar seletivamente. Metodologia aplicada na genética molecular para isolar moléculas alvo (por exemplo os ácidos nucleicos) desde uma substancia matriz.

**Farinhosos:** com a superfície coberta por uma fina poeira. Semelhante a grãos de farinha.

**Ficobionte:** algas simbiotes presentes nos líquens.

**Filiformes:** em forma de fio.

**Filocládios:** estruturas morfológicas assimilativas em *Stereocaulon* contendo algas e, portanto, com funções fotossintéticas. Se localizam ao longo dos pseudopodécios e têm uma ampla variedade de formas em diferentes espécies e até na mesma espécie.

**Fotobionte:** organismo fotossintetizante presente na simbiose líquênica.

**Foveolados:** delicadamente marcados com pequenas depressões.

**Fruticoso:** em forma de pequeno arbusto. Forma de crescimento dos líquens semelhante pequenos arbustos.

**Fusiformes:** em forma de fuso. Pontuado nos extremos e dilatado na região central.

**Gonídios:** em líquens refere-se às células fotossintéticas do talo líquênico.

**Granulares:** em forma de grão.

**Haplótipo:** é o resultado da combinação de alelos para diferentes polimorfismos que ocorrem no mesmo cromossomo e que tendem a ser herdados.

**Hipotalo:** também chamado protalo, é o conjunto das primeiras hifas que se desenvolvem num talo líquênico, não possuem células do fotobionte nem córtex. É geralmente visível nas margens dos talos crostosos.

**Hipotécio:** também chamado subhimênio. É o tecido fúngico localizado nos ascomas logo abaixo do himênio e antes do excípulo.

**Holótipo:** o único elemento (espécime ou ilustração) usado por um autor para atribuir o nome de uma espécie ou táxon infraespecífico.

**HPLC-DAD-MS** (*high-performance liquid chromatography coupled to diode-array detection and mass spectrometry analysis*): uma técnica analítica que separa e caracteriza as substâncias químicas de uma amostra.

**ITS** (*internal transcribed spacer*): região espaçadora interna transcrita localizada entre os genes 18S e 28S do rRNA.

**Janelas corticais:** regiões esverdeadas no centro dos filocládios formadas pela agrupação de algas do fotobionte.

**Lecanorinos:** apotécios com borda originada pelo talo líquênico (margem talina), contendo o mesmo fotobionte (algas verdes) do talo líquênico.

**Lecideinos:** apotécios sem margem talina, a borda é originada pelas mesmas hifas do ascoma (margem própria) e não contém fotobionte (algas verdes).

**Macrolíquens:** líquens com talos “grandes” que podem ser determinados com uma lupa manual de 10x de aumento. Porém, na maioria das vezes, é necessário observar a morfologia específica e realizar cortes histológicos sob um microscópio estereoscópico.



**MC** (microcrystalization): técnica usada para a identificação de compostos químicos a partir da análise da sua formação cristalina em vários reagentes. Nessa técnica um fragmento do líquen é colocado em acetona (ou etanol ou éter dietílico), a extração é filtrada e transferida para uma lâmina com uma gota de reagente (por exemplo GE ou GAW), depois a lâmina é aquecida e reservada para esfriamento e cristalização. Finalmente a formação de cristais é observada para determinar qual a composição química do extrato líquênico.

**Micobionte:** simbiote fúngico que participa da formação dos talos líquênicos.

**ML** (*maximum likelihood* ou máxima verossimilhança): método estatístico que busca identificar os valores mais prováveis para os parâmetros de uma distribuição, comumente aplicado em análises filogenéticas de alinhamentos de DNA. Nestas análises, utiliza o modelo de evolução nucleotídica mais adequado para o conjunto de dados para estimar as relações evolutivas entre as sequências.

**Monofilético:** refere-se a um grupo taxonômico que inclui um ancestral comum e todos os seus descendentes. Portanto, compreende todas as espécies ou grupos taxonômicos que compartilham um único ancestral comum exclusivo desse grupo.

**NMR** (espectroscopia por ressonância magnética nuclear): técnica usada para determinar a estrutura e composição química de uma amostra, é baseada na análise da interação dos núcleos que giram num campo magnético, a energia absorvida é observada nos spins nucleares com um espectro de RMN.

**Paráfises:** hifas localizadas no himênio, estéreis e filamentosas, geralmente incolores, aderidas à base e crescendo entre os ascos.

**Páramos andinos:** os páramos dos Andes equatoriais são áreas altas, ao redor dos 3.000 m, frias, úmidas, quase que permanentemente nubladas e com vegetação aberta a arbustiva.

**Paratécio:** ver excípulo próprio.

**PCR** (reação em cadeia da polimerase): técnica que envolve a amplificação exponencial de uma região específica do DNA. O processo é feito pela enzima DNA-polimerase em um equipamento chamado termociclador, que controla as condições de temperatura para as diferentes etapas da reação (desnaturação, anelamento e extensão). Essas etapas são repetidas em ciclos, e, ao final, a quantidade de DNA atinge níveis detectáveis, permitindo análises subsequentes.

**Peltados:** estruturas em forma de escudo. Parte superior arredondada, com uma haste aderida ao centro da superfície inferior.

**Perene:** que permanece no tempo, incessante, contínuo.

**Perfis químicos:** composição química secundária de uma espécie ou grupo taxonômico.

**Picnídios:** conidioma fúngico globoso com um ostíolo circular ou longitudinal. A superfície interior é revestida dos conídios.

**Plasticidade fenotípica:** é a capacidade que uma espécie tem de apresentar diferentes fenótipos em função das condições ambientais.

**Podécios:** estruturas cauliformes de origem carpogênica presentes em alguns gêneros de líquens, *i.e.*, *Cladonia* e *Baeomyces*.

**Polifilético:** um grupo de organismos com diferente origem evolutiva, é dizer que um grupo polifilético não inclui o antecessor comum de todos os organismos.

**Polimorfia:** propriedade de algumas espécies para apresentar diversas morfologias.

**Prostrado:** horizontal, deitado sobre o solo.

**Protosaculados:** tipo de cefalódio do gênero *Stereocaulon*, os quais são diferenciados por ter uma camada hifal interna sólida, consistindo de hifas compactas sem espaços de ar entre elas.

**Pseudopodécios:** estruturas cauliformes de origem somatogênica presentes no gênero *Stereocaulon*.

**Râmulos corimbosos:** pequenos râmulos finos na parte apical dos pseudopodécios crescendo em forma de corimbo (os mais externos crescem mais longos do que os internos, ficando todos ao mesmo nível). São derivados da ramificação do eixo central do pseudopodécio.

**Râmulos filocladíoides:** estruturas de assimilação de tipo coraloide ramificado, são ramos muito finos derivados (extensões) dos pseudopodécios.

**Saculados:** tipo de cefalódio do gênero *Stereocaulon*, os quais são diferenciados por ter o tecido hifal interno laxo e aracnoide, composto de hifas livres e entrelaçadas com consideráveis espaços de ar entre elas.

**Septos:** parede celular transversal ou longitudinal, própria dos ascósporos ou as hifas.

**Sinuoso:** com margem undulada ou denteada, com ângulos arredondados.

**Somatogênica:** que se origina de células somáticas. Em líquens fruticosos estipitados, os estipes são de origem **somatogênica** quando são formados pelo alongamento em forma colunar de aréolas ou verrugas talinas inteiras. Estes são nomeados pseudopodécios.

**Sorédios:** propágulos vegetativos exclusivos dos líquens, são semelhantes a grãos pulverulentos, não corticados, contém células do fotobionte envoltas por hifas fúngicas.

**Superleceideinos:** apotécios com um anfitécio formado por tecido cortical talino, mas sem fotobionte.

**Talo primário:** em líquens dimórficos, o talo primário é a parte morfológica basal do talo, a qual geralmente é crostosa ou esquamulosa.

**Talo secundário:** em líquens dimórficos, o talo secundário é a parte fruticosa do talo, é a parte mais conspícua e vistosa do talo. Emerge do talo primário.

**Táxons infraespecíficos:** táxons reconhecidos um nível abaixo da categoria de espécie.

**Técio:** o tecido do apotécio que contém os ascos e as paráfises, é localizado entre o epitécio e o hipotécio. O técio é o equivalente ao himênio.

**Teretes:** arredondados, retos e quase cilíndricos.

**Testes colorimétricos (*Spot tests*):** técnica usada na liquenologia para a identificação de compostos químicos secundários. Se baseia na aplicação de uma pequena quantidade de um reagente específico sobre as estruturas liquênicas para observar a alteração de cor gerada pelo reagente.

**TLC (*thin layer chromatography*):** cromatografia em camada delgada. Técnica usada para isolar misturas não voláteis. O experimento é conduzido em uma folha de papel, alumínio, plástico ou vidro revestida com uma fina camada de material adsorvente.

**Tomento:** pubescência, densa pilosidade que cresce sobre a superfície de alguns líquens.

**Tripartida:** composto de três partes. Em líquens refere-se aos talos formados por três componentes principais, como o caso da maioria das espécies de *Stereocaulon*, as quais são formadas por um componente fúngico e dois componentes fotossintéticos (algas verdes e cianobactérias).

**Verrucosos:** Composto de verrugas.

*Este glossário foi baseado principalmente em Barreno & Perez-Ortega 2013, Fidalgo & Fidalgo 1967, Huneck & Yoshimura 1996, Kirk et al. 2008 e Lamb 1951.*