

## MODELO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *QUILLAJA BRASILIENSIS* (A. ST-HIL. & TUL.) MART. EN EL SUR DE BRASIL Y LA HISTORIA DE LA DISPERSIÓN DEL GÉNERO *QUILLAJA* (QUILLAJACEAE) EN AMÉRICA DEL SUR

Luciano Moura de Mello<sup>1</sup> y Alexandra Alves Cantos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Riograndense (IFSul). Av. Paul Harris, 410, Centro, Sant'Ana do Livramento, RS, CEP 97574-360, Rio Grande do Sul, Brasil;

luciano\_moura\_biologia@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Colégio Militar de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil; alexandracantos@gmail.com

### RESUMEN

*Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart. es un árbol de ambiente templado, existente en el sur de Brasil, Uruguay, Argentina y Paraguay. Con gran contenido de saponina; tiene propiedades relevantes para la industria, tal como *Quillaja saponaria*, que se distribuye naturalmente en la región central de Chile. El objetivo de este trabajo es explorar la predicción de áreas con condiciones ambientales disponibles para la presencia de *Q. brasiliensis* usando un algoritmo de máxima entropía y hacer consideraciones acerca de la historia de la distribución de *Q. brasiliensis* y *Q. saponaria* en América del Sur. Los resultados demuestran que las especies de *Quillaja* son vicariantes climáticas que tuvieron su diferenciación iniciada entre el Mioceno y el Plioceno entre 23-5 millones de años, acompañando los movimientos que diferenciaron a *Myrceugenia* y otras especies de clima templado, compartiendo con estas especies una historia de migraciones y a través de los cambios ambientales ocurridos durante el Cenozoico reciente.

**Palabras-clave:** algoritmo, jabón-de-soldado, Maxent

### RESUMO

**Modelo de Distribuição Espacial de *Quillaja brasiliensis* (A. St-Hil. & Tul.) Mart. no Sul do Brasil e a História da Dispersão do Gênero *Quillaja* (Quillajaceae) na América do Sul.** *Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart é uma árvore típica de ambientes temperados, existente no sul do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. Com grande conteúdo de saponina, esta espécie possui propriedades relevantes para a indústria, assim como a *Quillaja saponaria*, que ocorre naturalmente na região central de Chile. O objetivo deste trabalho é fazer uso de um algoritmo matemático de máxima entropia para a predição de áreas com condições ambientais disponíveis para a ocorrência de *Q. brasiliensis* e fazer considerações sobre a história da distribuição de *Q. brasiliensis* e *Q. saponaria* na América do Sul. Os resultados demonstram que as espécies de *Quillaja* são vicariantes climáticas que tiveram sua diferenciação iniciada entre o Mioceno e o Plioceno 23-5 milhões de anos, acompanhando os movimentos que diferenciaram *Myrceugenia* e outras espécies de clima temperado com as quais compartilham uma história de migrações e especiação através das mudanças ambientais ocorridas durante o Cenozóico recente.

**Palavras-chave:** algoritmo, Sabão-de-soldado, Maxent

### INTRODUCCIÓN

*Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart es un árbol indígena típico de ambientes templados del sur del Brasil, ubicada en los estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná y Rio Grande do Sul (Perilla 1978; Reitz 1996). En Rio Grande do Sul, se encuentra en bosques de la mitad meridional del estado (Shah *et al.* 2006). También se distribuye en el norte del Uruguay, noreste de Argentina (Tressens 1981) y en el este del Paraguay y, a pesar de que se ha mencionado por Herrera (1921), para Perú, según Luebert (2013), no tiene presencia confirmada en herbarios.

Dado el alto contenido de saponina de sus hojas, corteza, frutos y madera recibe popularmente nombres como árbol del jabón, palo jabón, jabonera o jabón de soldado.

*Quillaja brasiliensis* ha sido estudiada para satisfacer la demanda industrial de saponinas. Esta planta,

tal como *Q. saponaria* Molina, que es nativa del Chile, es conocida y explotada con este propósito (Cantos 2013).

La saponina es un compuesto que se utiliza en la producción de vacunas contra el tipo de herpesvirus bovino 1 (BHV-1) que afecta al ganado vacuno lechero (San Martín y Briones 1999).

*Quillaja saponaria* y *Q. brasiliensis* son las dos únicas especies de la familia Quillajaceae, sus características se ilustran en la Figura 1.

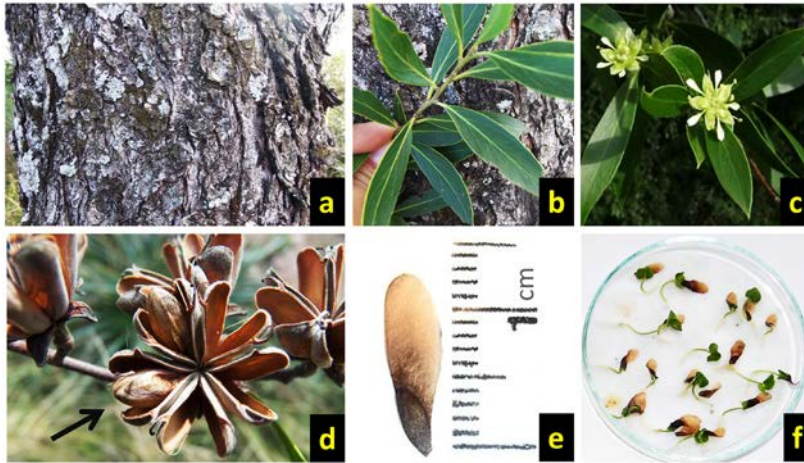


FIGURA 1. Características morfológicas de *Quillaja brasiliensis*: (a) aspecto de la corteza de una planta adulta; (b) hojas; (c) flor; (d) fruto dehiscente con semillas (flecha negra); (e) y (f) semilla y semillas germinando en Placas de Petri

El uso de algoritmos matemáticos para modelar la distribución teórica de una especie es una herramienta importante que permite identificar posibles espacios de la presencia previa, permitiendo acciones de rescate de germoplasma y conservación de estas poblaciones.

*Quillaja brasiliensis* es una especie que se encuentra en la categoría “En Peligro” según la Lista Nacional de las Especies de la Flora Brasileña Amenazada de Extinción que es publicada por el Ministério do Meio Ambiente (MMA) de Brasil<sup>1</sup>. Esta clasificación es hecha por el Centro Nacional de Conservación de la Flora (CNCFlora). La categoría “En Peligro” involucra a todas las especies que enfrentan un riesgo muy elevado de extinción en la naturaleza.

El objetivo de este estudio es realizar una predicción de espacios ecológicos disponibles para *Q. brasiliensis* en el sur de Brasil y en los países vecinos, con el fin de verificar la efectividad del algoritmo en un análisis comparativo con la descripción del hábitat documentado en la literatura. Además, se desea realizar un enfoque biogeográfico de la historia de la distribución de las especies del género *Quillaja* en América del sur.

## METODOLOGÍA

Como base de datos de referencia para la elaboración del modelo se utilizaron 21 puntos en tres estados de Brasil donde se ha comprobado la existencia de poblaciones de *Quillaja brasiliensis* de acuerdo con Mauhs y Backes (2002), Silva *et al.* (2002), Bergamin y Mondin (2006), Almeida *et al.* (2009), Leyser *et al.* (2012), Higuchi *et al.* (2012), Giehl (2012), Zanella y Ferla (2013), Sh y Ferrer (2013), Marchiori *et al.* (2014), Jocelyn y de Longhi (2015), Costa *et al.* (2016), además, se han utilizado otros datos de localización de poblaciones confirmadas por los autores de este trabajo.

- Rio Grande do Sul: poblaciones en las ciudades de Bagé, Lavras do Sul, Sant’Ana do Livramento, Piratini, Encruzilhada do Sul, São Gerônimo, Nova Prata, Muitos Capões, Bom Jesus, Barra do Ribeiro, Marcelino Ramos, Osório, Quevedos, São Francisco de Paula, Vacaria y Candelária.
- Santa Catarina, poblaciones en Rio Fortuna, Cerro Negro, Lages y Urubici.
- Paraná, poblaciones en General Carneiro.

<sup>1</sup>Ministerio del Medio Ambiente de Brasil, Centro Nacional de Conservación de la Flora (CNCFLORA). Disponible en <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>, acceso em 10 de junio de 2017.

La localización de las poblaciones mencionadas se encuentra en el Apéndice 1 de este estudio. Los mapas de distribución potencial de *Quillaja brasiliensis* fueron producidos usando el algoritmo *Maxent* (*Maximum entropy modeling of species geographic distributions*), versión 3.3.3k (Oct 2011) (Phillips *et al.* 2006). Para producir los mapas de distribución basado en las predicciones de *MaxEnt*, se utilizó el software *Diva-GIS®*, versión 7.5 (enero de 2012) (Nelson 2012).

La calidad del modelo ha sido evaluada por el parámetro ROC (*Receiver Operating Characteristics*), que describe la sensibilidad y aspectos específicos del modelo (Phillips *et al.* 2006), siendo utilizado el “área bajo la curva” (AUC: *Area under the curve*) para medir la sensibilidad de la predicción. Los valores de AUC varían entre 0 y 1, lo que indica que cuanto más cercano a 1, el modelado tendrá mayor rendimiento, mientras que valores menores que 0,5 indican bajo rendimiento (Peterson *et al.* 2008). Según Araújo *et al.* (2005), la evaluación de la calidad del modelo basado en los datos de la AUC se hace considerando los siguientes valores: para  $AUC > 0,90$  se estima “excelente”, entre  $0,80 > AUC \leq 0,90$  se considera “bueno”,  $0,70 > AUC \leq 0,80$  es un valor “aceptable”, mientras que  $0,70 > AUC \leq 0,60$  es considerado “malo”. Como “no válido” son considerados los resultados obtenidos entre  $0,50 > AUC \leq 0,60$ .

Considerando las condiciones actuales, se utilizaron 20 variables ambientales globales (“BioClim”) del período promedio entre 1950 y 2000 (Cuadro 1).

CUADRO 1. Variables utilizadas en el modelado y su descripción

Variables y descripción básica

- Altitud	- BIO 11 - Temperatura media de la estación fría (°C)
- BIO 01 - Temperatura promedio de anual (°C)	- BIO 12 - Precipitación anual (mm)
- BIO 02 - Oscilación térmica diaria (°C)	- BIO 13 - Precipitación do mes más húmedo (mm)
- BIO 03 - Isotermalidad (%)	- BIO 14 - Precipitación do mes más seco (mm)
- BIO 04 - Estacionalidad térmica	- BIO 15 - Estacionalidad de precipitación (Coef. de variación)
- BIO 05 - Temperatura máxima del mes más cálido (°C)	- BIO 16 - Precipitación da estación húmeda (mm)
- BIO 06 - Temperatura mínima del mes más frío (°C)	- BIO 17 - Precipitación de la estación seca (mm)
- BIO 07 - Oscilación térmica anual (°C)	- BIO 18 - Precipitación de la estación caliente (mm)
- BIO 08 - Temperatura media de la estación cálida (°C)	- BIO 19 - Precipitación de la estación fría (mm)
- BIO 09 - Temperatura media de la estación seca (°C)	
- BIO 10 - Temperatura media de la estación húmeda (°C)	

Los datos climáticos se obtuvieron del *WorldClim* (Global Climate Data) (Nelson 2005), y por medio del análisis, se identificaron las variables más influyentes en la distribución de la especie.

Se obtuvo la base de mapas con los límites territoriales de los países de Áreas Administrativas Globales (GADM), versión 2.8 (Nov 2015), utilizando el *datum* WGS84 (GAA 2016), con una resolución espacial de 2,5 arco segundos, o aproximadamente 5 kilómetros cuadrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propuesta del modelo para la distribución natural de distribución de *Quillaja*

El análisis de los datos obtenidos a partir de la aplicación del modelo muestra inicialmente dos áreas más grandes en América del Sur. Una que ocupa Uruguay, Brasil meridional, sureste del Paraguay. En Brasil, de acuerdo con el mismo modelo, existen dos zonas con posibles áreas de distribución una en el estado de São Paulo, donde existen registros de su distribución y la otra en el de Bahía, pero donde no existen registros de presencia natural.

Las otra área de distribución posible, de acuerdo con el modelo, serían la región sur y norte de Chile (Figura 6.B), con una pequeña área en el Perú y en las islas Galápagos, pero en estas regiones no hay registros de las especies en la literatura para cualquier de esas regiones.

Las regiones de probables de hábitat para *Quillaja brasiliensis*, de acuerdo con el modelo matemático utilizado, corresponden así (Figura 2) con las áreas donde efectivamente se observan los registros de la presencia de esta especie, lo que muestra eficiencia del modelo para prever estas áreas.

La otra especie del género, *Quillaja saponaria*, sin embargo, aparece registrada solamente para la región central de Chile, de acuerdo con Moreira-Muñoz (2011), confirmando los registros de Landrum (1981) y puede ser considerada como una vicariante de naturaleza climática de *Q. brasiliensis*, según los resultados presentados a continuación.

Informaciones del algoritmo defienden que la distribución geográfica de *Q. brasiliensis* obedece a los factores ambientales que se enumeran en orden de relevancia en el Cuadro 2 y que se utilizó para producir el mapa de la Figura 2.b.

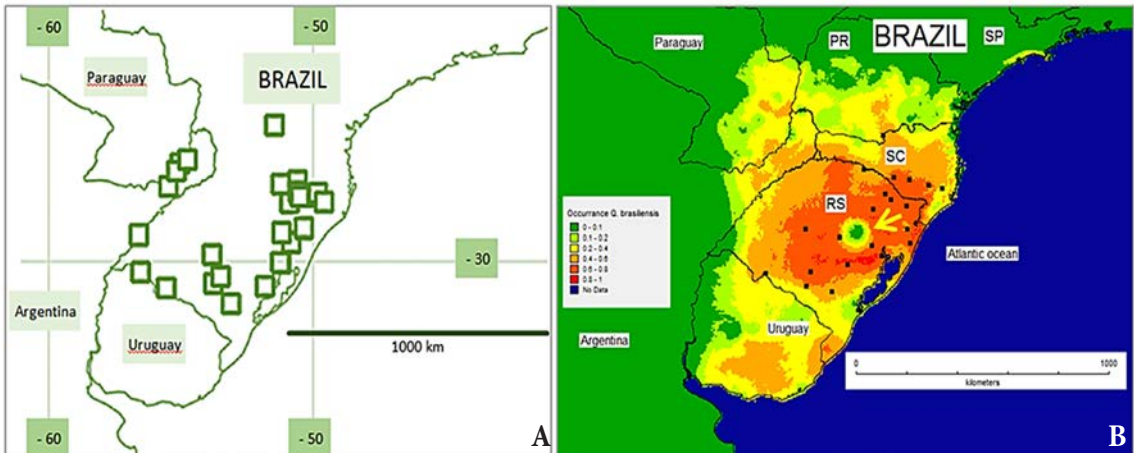


FIGURA 2. (a) Mapa de la distribución natural *Quillaja brasiliensis* (detalle adaptado de Luebert 2013) y (b) Sitios con la distribución potencial de la especie de acuerdo con el modelo matemático generado por el algoritmo *Maxent* para el sur de Brasil, Uruguay, Argentina y Paraguay

En esta Figura se muestra que el modelo se ajusta a la distribución propuesta por Luebert (2013) con todo el modelo de distribución predice una zona de ausencia de poblaciones de *Q. brasiliensis* en una área de la región centro-noreste del estado de Rio Grande do Sul (flecha amarilla en la Figura 2). Datos de registros confirmados de poblaciones de *Quillaja brasiliensis* son escasos mismo en lo territorio del Rio Grande do Sul donde se encuentra la mayor área de distribución pero no se encontró información en la literatura de registros de poblaciones en esta área apuntada por la flecha amarilla en la Figura 2.

El Cuadro 2 muestra la contribución de cada una de las variables ambientales en la actual distribución de *Quillaja brasiliensis* y muestra que la precipitación en los meses más secos del año en la región sur de Brasil (abril y mayo) tiene una fuerte influencia en la distribución de la especie. El modelo, sin embargo, no indica porcentaje de contribución en la distribución de las variables ambientales: BIO1, BIO9, BIO8, BIO12, BIO18, BIO17, BIO16 y BIO10 (ya descritas en el Cuadro 1).

Como posible explicación de esa mancha de ausencia se buscó relacionar la distribución de la precipitación del mes más seco en estado del Rio Grande do Sul, una vez que esta variable es apuntada por el modelo como responsable por más de 50% de importancia en la ocurrencia de la especie.

Así, se tomaron los promedios de precipitación acumulada entre los años 1961 y 1990 de 25 municipios gauchos: Alegrete, Bagé, Bento Gonçalves, Bom Jesus, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Caxias do Sul, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Guaporé, Iraí, Itaqui, Lagoa Vermelha, Marcelino Ramos, Palmeira das Missões, Passo Fundo, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, São Gabriel, São Luis Gonzaga, Tapes, Torres y Uruguaiana.

Los datos de estaciones climáticas en las ciudades ya citadas indican que los meses más secos en el estado son abril y mayo y se distribuyen en el año de acuerdo con la Figura 3.

Así, la precipitación en estos sitios en los meses citados podría tener implicación en la ausencia de en esta zona de poblaciones *Q. brasiliensis*. Sin embargo, dado que no existen datos específicos de estaciones meteorológicas en esa área en particular, no puede verificarse la hipótesis de que la precipitación del mes más seco (o su combinación con otras variables ambientales) sea el factor limitante para la distribución de la especie en este sitio.

CUADRO 2. Porcentaje de la contribución de las variables ambientales en la distribución actual de *Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart.

Variable	Contribución porcentual
BIO14 (Precipitación del mes más seco)	54,4
BIO04 (Estacionalidad térmica)	14,9
BIO03 (Isoterma)	14,4
BIO015 (Estacionalidad de precipitación)	9,6
BIO06 (Temperatura mínima del mes más frío)	3,2
BIO07 (Oscilación térmica anual)	1
BIO19 (Precipitación de la estación fría)	0,7
BIO13 (Precipitación del mes más húmedo)	0,6
BIO11 (Temperatura media de la estación más fría)	0,4
ALTITUD	0,4
BIO02 (Oscilación térmica diaria)	0,2

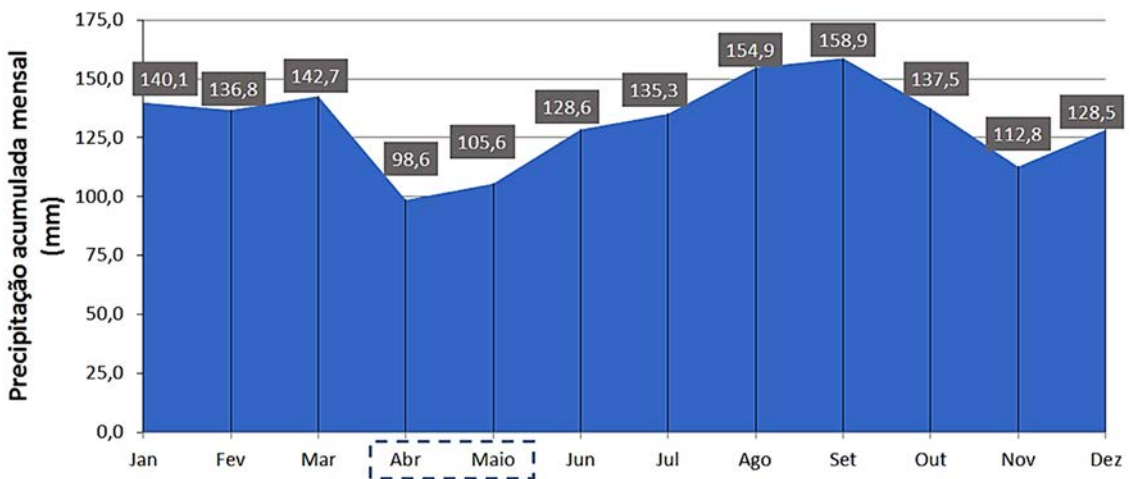


FIGURA 3. Precipitación mensual (mm), promedio de 25 municipios del estado del Rio Grande do Sul registrados durante los años 1961-1990



La eficiencia del modelo en la determinación de las áreas posibles para *Quillaja brasiliensis* es dada por la curva ROC (Figura 4) que, segundo Aguilar *et al.* 2005 muestra una AUC = 0.998, lo que es considerado como “excelente” eficiencia.

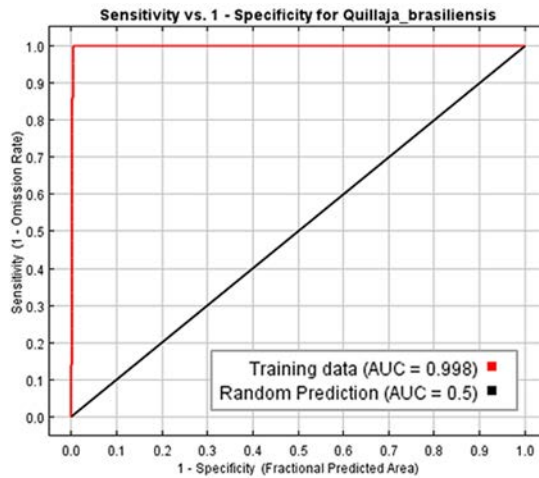


FIGURA 4. La Curva ROC, que demuestra la alta eficiencia del modelo en la determinación de las posibles áreas de *Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart.

#### La distribución actual *Quillaja*

Landrum (1981) explica la disyunción geográfica actual de *Myrceugenia* (Myrtaceae) en dos áreas separadas como una consecuencia del surgimiento de la actual región subtropical durante el Mioceno (Figura 5).

La distribución de las poblaciones del género estudiados por Landrum (1981) es similar a la de otros grupos de plantas como las que hoy conocemos por *Quillaja* y se relacionaría con el fenómeno de las transgresiones oceánicas (Fergulio 1950; Harrington 1962) y a la elevación de los Andes, que se produjo en el mismo periodo citado.

Esta disyunción de las condiciones ambientales templadas producida durante dicho periodo puede haber separado poblaciones continuas y haber tenido como consecuencia la especiación del género *Myrceugenia* (Landrum 1981), la separación de *Araucaria angustifolia* de *A. araucana* (Stefenon *et al.* 2006) y haber sido, al mismo tiempo, la fuerza que separó a las poblaciones de *Quillaja*, originando a *Q. brasiliensis* y *Q. saponaria* que se habría desplazado al oeste y ocupado la pequeña área en la región central del Chile.

Dado que la distribución de las poblaciones en el pasado constituye parte de la historia natural de las especies, el uso de modelos es una herramienta útil para sugerir la distribución actual con sus movimientos en el pasado (22000 años antes del presente), así como puede verse en la Figura 6.

Basado en los resultados de esta simulación, se observa que 22000 años antes del presente (Figura 6a) no existían las condiciones ambientales apropiadas para la ocurrencia *Quillaja brasiliensis* en el sur de Chile, así, en el pasado reciente las condiciones ambientales no estaban presentes y no podrían relacionarse a un proceso de especiación del género desde un área común. En la actualidad, sin embargo, condiciones favorables están presentes pero no existen registros actuales de las poblaciones naturales para esta especie en esa área. Esta observación muestra que un área común para la diversificación del género y sus dos especies es muy anterior.

Esta observación, asociado con las áreas de distribución naturales actuales de *Q. saponaria* en Chile central (Figura 6b) revelan que las dos especies del único género de la familia Quillajaceae deben haber experimentado el proceso de especiación en zonas templadas durante el Eoceno-Oligoceno (Figura 5a y 5b), entre 55-23 millones de años antes de la separación completa de las áreas templada con condiciones ambientales favorables para el género. Estas condiciones, cálidas y templadas, ahora separadas, migraran, siguiendo la área al este más hacia el norte y quedando la área al oeste aproximadamente a la misma latitud entre el Mioceno-Plioceno.

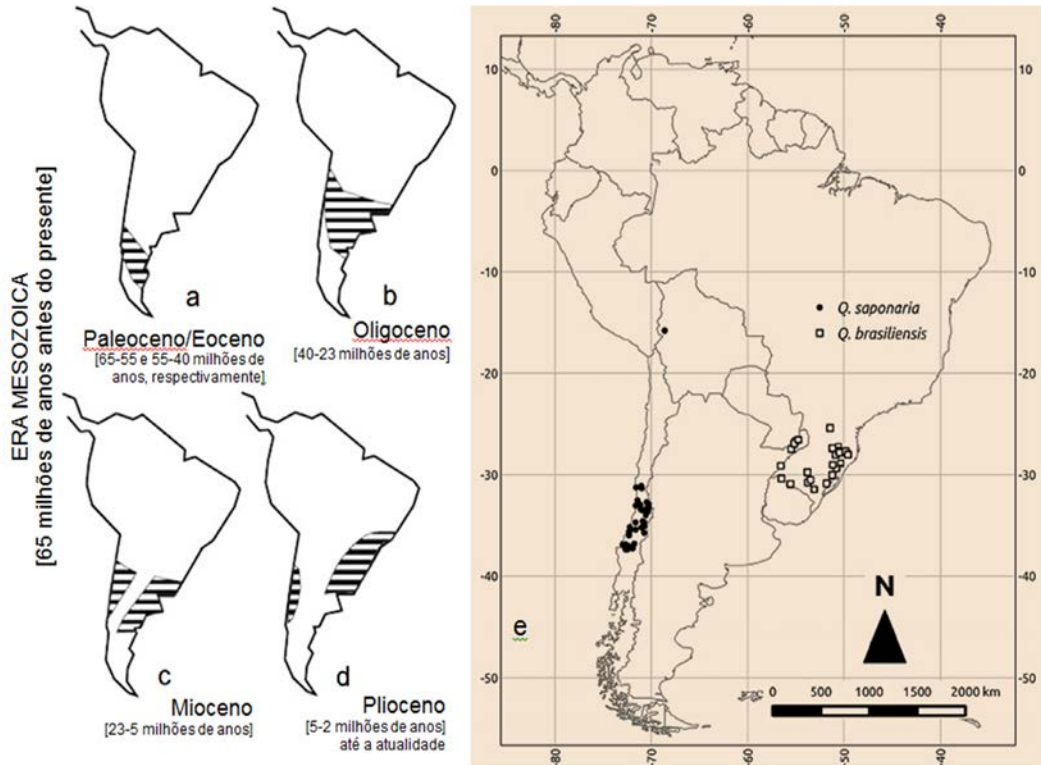


FIGURA 5. Expansión inicial y posterior fragmentación actual de las zonas ocupadas por especies de *Quillaja* y *Myrceugenia* durante el Cenozoico: (a) Paleoceno/Eoceno; (b) Oligoceno; (c) y Mioceno (d) actual, incluyendo el Plioceno, cuando la separación entre los bosques subtropicales han surgido entre Chile central y sur-sureste de Brasil (mapas adaptados de Landrum 1981 y de Moreira-Muñoz, 2011, con las fechas de los períodos de Moreira-Muñoz 2007). (e) La distribución actual de *Quillaja brasiliensis* y *Q. saponaria sugiere* que tendría seguido este patrón de distribución dada por la separación mencionada por Luebert (2013)

La Figura 7 muestra una propuesta para la paleo reconstrucción de la flora chilena y como la disyunción de áreas templadas subtropicales y frías por una región desértica puede explicar la especiación del género *Quillaja* en la América del Sur.

Más tarde, estas poblaciones de *Quillaja* y poblaciones de otras especies templadas sur-americanas migran al norte, mientras se mezclan con una paleo flora Antártica en el Oligoceno. Con el alejamiento de Sudamérica del círculo polar antártico, la diferenciación entre zonas templadas, más frías, y otras más cálidas (Mioceno) pudo haber originado el nivel de aislamiento geográfico necesario para diferenciar las subpoblaciones y originando las especies actualmente conocidas de estos géneros. Durante el Mioceno la separación de América del Sur y de la Antártida, iniciada en Oligoceno, se hace definitiva (Villagrán e Hinojosa 1997).

En el Plioceno, entre 5-2 millones de años, a partir del alzamiento de los Andes, los cambios ambientales hacen que surja una nueva región en América del Sur. Esta área geográfica tiene una naturaleza desértica y debe haber acentuado la diferenciación climática entre las áreas de distribución de *Q. brasiliensis*, hoy en el este del continente, al sur de Brasil y Uruguay, y de *Q. saponaria*, al oeste, en la región central de Chile. Sin embargo, ambas especies, se ubican aproximadamente sobre los paralelos 25° (límite de la distribución al norte de *Q. brasiliensis*) y 38° (límite de la distribución al sur, para *Q. saponaria*) (Guerra 2006, Luebert 2013).

De forma similar a lo que habría ocurrido con el género *Quillaja*, la distribución disyunta de *Myrceugenia* en estos mismos espacios geográficos (Figura 8), que se había iniciado en el Mioceno, 23-5 millones de años, se amplió durante el Plioceno, entre 5-2 millones de años (Landrum 1981).

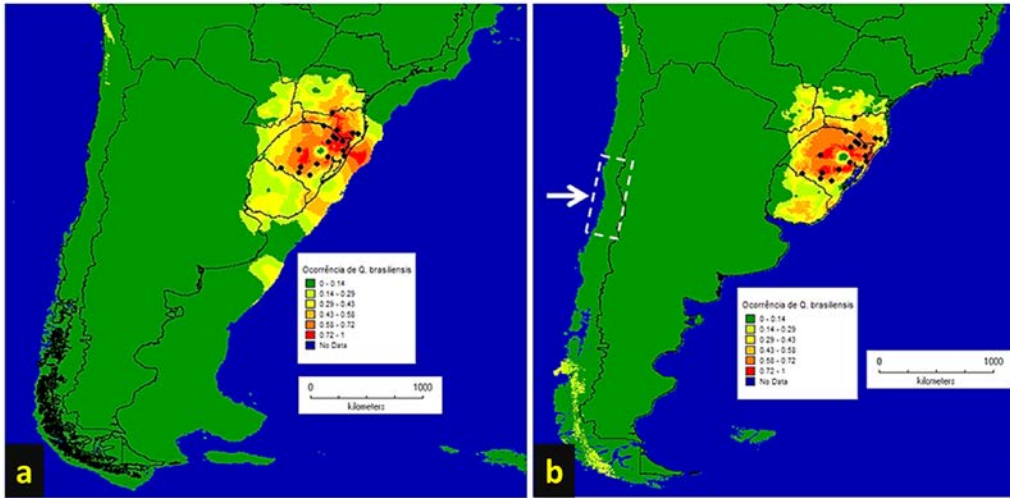


FIGURA 6. (a) Modelo de áreas de distribución de *Quillaja brasiliensis* (St. A.-Hil. & Tul.) Mart en el pasado, 22000 BP. Observar el retroceso del nivel de los océanos Atlántico y Pacífico desde su nivel actual. (b) Área de distribución actual de *Quillaja brasiliensis* (manchas de distribución) y área aproximada de la distribución en *Q. saponaria* en Chile central (flecha y cuadro punteado)

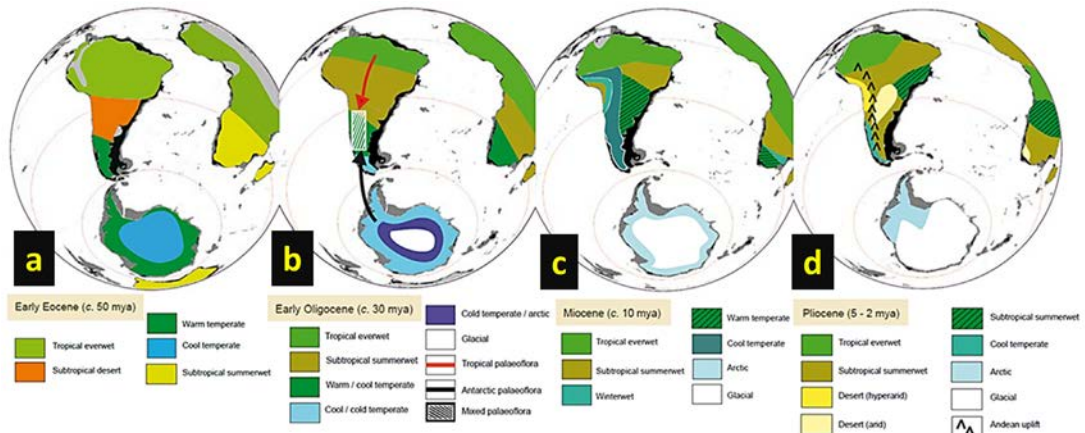


FIGURA 7. Modelo de la evolución de la flora chilena basado en paleo reconstrucción y paleo biomas (adaptado de Moreira-Muñoz 2007)

Durante este lapso, además del género *Myrceugenia*, *Q. saponaria* y *Q. brasiliensis*, muchos otros grupos de especies de clima templado (Venzke 2017) como ya demostrado con *Araucaria* (Stefenon et al. 2006) empezaron a colonizar ambientes distintos.

La discusión sobre el proceso de especiación de *Quillaja* y el análisis de la distribución de *Q. brasiliensis* y *Q. saponaria* que se presenta parte de una interpretación basada en datos de los movimientos y de la distribución de otras poblaciones de especies de clima templado durante el Cenozoico, complementada con un análisis que utiliza un modelo matemático a partir de datos recientes de la distribución geográfica actual de *Q. brasiliensis*, actuales y de 22 mil años antes del presente.

Se concluye, así, que *Q. saponaria* y *Q. brasiliensis* comparten una historia de origen, migraciones y especiación que parece acompañar los cambios físicos, estructurales y climáticos del sur de la América del Sur, ocupando manchas ambientales posibles mientras ocurren estos cambios en el tiempo reciente pasado.



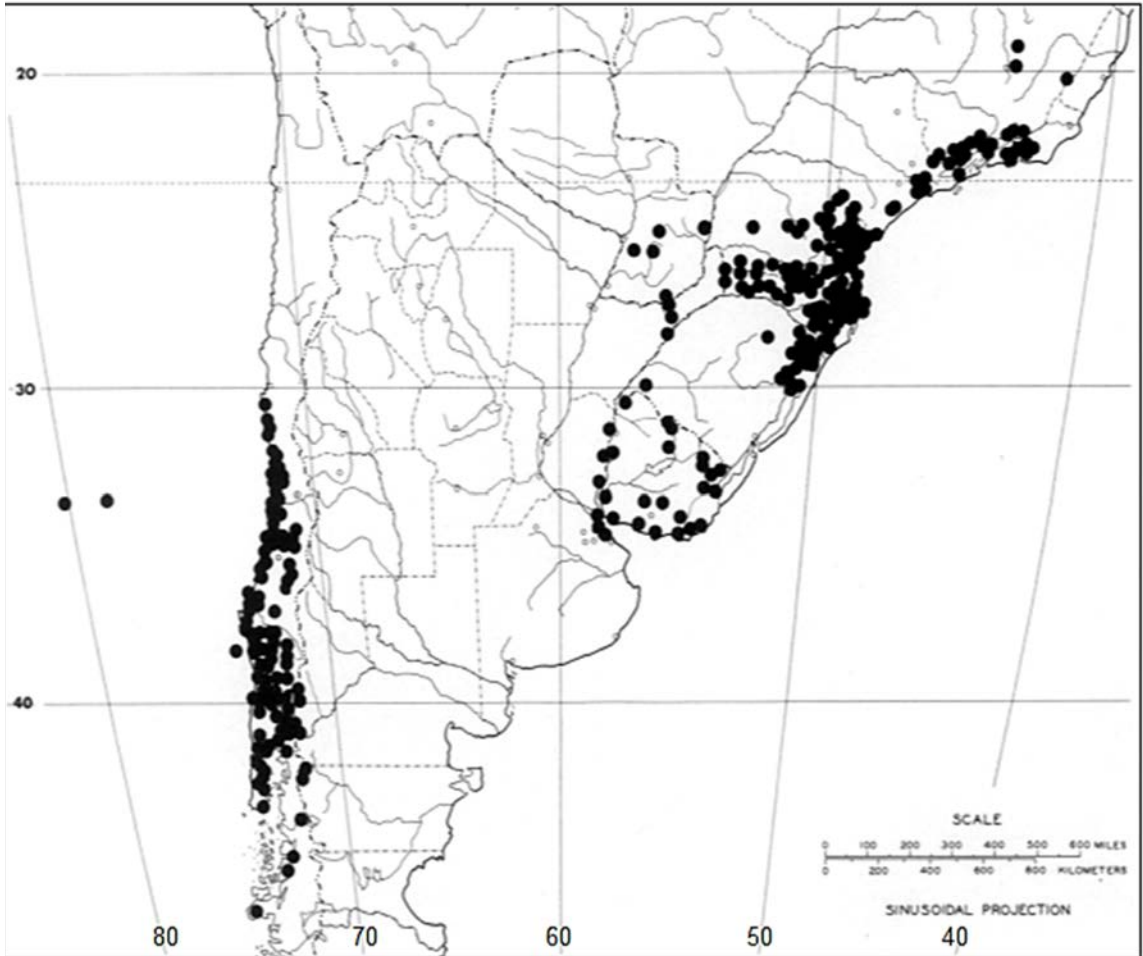


FIGURA 8. Distribución disjunta de *Myrceugenia* en América del Sur (adaptado Landrum 1981)

---

**Localización georreferenciada de las poblaciones utilizadas en estudio**  
POBLACIÓN, ESPECIE, LATITUD, LONGITUD

---

1. *Quillaja brasiliensis*, -29.95401, -51.68460
2. *Quillaja brasiliensis*, -30.56142, -52.56395
3. *Quillaja brasiliensis*, -28.78767, -51.62541
4. *Quillaja brasiliensis*, -28.29982, -51.20026
5. *Quillaja brasiliensis*, -28.68366, -50.40926
6. *Quillaja brasiliensis*, -28.12875, -49.13244
7. *Quillaja brasiliensis*, -27.77923, -50.87592
8. *Quillaja brasiliensis*, -31.27049, -54.03754
9. *Quillaja brasiliensis*, -30.81640, -53.89628
10. *Quillaja brasiliensis*, -30.86500, -55.52089
11. *Quillaja brasiliensis*, -27.50198, -51.95364
12. *Quillaja brasiliensis*, -29.88217, -50.28720
13. *Quillaja brasiliensis*, -31.46132, -53.11767
14. *Quillaja brasiliensis*, -26.39832, -51.27640
15. *Quillaja brasiliensis*, -29.44008, -50.40210
16. *Quillaja brasiliensis*, -28.03236, -49.61701
17. *Quillaja brasiliensis*, -28.47961, -50.98145
18. *Quillaja brasiliensis*, -30.28031, -51.30757
19. *Quillaja brasiliensis*, -27.85088, -50.31900
20. *Quillaja brasiliensis*, -29.42866, -54.06772

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. R., L.F. WATZLAWICK, E. MYSZKA y A.F. VALERIO BERGAMIN, R.S. y C.A. MONDIN  
2006 Composição florística e relações fitogeográficas do componente arbóreo de um fragmento florestal no município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas, Botânica São Leopoldo, Instituto Anchieta de Pesquisas*, 57: 217-230.
- CANTOS, A.A.  
2013 Metodologia para condução do teste de germinação e produção de mudas em diferentes substratos de *Quillaja brasiliensis* (A.St.-Hil. & Tul.) Mart. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 53 páginas.
- CARVALHO, P.E.R.  
1994 Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA-SPI. 640 p.
- COSTA, D.B., M.M. ARAUJO, D.G. RORATO, L. CHAMI y S.C. AIMI  
2016 Fitossociologia e autoecologia subsidiando a restauração de mata ciliar, em região de transição campo floresta. *Revista Monografias Ambientais*, v. 15, p. 117-131.
- FÁVERO, A.A. y S.J. LONGHI  
2015 Florística e contingente fitogeográfico da vegetação arbórea do Morro do Botucarái, Rio Grande do Sul, Brasil. *Balduinia*, n. 48, p. 01-22.
- FERGULIO, E.  
1950 Descripción geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires. p. [283]-331.
- GUERRA, A.G.N.  
2006 Estado de desarrollo *ex-situ* de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), Keule (*Gomortega keule* (Mol.) Baillon) y Belloto del sur (*Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm.) en Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 77 p.
- HARRINGTON, H.J.  
1962 Paleogeographic development of South America. *AAPG Bulletin* (American Association of Petroleum Geologists). 46: 1773-1814. 119 p.
- HERRERA, F.L.  
1921 Contribución a la flora del departamento del Cuzco. 2nd edition. – El Trabajo, Cuzco. 119 p
- HIGUCHI, P., A.C.D. SILVA, T.S. FERREIRA, S.T.D. SOUZA, J.P. GOMES, K.M.D. SILVA y K.F.D. SANTOS  
2012 Floristic composition and phytogeography of the tree component of Araucaria Forest fragments in southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 35 (2), 145-157.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BRASIL.  
2017 Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal>>, acesso em 06 de fevereiro de 2017.
- KNOB, A.  
1978 Levantamento fitossociológico da formação mata do Morro do Coco, Viamão, RS, Brasil. *Iheringia: Série Botânica, Porto Alegre*, v. 23, p. 65-108.
- LANDRUM, L.R.  
1981 A monograph of the genus *Myrceugenia* (Myrtaceae). *Flora Neotropica*, 29: 1-135.
- LEYSER, G., E.M. ZANIN, J.C. BUDKE, M.A. MÉLO y C. HENKE-OLIVEIRA  
2012 Regeneração de espécies arbóreas e relações com componente adulto em uma floresta estacional no vale do rio Uruguai, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1): 74-83.
- LUEBERT, F.  
2013 Taxonomy and distribution of the genus *Quillaja* Molina (Quillajaceae). *Feddes Repertorium* 124: 157–162.
- MARCHIORI, J.N.C., T.S. CANTO-DOROW, H.M. BÜNEKER, L. ESSI, T.B. BREIER y R.C. PONTES  
2014 Campos e florestas no curso médio do rio Toropi, Rio Grande do Sul (Brasil). Retrato de um admirável patrimônio ameaçado. *Balduinia*, 45: 01-16.
- MAUHS, J. y A. BACKES,  
2002 Estrutura fitossociológica e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposta a Perturbações Antrópicas. *Botânica*, 52: 89-109.
- MOREIRA MUÑOZ, A.  
2007 Plant geography of Chile: an essay on postmodern biogeography. PhD dissertation – Uni Erlangen-Nürnberg.

MOREIRA-MUÑOZ, A.

2011 Plant Geography of Chile. London, New York: Springer. Plant and Vegetation, Volume 5, Series editor. M.J.A. Werger, 320 p.

REITZ, R.

1996 Rosáceas. In: Reis, A. (Ed.): Flora Ilustrada Catarinense: 5–135. – Itajaí, Santa Catarina.

SILVA, A.C.; P. HIGUCHI, M.D. AGUIAR, M. NEGRINI, J.F. NETO y A.F. HESS

2012 Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista montana secundária em Lages, Santa Catarina. *Ciência Florestal*, 22(1): 193-206.

SIMÕES, C.O., L.A. MENTZ, E.P. SCHENKEL, B.E. IRGANG y J.R. STEHMANN

1998 Plantas da medicina popular no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) 173 p.

SOARES, L.R. y R.S. FERRER

2009 Estrutura do componente arbóreo em uma área de floresta ribeirinha na Bacia do Rio Piratini, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Biotemas* 22: 47-55.

SOBRAL, M., J.A. JARENKOW, P. BRACK, B. IRGANG, J. LAROCCA y R.S. RODRIGUES

2006 Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. São Carlos, RiMA/Novo Ambiente.

STEFENON, V.M., O. GAILING y R. FINKELDEY

2006 Phylogenetic relationship within genus *Araucaria* (Araucariaceae) assessed by means of AFLP fingerprints. *Silvae Genetica*, v. 55, n. 2, p. 45-51.

TRESSENS, S.G.

1981 Novedades para la flora de la provincia de Corrientes (Argentina). *Bonplandia*, 5: 123–142.

VENZKE, T.S.

2012 Florística de comunidades arbóreas no Município de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, 63(3): 571-578, Sept.

VILLAGRÁN, C. y L.F. HINOJOSA

1997 Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural*. 70(2): 1-267.

ZANELLA, J. y N.J. FERLA

2013 Influência das estruturas na abundância de fitoseideos em plantas de ambiente natural do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Destaques Acadêmicos, CCBS/UNIVATES, VOL. 5, N. 3*

ZULOAGA, F.O., O. MORRONE y M.J. BELGRANO

2008 Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). – *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107, 3 volumes, 3486 p.