



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA A NIVEL FOLIAR
DE CLONES DE *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (maqui)**

MEMORIA DE TITULO

NICOLÁS ANDRÉS BOBADILLA JARA

TALCA, CHILE

2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2022



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA A NIVEL FOLIAR
DE CLONES DE *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (maqui)**

Por

NICOLÁS ANDRÉS BOBADILLA JARA

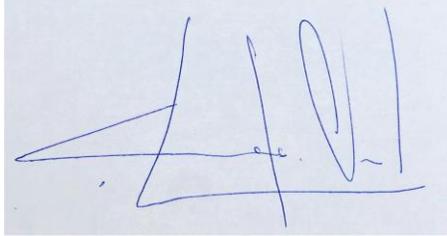
MEMORIA DE TÍTULO

**Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO**

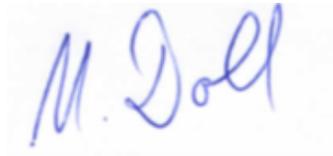
TALCA, CHILE

2022

APROBACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Carrasco Urra', on a light blue background.

Profesor Guía: Biólogo., Dr. Fernando Carrasco Urra.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'U. Doll', on a light blue background.

Profesor Co-guía: Ingeniera Agrónoma, Dr. Úrsula Doll.

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 29 de septiembre de 2022.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Clon como concepto en la agronomía	4
2.2. Beneficios de los berries	4
2.3. Domesticación y cultivo del <i>A. chilensis</i>	5
2.4. Origen y distribución	5
2.5. Selección de clones de <i>Aristotelia chilensis</i>	7
2.5.1. Propagación vegetativa	7
2.6. Importancia de los rasgos morfológicos a nivel foliar y sus implicancias en la agronomía	8
2.7. Importancia de la caracterización morfológica de las especies y clones	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Ubicación del ensayo	9
3.2. Material vegetal	9
3.3. Cuantificación de los rasgos morfológicos cuantitativos y cuantitativos a nivel foliar .	10
3.3.1. Cuantificación de los rasgos cuantitativos	10
3.3.2. Cuantificación de los rasgos cualitativos	12
3.4. Análisis estadísticos	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Rasgos morfológicos cuantitativos foliares de los clones evaluados	14
4.2. Clasificación de rasgos morfológicos foliares cualitativos de los clones de maqui	21
5. CONCLUSIÓN	25
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 2.1 Superficie en ha de maqui por región productiva según fecha del catastro frutícola	6
Cuadro 4.1 Clasificación de los clones de maqui según su forma de ápice, forma de lámina, forma de base y tipo de margen	22
Cuadro 4.2 Collage de fotos de maqui utilizado en este estudio, con su respectiva diferenciación de tipo de forma de ápice, forma de lámina, forma de base y tipo de margen ...	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 2.1 Capacidad de absorción de radicales de oxígeno, valor ORAC en distintas frutas (Programa de Investigación de Productos Forestales no Madereros, 2012)6

Figura 3.1 Localización del Centro Experimental Panguilemo, Talca. (Google Earth, 2022)9

Figura 3.2 Rasgos cuantitativos medidos y registrados (Elaboración propia, 2022)11

Figura 3.3 Rasgos cualitativos sugeridos en el artículo científico “Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves” (Hickey, 1973)13

Figura 4.1 Área foliar de los clones de maqui evaluados14

Figura 4.2 Perímetro foliar de los clones evaluados15

Figura 4.3 Relación largo de la hoja/ancho de la hoja de los clones evaluados16

Figura 4.4 Distancia de venas de segundo orden de los clones evaluados17

Figura 4.5 Número de lóbulos de los clones en estudio18

Figura 4.6 Distancia entre lóbulos de los clones en estudio19

Figura 4.7 Distancia entre sinuosidades de los clones en estudio20

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiere agradecerles a mis padres, por ser el eslabón que va siempre unido a mí y que me permite cumplir todas mis metas, por brindarme su apoyo cuando más lo necesité. A mis hermanos por ser parte fundamental en mi proceso formativo y por ser incondicionales en muchos aspectos de mi vida, por estar al lado de cada paso al que doy. Agradecerles también a mis tíos Angelica, Irma y Manuel por creer en mí y en mi potencial, también por estar presentes en los momentos más críticos de mi vida. A mis primos Vanina y Cristóbal por permitirme ser parte de su vida y aprender junto a ellos muchas cosas que he puesto en práctica en vida personal.

Agradecer por otro lado a mi profesor Guía Fernando Carrasco, partiendo que sin su apoyo en primera instancia nada de esto se hubiese logrado, gracias por aceptar el desafío de ser mi mentor en el cierre de esta etapa y muchas gracias por cada consejo que me brindo, el cual fue y será valioso por el resto de mi vida. Gracias también a la profesora Úrsula Doll, por confiar y creer en que todo iba a resultar bien y sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible. Agradecer también a la profesora Benita González, que ha permitido la ejecución de muchas memorias y esta no fue la excepción, todo esto se pudo realizar gracias a la facilitación de su material y su gran disposición a la hora de necesitar de su ayuda. Quiero mostrar mi gratitud hacia Mary, debido a que siempre tuvo muy buena actitud y empatía a la hora de resolver mis problemas. De igual forma a la Directora Gabriela Cofré.

Por otra parte, agradecerles a mis amigos de la vida, Camila, Javiera, Antonia, Anita, Coté, Cristian M., Cristian L., Juan Luis, Javier, Martin, Piero, Álvaro y Jona. Por ser, por estar siempre y por no dejarme decaer en los momentos más difíciles que se vivieron en esta memoria y en la vida en general. Agradecer también a mi amiga Camila M., gracias por estar en todas, por llegar a ser un apoyo fundamental dentro y fuera del proceso académico. Y finalmente a todos quienes formaron parte de mi vida académica e hicieron más amena mi formación en la Universidad.

RESUMEN

Aristotelia chilensis es un árbol perenne y dioico perteneciente a la familia Elaeocarpaceae. Latitudinamente en Chile es posible encontrarlo desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Aysen, e incluso en el Archipiélago Juan Fernández donde es considerado maleza. El fruto de maqui es conocido por sus propiedades antioxidantes y uno de los más saludables que puede proveer la naturaleza. Debido a su alto valor comercial, el maqui ha sido cosechado de manera natural depredando sus ramas y limitando la regeneración de las poblaciones naturales de esta especie. Esto ha motivado a la domesticación de la especie por parte de la Universidad de Talca y Fundación Chile a través de una mirada más sustentable y de preservación con un enfoque de un modelo de producción intensiva. En ese sentido, se caracterizaron 11 clones de maqui de 7 años de edad, a través de rasgos cuantitativos y cualitativos en base a su morfología foliar, establecidos en el Centro Experimental Panguilemo. Los clones se evaluaron y se ordenaron a través de su interés comercial, interés reproductivo (llamados polinizantes) y su interés en potenciales estudios futuros. Se encontraron diferencias significativas entre pares (test Mann-Whitney valor $p \leq 0,05$) de clones con respecto a su área foliar entre los clones Pudú-Huiña y Pudú 506, perímetro de la hoja entre Pudú-Huiña y Pudú-506, relación largo de la hoja/ancho de la hoja entre Huiña-Vicuña, Luna Nueva-506 y Huiña-506, distancia entre venas de segundo orden entre Luna Nueva-506, número de “lóbulos” entre 506-319 y 506-Vicuña, distancia de “lóbulos” en el borde de la hoja entre Pudú-Hiña y Pudú-Vicuña y distancia entre las sinuosidades de los lóbulos entre los clones entre Pudú-Huiña y Pudú-Vicuña. Estos rasgos sirven para buscar diferencias morfológicas a nivel foliar entre los genotipos y poder caracterizarlos. En relación a los rasgos cualitativos, la diferenciación más evidente se dio al medir la forma de la base o el tipo de margen, puesto que la forma del ápice y lámina se relaciona básicamente a los rasgos propios de la especie.

Palabras claves: *Aristotelia chilensis*, clones, morfología foliar, caracterización, rasgos cuantitativos, rasgos cualitativos.

ABSTRACT

Aristotelia chilensis is a perennial and dioecious tree belonging to the Elaeocarpaceae family. Latitudinally in Chile it can be found from the Coquimbo Region to the Aysen Region, and even in the Juan Fernandez Archipelago where it is considered a bush. The maqui fruit is known for its antioxidant properties and is one of the healthiest fruits that nature can provide. Due to its high commercial value, maqui has been harvested in a natural way, depleting its branches and limiting the regeneration of the natural populations of this species. This has motivated the domestication of the species by the University of Talca and Fundación Chile through a more sustainable and preserving approach with an intensive production model. Eleven 7-year-old maqui clones were characterized through quantitative and qualitative traits based on their leaf morphology, established at the Panguilemo Experimental Center. Clones were evaluated and ranked according to their commercial interest, reproductive interest (called pollinators) and interest in potential future studies. Significant differences were found between pairs (Mann-Whitney test value $p \leq 0.05$) of clones with respect to their leaf area between clones Pudú-Huiña and Pudú 506, leaf perimeter between Pudú-Huiña and Pudú-506, leaf length/leaf width ratio between Huiña-Vicuña, Luna Nueva-506 and Huiña-506, distance between second order veins between Luna Nueva-506, number of "lobes" between 506-319 and 506-Vicuña, distance of "lobes" at leaf edge between Pudú-Huiña and Pudú-Vicuña and distance among lobe sinuosities between clones of Pudú-Huiña and Pudú-Vicuña. These traits are used to look for morphological differences at the leaf level between genotypes and to characterize them. In relation to qualitative traits, the most evident differentiation occurred when measuring the shape of the base or the type of margin, since the shape of the apex and lamina is basically related to the traits of the specie.

Key Words: *Aristotelia chilensis*, clones, leaf morphology, characterization, quantitative traits, qualitative traits.

1. INTRODUCCIÓN

Los clones tienen una relevancia importante en la agricultura moderna, ya que las diferentes subdisciplinas que la integran, apuntan a preservar los mejores caracteres vegetativos y reproductivos de las plantas “madres”, con el objetivo de potenciar el rendimiento y/o uniformidad de una plantación (Martins, 2010), como también evitar la recombinación genética (Trippi, 2007) teniendo mejores resultados en las plantas de interés agronómico.

La clonación en plantas es una técnica de alta complejidad, lo que ha traído como consecuencia un déficit de material genérico para satisfacer la demanda requerida de países como Estados Unidos o Corea del Sur, que en el periodo 2012 a 2019 ocupan cerca del 69% de participación en la importación de maqui (CONAF, 2021). Otra complejidad que presenta la clonación es la lentitud a la hora de reproducir clones, lo cual desencadena un escenario complejo para la participación de entes privados o viveros emergentes que pretenden propagar híbridos de este tipo (Redagráfica, 2020).

Si bien, la zona central de Chile se caracteriza por el desarrollo de cultivos de especies foráneas [por ejemplo *Persea* sp.(palto), *Vitis* sp. (uva), *Triticum* sp. (trigo), entre otros], en los últimos años se ha puesto el foco en especies nativas. De hecho, el potencial económico de especies nativas que producen bayas con un alto contenido de antioxidantes que son promotoras de la salud y fuentes relevantes de sustancias bioactivas, ha originado importantes estudios en las últimas décadas (Schmeda-Hirschmann *et al.*, 2019). Un ejemplo de lo anterior, es la especie *Aristotelia chilensis* (Molina) Stunz (conocida comúnmente como maqui o clon) la cual es considerada un árbol frutal nativo de Chile y Argentina, con un potencial agronómico relevante ya que produce bayas de interés comercial.

En Chile, *A. chilensis* posee una distribución latitudinal natural entre la Región de Coquimbo hasta la Región de Aysén (Vogel *et al.*, 2008), e incluso es posible encontrarlo en el Archipiélago Juan Fernández (Rodríguez, 1995). En los últimos años, los frutos de esta especie son considerados como uno de los berries más saludables que puede proveer la naturaleza (Genskowsky *et al.*, 2015). Además, estos frutos son un interesante recurso para la elaboración de extractos alimenticios y nutracéuticos (Alonso, 2012; Brauch *et al.*, 2016), debido a su alto contenido de antioxidantes (polifenoles, taninos y antocianinas) y fibra dietética, que superan en cantidad al de otros berries nativos como el michay o el calafate (Céspedes *et al.*, 2008).

Hace más de 10 años, el Centro de Plantas Nativas (CENATIV) de la Universidad de Talca lleva desarrollando y seleccionando cultivares para el desarrollo productivo de esta especie. En la

actualidad, el CENATIV sigue desarrollando y caracterizando clones para cumplir con los requerimientos productivos, en específico con nuevos clones que permitan a esta especie transformarse en una especie nativa con un alto valor agronómico a nivel regional y nacional.

Dependiendo de la escala ecológica que se quiera evaluar, hay diferentes rasgos o atributos en las plantas que nos permiten identificar los organismos vegetales a diferentes niveles jerárquicos taxonómicos y/o agronómicos. A nivel de planta o individuo, hay rasgos vegetativos y/o reproductivos que permiten caracterizar a especies, cultivares, clones, entre otros. A mencionar, la hoja y sus diferentes partes, es capaz de suministrar un conjunto de caracteres numerosos y variados comparados con otros órganos vegetativos (Hickey & Wolfe, 1975). No obstante, se debe considerar que para realizar este tipo de caracterización asociados a rasgos vegetativos, es importante controlar factores ambientales que disminuyan la variación de éstos debido a que podría existir un sesgo y variación a la hora de medir y analizarlos.

En este contexto se plantean la hipótesis y los objetivos de la presente tesis de pregrado:

1.1. Hipótesis:

Es posible caracterizar diferentes clones de *A. chilensis* en base a rasgos cualitativos y cuantitativos a nivel foliar.

1.2. Objetivo General:

Determinar rasgos morfológicos cualitativos y cuantitativos a nivel foliar de los diferentes clones de *Aristotelia chilensis* (maqui) para su caracterización.

1.3. Objetivos específicos:

1. Caracterizar los clones utilizando rasgos cuantitativos a nivel de morfología foliar.
2. Caracterizar los clones utilizando rasgos cualitativos a nivel de morfología foliar.
3. Determinar los rasgos a nivel de morfología foliar más relevantes en la caracterización de los clones evaluados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Clon como concepto en la Agronomía

En la agronomía se puede definir un clon como una población de plantas obtenida por multiplicación vegetativa a partir de un solo individuo (Trippi, 2007). Esta práctica de propagación de plantas es antigua y permanece hasta la actualidad, buscando preservar caracteres de las plantas madre desde un punto de vista agronómico potenciando así variedades nativas de alto valor comercial. De esta manera, se busca como resultado la preservación intacta de los determinantes genéticos de interés (Trippi, 2007), los cuales no estarán sujetos a la recombinación de caracteres por medio de la reproducción sexual de una especie determinada.

Dentro de las diferentes técnicas de clonación en plantas podemos mencionar la propagación por estacas, a través de injertos, propagación *in vitro*, entre otros. Para producir portainjertos de buena calidad, por ejemplo, en la elección de un clon determinado, se debe considerar el rendimiento potencial y la uniformidad de la plantación de árboles. Además, se debe mantener el cuidado de los factores micrometeorológicos, los tratamientos del cultivo, la fertilización y espaciamiento, entre otros elementos. Éstos influirán en la formación de portainjertos en la calidad final de las plántulas (Martins, 2010), que permitan un mejor desempeño potencial de una especie determinada con interés agronómico.

2.2. Beneficios de los berries

Los berries se definen como un fruto que se caracteriza por sus colores en la gama de los rojos, morados y azules y de pequeño tamaño que en su mayoría poseen pequeñas semillas (Cabello, 2003). La literatura científica, ha mostrado que para el ser humano el consumo regular de berries, trae consigo beneficios para la salud. De hecho, dichos frutos reducen el riesgo de desarrollo y/o progresión de varias enfermedades crónicas, incluyendo las cardiovasculares, las neurodegenerativas y ciertas formas de cáncer (Neto, 2007; Seeram, 2008; Basu *et al.*, 2010). Estas características de los berries asociadas a los beneficios para la salud del ser humano, están relacionados mayormente a los altos niveles de polifenoles así como a interacciones sinérgicas entre dichos compuestos y otros fitoquímicos presentes en los mismos frutos. Actualmente, en Chile existen berries nativos de interés agronómico, entre los que se destacan: la murtilla, el calafate, el michay y el maqui entre otros.

2.3. Domesticación y cultivo de *A. chilensis*

En lo que respecta a la domesticación de *A. chilensis* y su uso agronómico como especie frutal, a partir del año 2007, la Universidad de Talca en conjunto con la Fundación Chile comenzó la selección de genotipos a lo largo de su distribución natural, basándose en características productivas de plantas silvestres y características químicas de sus frutos (Vogel *et al.*, 2016; Fundación Chile, 2012). Desde un punto de vista productivo, se determinó que la mejor época para realizar la plantación de maqui es durante otoño-invierno, debido a que la planta se encuentra en receso vegetativo, lo que permite desarrollar el sistema radical en el sitio de plantación previo al crecimiento vegetativo de primavera. La distancia de plantación para el cultivo de hojas es de 0,5 m sobre hilera y 1,5 m entre hileras. Si se pretende producir una mayor cantidad de frutos, se debe aumentar a 2 m sobre hilera y 2 m entre hilera (Vogel *et al.*, 2005).

La cosecha tradicional en poblaciones silvestres se realiza cortando las ramas productivas que contiene las yemas ya inducidas para la próxima temporada. Esta práctica amenaza la producción de frutos de la próxima temporada (Vogel *et al.*, 2014), como también repercute en la regeneración de las poblaciones naturales de esta especie. Lo anterior, da mayores sustentos de buscar genotipos que tengan características determinadas para la producción agronómica, aminorando los impactos negativos en la distribución natural del maqui.

2.4. Origen y distribución

Aristotelia chilensis es un árbol perenne y dioico, que se comporta como tropófito facultativo aportando materia orgánica al suelo (Ramírez *et al.*, 1975). Tiene una importancia cultural para el pueblo Mapuche, siendo considerada una de las plantas sagradas y símbolo de buena voluntad e intención pacífica (De Mösbach, 1992). Además, se desarrolla en una amplia variedad de suelos y que, por lo tanto, si bien abunda en suelos húmedos y ricos en materia orgánica, también es capaz de desarrollarse en suelos secos y degradados, como también en una gran variedad de climas (Cuadro 2.1) (Donoso 1974; Donoso 2006).

Es nativo de Chile y Argentina. En el territorio nacional es posible encontrarlo desde la Región de Coquimbo hasta la región de Aysen (Vogel *et al.*, 2008). Según Rodríguez (1995), incluso es posible encontrarlo en el Archipiélago Juan Fernández, donde es considerado maleza. Es un árbol perenne y dioico, perteneciente a la familia Elaeocarpaceae (Vogel *et al.*, 2005), que se comporta como tropófito facultativo aportando materia orgánica al suelo. Su periodo de floración va entre principios de octubre y principios de noviembre, mientras que su periodo de fructificación ocurre durante diciembre y enero. El fruto de *A. chilensis* es una baya redonda comestible de unos 5 mm de diámetro, de pulpa dulce en cuyo interior hay dos a cuatro semillas angulosas de 5 mm aproximadamente (Hoffmann, 1997; Oyanedel, 2002). Sus hojas son simples, péndulas y

grandes (13 cm de largo por 3 a 7 cm de ancho), de forma oval-lanceolada, textura coriácea, color verde brillante en la cara adaxial y más clara en la cara abaxial, con nervadura marcada y un pecíolo largo y rojizo (Olate, 2008).

Cuadro 2.1. Superficie en hectárea cultivada de maqui por región productiva según fecha del catastro frutícola

Región	O'Higgins	Maule	Ñuble	La Araucanía	Los Lagos
Año catastro	2021	2019	2019	2019	2019
Superficie	0,60	4,15	2,92	4,51	9,04

Fuente: ODEPA, 2021.

La gran capacidad de *A. chilensis* para aclimatarse y adaptarse a distintos ambientes, implica la capacidad de desarrollar un poderoso mecanismo antioxidante o tolerancia frente a condiciones ambientales estresantes (Vergara *et al.*, 2019).

El fruto de maqui es conocido por sus propiedades antioxidantes, mayores a las de otros frutales (Figura 2.1) (Fundación Chile, 2012). Ha sido recolectado tradicionalmente desde sus poblaciones silvestres, por lo que se inició el proceso de su domesticación con el fin de proveer a futuro en forma sustentable materia prima de calidad (Vogel *et al.*, 2016). Los importantes beneficios para la salud han desencadenado en los últimos años una creciente demanda de su fruto, provenientes en su mayoría de poblaciones silvestres.

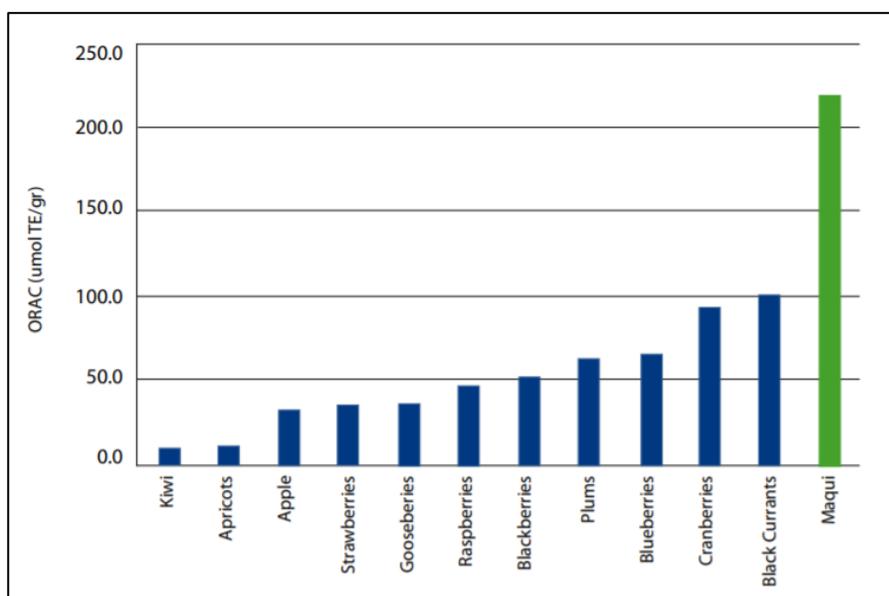


Figura 2.1. Capacidad de absorción de radicales de oxígeno, valor ORAC en distintas frutas (Programa de Investigación de Productos Forestales no Madereros, 2012).

En la actualidad, el negocio de los berries nativos se sustenta en un abastecimiento que proviene de la colecta silvestre, que a lo largo del tiempo, a la larga no será sustentable debido a las malas prácticas antropogénicas de cosecha en las cuales se daña el árbol y a la baja calidad del material cosechado. Lo anterior, hace que la colecta de maqui silvestre no sea sostenible en tres aspectos: económico, ambiental y social (CONAF, 2020), lo cual sustenta la búsqueda, identificación, caracterización y manejo de genotipos destacados de esta especie en particular. Además, se suma que el valor ecológico que poseen los berries nativos, hacen que sea necesario y deseable un proceso de transición desde el sistema de colecta y recolección clásica de productos forestales no madereros, a un nuevo modelo de producción intensiva (CONAF, 2020). La domesticación del maqui permitiría enfrentar estos desafíos de conservación, teniendo como fin la detención de la sobreexplotación y destrucción de este recurso forestal nativo, y a su vez, el incremento de la rentabilidad a través de una mejora en la materia prima, logrando una calidad estandarizada y una mejor productividad.

2.5. Selección de clones de *Aristotelia chilensis*

A. chilensis posee un fruto beneficioso por su alto contenido de antioxidantes y polifenoles (Miranda-Rottmann *et al.*, 2002). Debido a lo anterior, se han estado seleccionado genotipos altamente productivos propagándolos vegetativamente. Vogel *et al.*, (2016) mencionan que el clon Luna Nueva es un arbusto pequeño, compacto con carga de frutos temprana y muy alta. Sus bayas tienen un alto contenido en polifenoles. Están bien adheridos y no se caen al madurar. Por su parte, el clon 'Morena' es una planta relativamente vigorosa con un alto número de bayas por inflorescencia y una gran zona productora de frutos en las ramas. La fruta se desprende fácilmente. El clon Perla Negra es un arbusto compacto, poco tolerante al estrés hídrico, pero bien adaptado al clima del sur de Chile, donde las plantas inician su abundante producción durante los 3^{ra} temporada de crecimiento. Su fruto es grande y tiene una alta concentración de polifenoles y antocianinas. En la actualidad, existen clones como Huiña, Pudú y Vicuña, los cuales son variedades polinizantes que se utilizan para llevar a cabo procesos de hibridación de los distintos clones hembras.

2.5.1. Propagación vegetativa

El maqui responde positivamente a la propagación vegetativa, incluso, es posible llegar al 100% de enraizamiento al usar estacas que provengan de tocones y sobre un sustrato de arena

(Doll *et al.*, 1999). Es importante destacar que el uso de ácido indol butírico (AIB), ha traído resultados bastante prometedores en cuanto al proceso de enraizamiento. De hecho, se ha llegado a un 90% de enraizamiento al aplicar AIB en concentraciones cercanas a 2000 ppm, sin encontrar diferencias con los tratamientos testigos (Bonometti, 2000).

2.6. La importancia de los rasgos morfológicos a nivel foliar y sus implicancias en la agronomía.

Los rasgos morfológicos de las plantas son características observables a nivel del individuo. Un rasgo observable por esencia es la hoja, la cual se define como un órgano de la planta que crece en los tallos o en las ramas, la componen el limbo, la vaina, el peciolo, las venas, el haz, el envés, la base y el ápice. Los rasgos morfológicos de las hojas, como el color, la forma, la orientación y el grado de disección marginal de las hojas, a menudo se tratan como caracteres diagnósticos y tienen un largo historial de uso para la identificación de especies (Cope *et al.*, 2012 ; Foster & Gifford, 1989). Esto sirve de mucha ayuda a la hora de poder caracterizar individuos de una misma variedad.

2.7. Importancia de la caracterización morfológica de las especies y clones

La caracterización morfológica de las hojas puede resultar de gran valor debido a que es un carácter conservado, fácil de apreciar y medir. Esto se reafirma según lo mencionado por Hickey & Wolfe (1975), debido a que las hojas proporcionan un conjunto de caracteres mucho más abundante y variado que otros órganos vegetativos.

Varios estudios de caracterización de clones se han basado en los frutos de las especies (Hickey & Wolfe, 1975), que si bien son bastante decisivos, no consideran análisis morfológicos a nivel foliar. De hecho, estos pueden entregar características de genotipos en base a su ambiente, el comportamiento ante factores bióticos o abióticos y muchas veces son rasgos que explican la funcionalidad de la planta.

La morfología a nivel foliar es capaz de suministrar un conjunto de caracteres numerosos y variados que otras estructuras vegetativas que siempre son utilizados como objeto de estudio. Los distintos rasgos a nivel de hoja tanto cuantitativos y cualitativos, contribuyen a una diferenciación de híbridos, clones o genotipos, lo que nos permitiría una caracterización e identificación de potenciales clones para el desarrollo de cultivos de interés agronómico.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El estudio se llevó a cabo en un ensayo ubicado en la Estación Experimental Panguilemo, perteneciente a la Universidad de Talca (Figura 3.1). Este predio cuenta con 128 hectáreas y se encuentra situado en la Región del Maule, en el kilómetro 245 ruta 5 sur. El suelo en los cuales se desarrolló dicho ensayo corresponde a la serie de suelo TALCA, caracterizado por su carácter sedimentario, moderadamente profundo, formado entre sedimentos aluviales y fluvio-glaciares a partir de los principales ríos de la zona, como lo son el Mataquito, Claro y Maule (CORFO, 1964). Presenta textura franca a franco arcillosa en superficie y arcillosa en profundidad, buen drenaje, permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial lento (Rojas, 2005).

La Región del Maule se caracteriza por poseer un clima templado de tipo mediterráneo, con variaciones en la duración de la estación seca en el gradiente latitudinal de esta. La temperatura media oscila entre los 19° C con extremas de 30 °C (que se alcanzan en verano), durante el invierno se pueden registrar temperaturas medias mínimas que oscilan en los 7° C.



Figura 3.1. Localización del Centro Experimental Panguilemo, Talca. (Google Earth, 2022)

3.2. Material vegetal

El estudio consideró la caracterización de 11 clones de maqui de 7 años establecidos en el Centro Experimental Panguilemo. Los clones se evaluaron y se ordenaron a través de su interés

comercial, interés reproductivo (llamados polinizantes) y su interés en potenciales estudios futuros.

De cada planta se extrajeron hojas del tercio medio de la copa, en el tercio medio de la ramilla seleccionada, con el fin de tener una hoja expandida, suficientemente madura para que logre llegar al tamaño normal y característico del clon. Se cosecharon 8 a 10 hojas de 2 plantas distintas de cada clon para su posterior análisis.

3.3. Cuantificación de los rasgos morfológicos cuantitativos y cuantitativos a nivel foliar

Para cada clon se seleccionaron 8 hojas, las cuales fueron prensadas, secadas y adheridas en hojas blancas tamaño carta (216 x 279 mm) en una cantidad de 4 a 6 hojas por planta, para su posterior escaneo, cuantificación y caracterización de los clones evaluados.

3.3.1. Cuantificación de los rasgos cuantitativos

Se evaluaron 7 rasgos en los 11 clones considerados en la presente tesis de pregrado (área foliar, perímetro de la hoja, relación largo de la hoja/ancho de la hoja, distancia entre venas de segundo orden, número y distancia de "lóbulos" en el borde de la hoja y distancia entre las sinuosidades de los lóbulos).

Para la evaluación cuantitativa de los rasgos morfológicos de la hoja se consideraron: el área foliar (cm²), perímetro de la hoja (cm), relación largo de la hoja/ancho de la hoja, distancia entre venas de segundo orden (cm), número y distancia de "lóbulos" en el borde de la hoja y distancia entre las sinuosidades de los lóbulos (cm). A continuación, se representan gráficamente en la Figura 3.1., y se describen cada uno de los rasgos evaluados y la forma en la cual se cuantificaron:

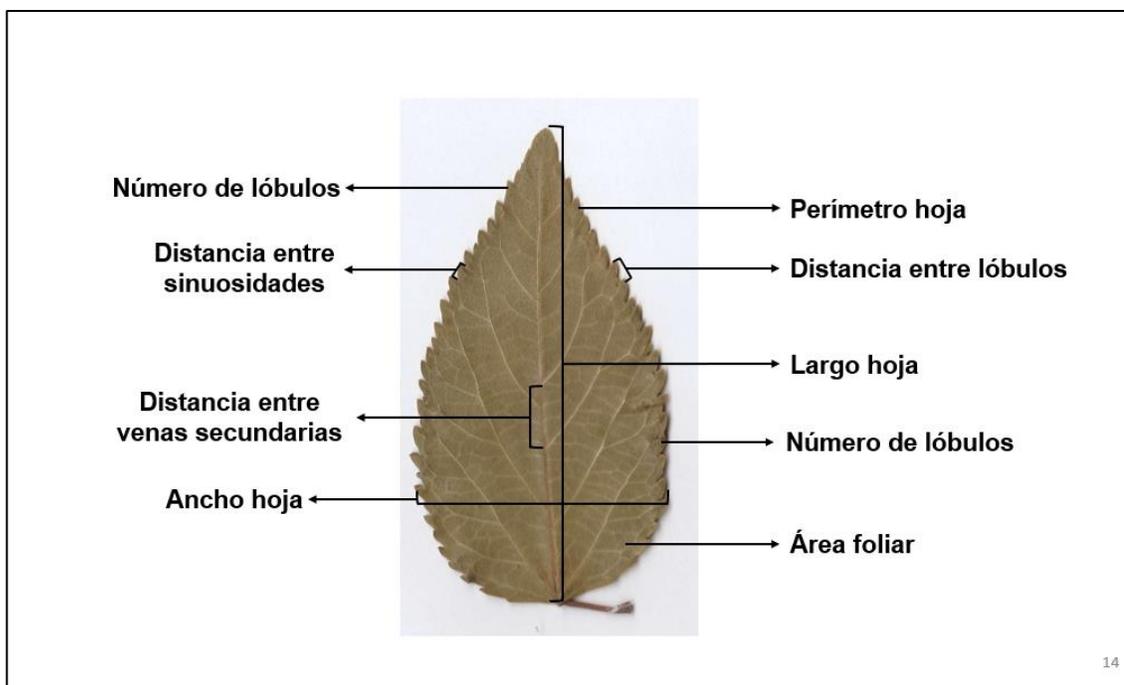


Figura 3.2. Rasgos cuantitativos medidos y registrados (Elaboración propia, 2022)

1.- **Área foliar.** Se define como la superficie de la hoja que es capaz de captar energía lumínica medida por todo el interior de la hoja, desde la lámina hacia el interior. Se cuantificó escaneando las hojas de cada clon con un scanner Cannon g2100, para lo cual se calibró a una escala de referencia (1 cm). Posteriormente, la imagen escaneada fue evaluada utilizando el programa ImageJ, transformándola a escala de grises (menor error del área) y finalmente se seleccionó el área contrastada, obteniendo el área foliar (cm²). Se incluyó el peciolo de la hoja en esta cuantificación en todas las hojas evaluadas.

2.- **Perímetro foliar.** El perímetro se define como la longitud “externa” o del borde de toda la lámina foliar. Se cuantificó midiendo el contorno de la hoja seleccionada y escaneada anteriormente, dando como resultado el perímetro foliar (cm). Se utilizó el programa ImageJ y se incluyó el peciolo de la hoja en esta cuantificación.

3.- **Relación largo/ancho.** Se define como la división entre el largo y el ancho de la hoja. Este rasgo permite establecer de manera general la forma de una hoja determinada (Hickey, 1973). De las imágenes escaneadas se cuantifico el largo máximo de la lámina desde la base hasta el ápice y se midió el ancho de mayor de la misma. Para cuantificar la relación se procedió a ingresar los datos al programa Excel (Microsoft Office, USA) y dividir el largo por el ancho. (Es una relación por lo tanto no lleva unidad de medida).

4.- Distancia venas de segundo orden. Se define como las venas de orden secundario que nacen desde las venas primarias y que se cuantificaron desde los ángulos de divergencia. Se consideró la vena principal desde la base de la lámina hasta el ápice, y se midió cada distancia entre el origen de las venas secundarias desde las imágenes escaneadas. La unidad de medida fue el cm.

5.- Número de lóbulos. Se define como las zonas salientes presentes en los bordes de la hoja adoptando diferentes formas como aserrada, crenada o dentada. El número de lóbulos se contabilizó a través de la función de conteo y marcaje de cada uno de ellos. Se registró el conteo en el perímetro de toda la lámina. Esto se realizó en cada hoja escaneada por clon evaluado.

6.- Distancia entre lóbulos. Se define como la distancia entre cada zona saliente o lóbulo de las hojas escaneadas. Para lo anterior, se cuantificaron las distancias entre los lóbulos, de la parte alta, hacia la distancia del lóbulo siguiente. La unidad de medida fue el cm.

7.- Distancia entre sinuosidades. Se define como las zonas entrantes de los lóbulos. La distancia entre sinuosidades es muy similar a la cuantificación de la distancia entre lóbulos. A diferencia de ella, se miden las distancias de la parte baja del lóbulo llamada sinuosidad. Se cuantificaron en todas las hojas escaneadas y su unidad de medida fue el cm.

Todas las cuantificaciones se realizaron con el programa ImageJ v1.52p donde las imágenes fueron escaneadas utilizando una escala de referencia. Luego, los datos obtenidos fueron ingresados en una planilla Excel para posteriormente realizar los análisis estadísticos propuestos para esta tesis de grado.

3.3.2. Cuantificación de los rasgos cualitativos

Los rasgos cualitativos fueron evaluados a través de la observación visual de imágenes escaneadas, y los criterios de clasificación sugeridos en el artículo “Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves” traducido al español como “Clasificación de la arquitectura de las hojas dicotiledóneas” de Hickey (1973), publicado en la revista “American Journal of Botany”. A través de la clasificación sugerida por este artículo, se pudo especificar visualmente la forma del ápice, forma de la lámina, forma de la base y el tipo de margen (detalles en la Figura 3.2.).

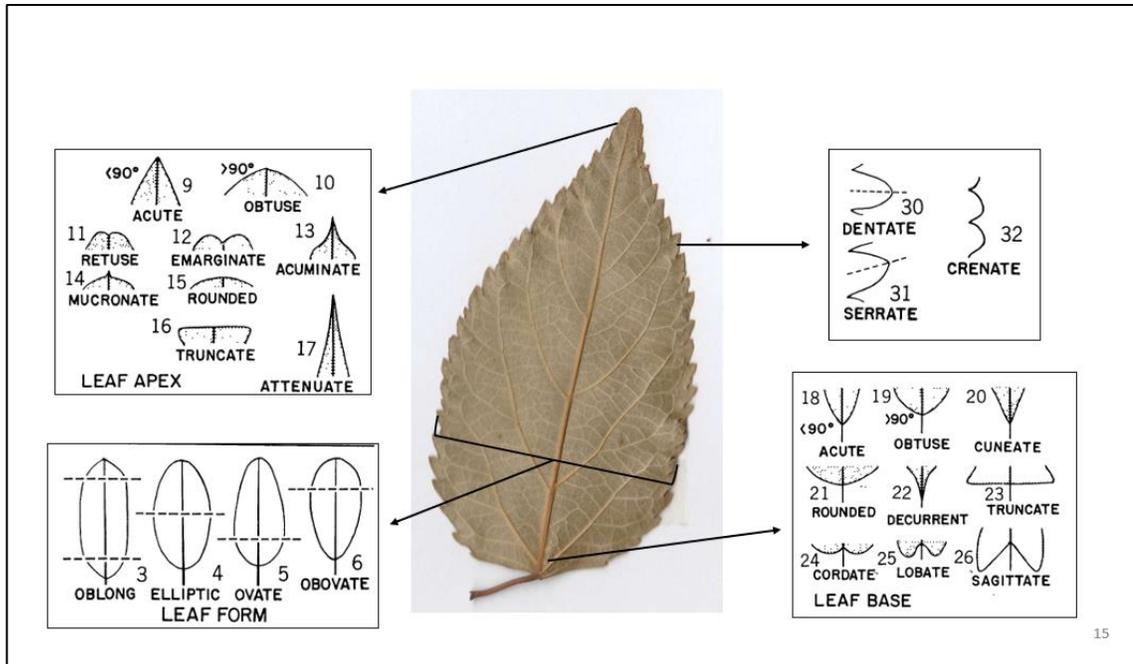


Figura 3.3. Rasgos cualitativos sugeridos en el artículo científico “Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves” (Hickey, 1973).

3.4. Análisis estadísticos

Para evaluar estadísticamente los datos cuantitativos obtenidos, se realizaron test no paramétricos. Para ver diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los rasgos morfológicos foliares se utilizó la Prueba de Kruskal- Wallis. En el caso de existir diferencias significativas en la Prueba de Kruskal-Wallis, se realizó el test a post-hoc de prueba de comparación de pares de Mann-Whitney para cada par de grupos. Los datos se analizaron con el software STATISTICA 8.0 (StatSoft) y los gráficos fueron realizados en el programa SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rasgos morfológicos cuantitativos foliares de los clones evaluados

Los resultados muestran que los 7 rasgos cuantitativos presentan diferencias significativas para los clones evaluados. Con respecto al rasgo de área foliar (cm^2), se pueden apreciar diferencias significativas entre los clones (Figura 4.1). Los clones en este rasgo presentan una heterogeneidad. Los clones que más difieren son 506 ($10,78 \text{ cm}^2$) y Huiña ($14,05 \text{ cm}^2$) que se diferencian del clon Pudú ($31,66 \text{ cm}^2$). De lo anterior podemos inferir que las hojas Pudú, son significativamente más grandes que las hojas del clon 506 y del clon Huiña.

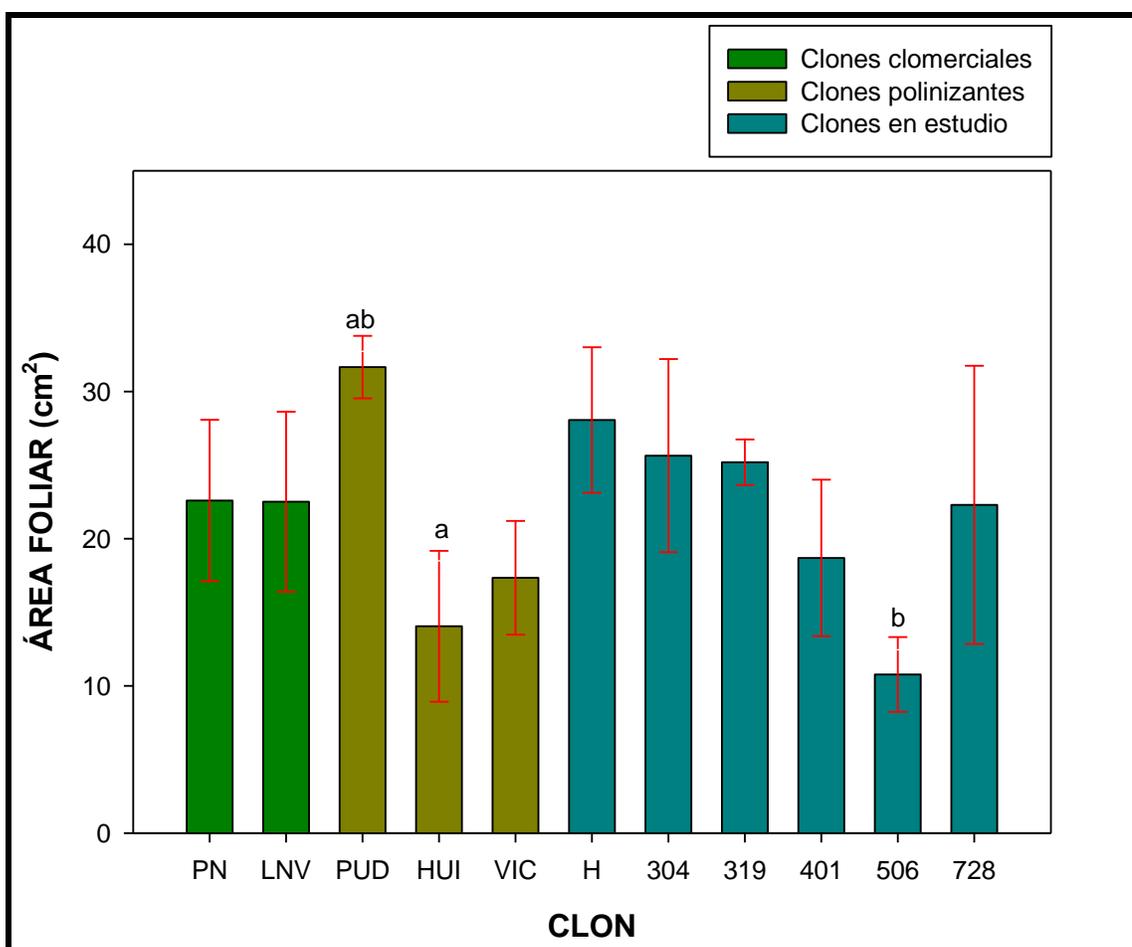


Figura 4.1. Área foliar de los clones de maqui evaluados. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = PUD-HUI; **b** = PUD-506. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna

Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Con respecto al perímetro de la hoja (cm), se pueden apreciar diferencias significativas entre los clones (Figura 4.2). Los clones que más difieren son el clon 506 (19,12 cm) y el clon Huiña (20,01 cm) que se diferencia del clon Pudú (30,41 cm).

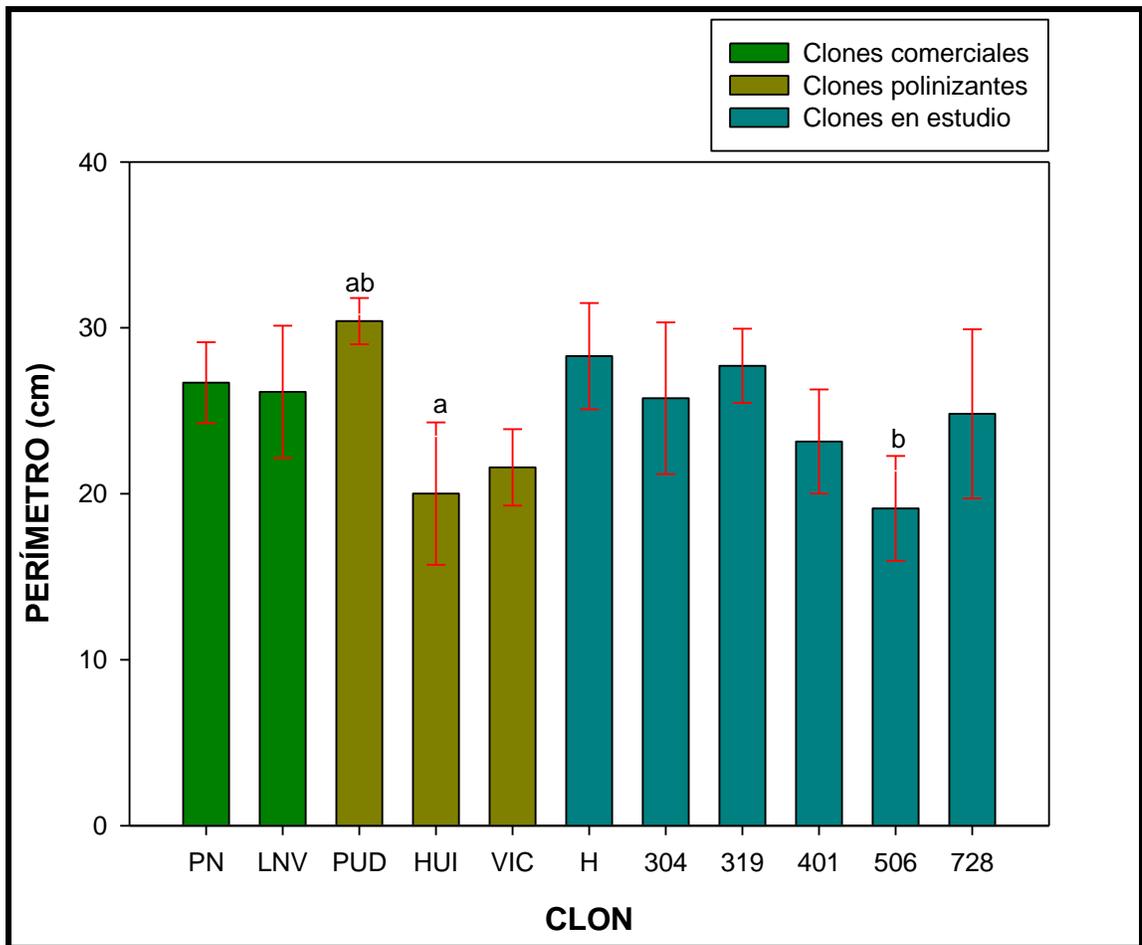


Figura 4.2. Perímetro foliar de los clones evaluados. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = PUD-HUI; **b** = PUD-506. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Con respecto al rasgo de relación largo /ancho de la hoja, se pueden apreciar también diferencias significativas entre los clones (Figura 4.3). Los clones en este rasgo presentan

también heterogeneidad. Los clones que más difieren entre si son 506 (1,81) que se diferencia del clon Luna Nueva (2,47) y Huiña (2,54). Por otra parte, el clon Huiña (2,54), se diferencia del clon 506 (1,81) y Vicuña (1,95) (Figura 4.3).

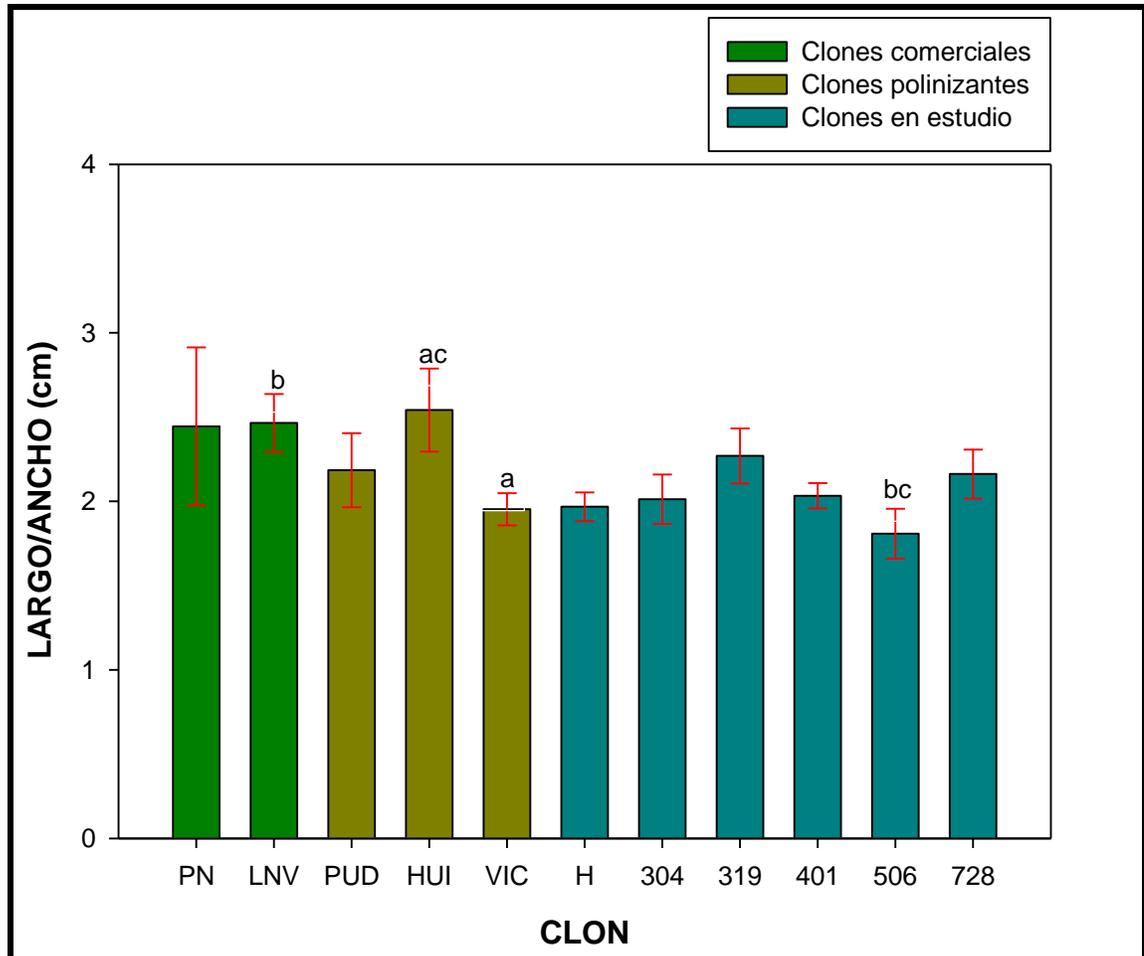


Figura 4.3. Relación largo de la hoja/ancho de la hoja de los clones evaluados. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = HUI-VIC; **b** = LNV-506; **c** = HUI-506. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Las venas de segundo orden de la hoja (cm), y al igual que los rasgos anteriores, también mostródiferencias significativas entre los clones (Figura 4.4). Los clones que más difieren entre si son 506 (0,45 cm) que se diferencia del clon Luna Nueva (0,84 cm) (Figura 4.4).

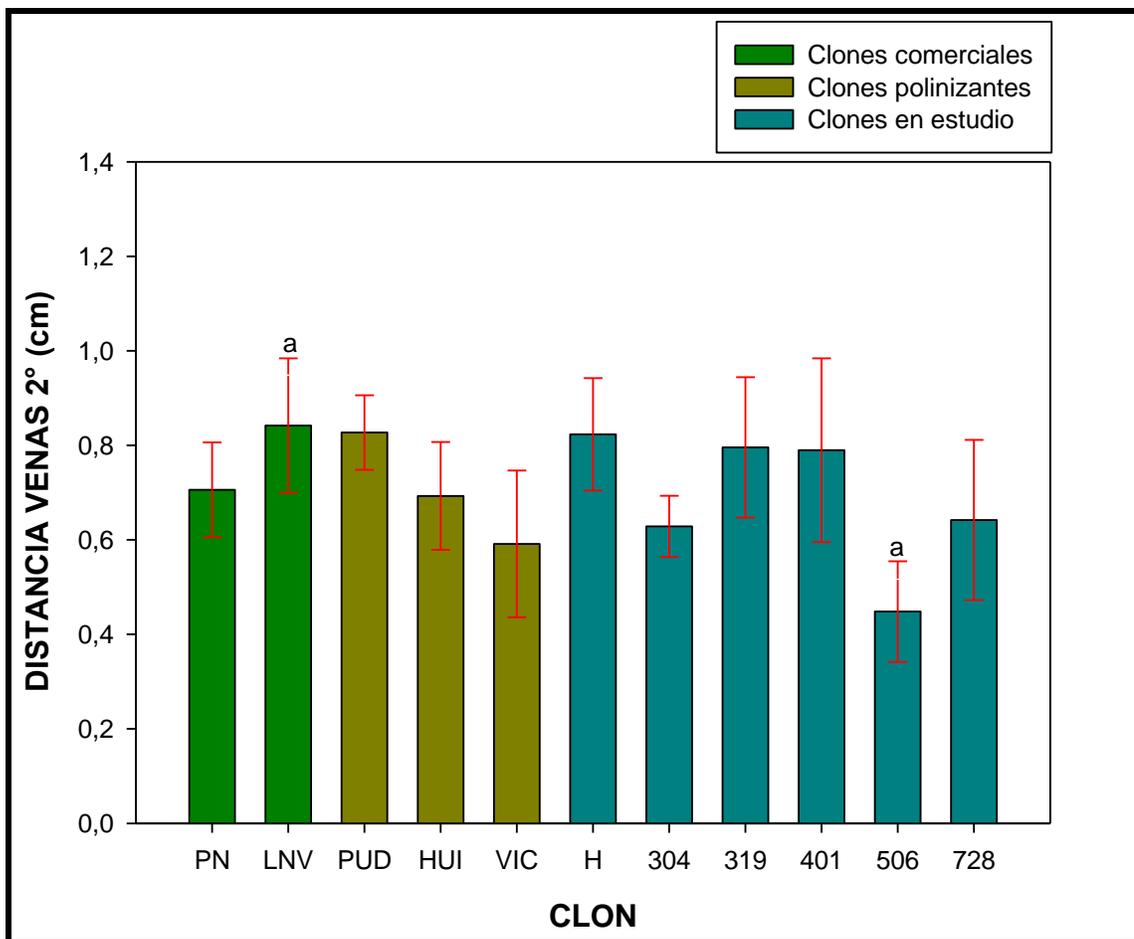


Figura 4.4. Distancia de venas de segundo orden de los clones evaluados. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = LNV-506. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Con respecto al rasgo de número de lóbulos (Figura 4.5), se pueden apreciar diferencias significativas entre los clones. Los clones que más difieren entre si son 319 (52) y el clon Vicuña (54), que se diferencian del clon 506 (35).

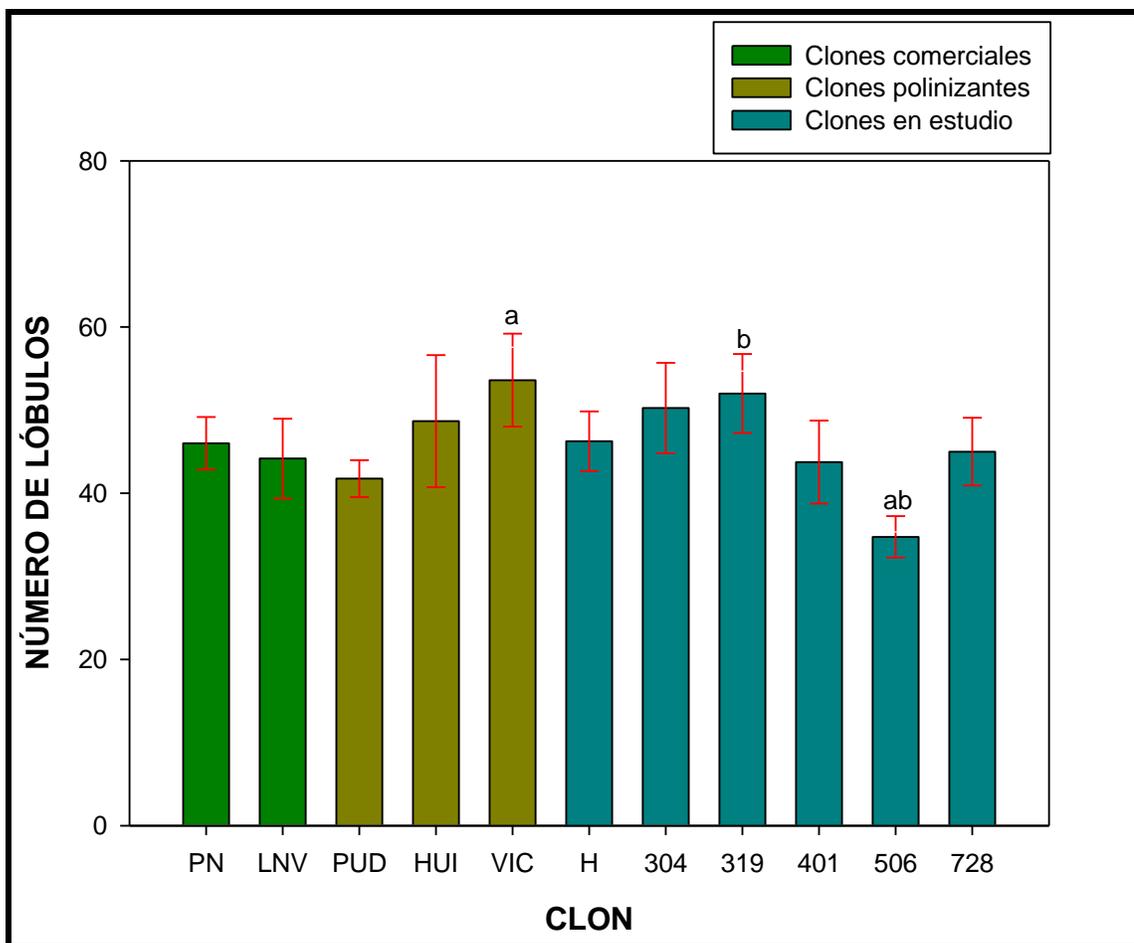


Figura 4.5. Número de lóbulos de los clones en estudio. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = VIC-506; **b** = 319-506. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Con respecto al rasgo de distancia entre lóbulos (cm), se pueden apreciar Figura 4.6. diferencias significativas entre los clones. Los clones que más difieren son Huiña (0,28 cm) y Vicuña (0,27 cm) que se diferencian del clon Pudú (0,51 cm) (Figura 4.6).

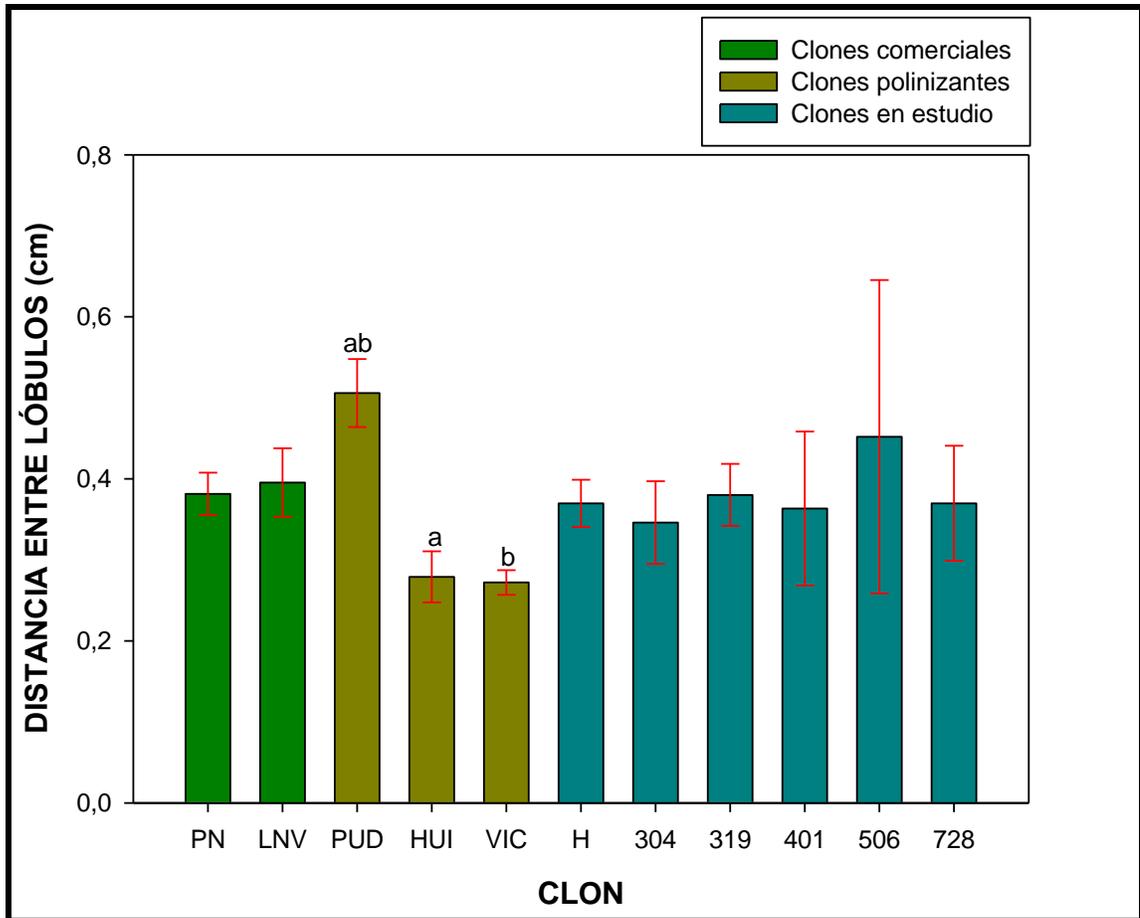


Figura 4.6. Distancia entre lóbulos de los clones en estudio. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = PUD-HUI; **b** = PUD-VIC. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Con respecto al rasgo de distancia entre sinuosidades, los resultados mostraron diferencias significativas entre los clones (Figura 4.7.). Los genotipos que más difieren entre si son Huiña (0,27 cm) y el clon Vicuña (0,29), que se diferencia del clon Pudú (0,48 cm).

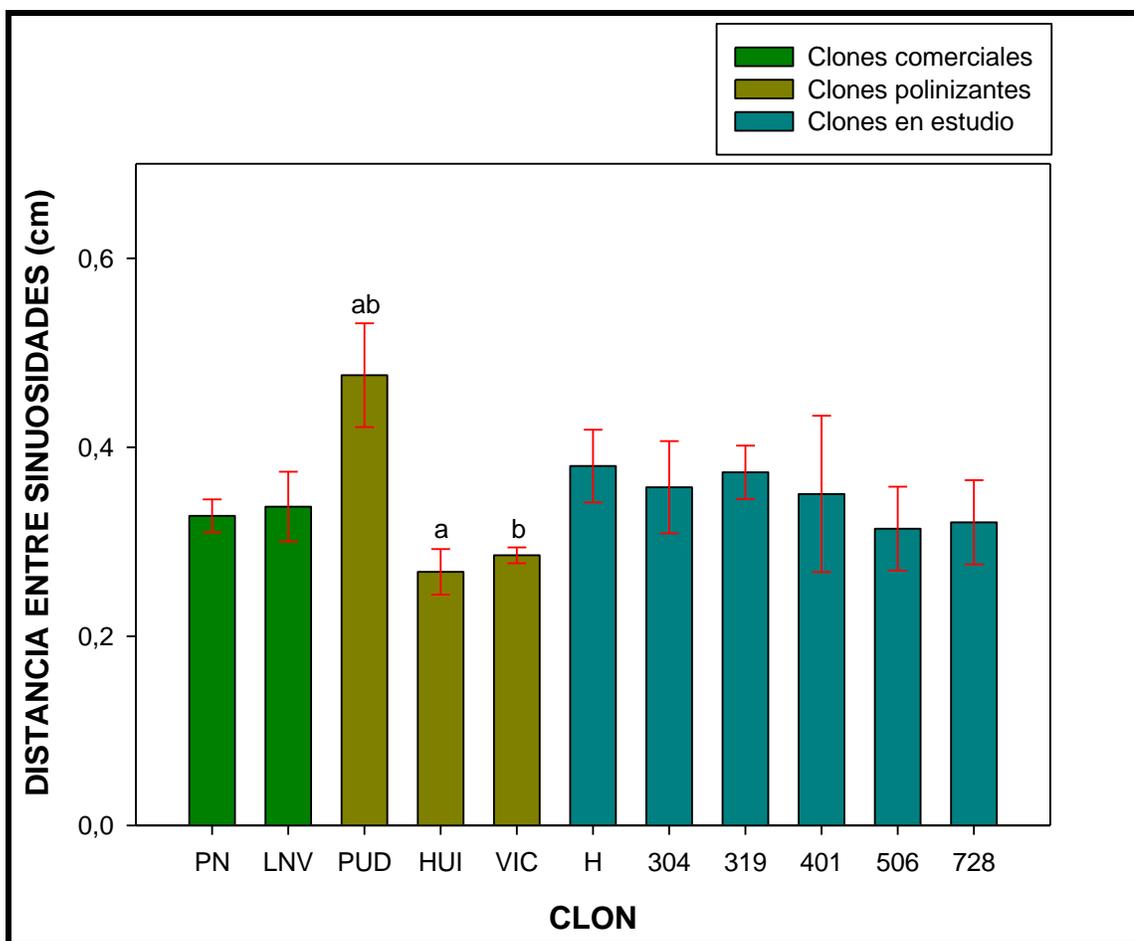


Figura 4.7. Distancia entre sinuosidades de los clones en estudio. Los símbolos representan las diferencias significativas entre pares de clones, test Mann-Whitney ($p < 0.05$); **a** = PUD-HUI; **b** = PUD-VIC. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Según Česonienė *et al.* (2013), estudios en berries nativos han permitido que caracteres morfológicos permitan distinguir clones. Incluso es posible aseverar que rasgos como el tamaño de la hoja son altamente útiles a la hora de buscar variaciones entre los clones, algo que se relaciona con la heterogeneidad encontrada en los rasgos de área foliar, perímetro foliar y relación largo de hoja/ancho de la hoja.

Las diferencias significativas entre sí de los clones polinizantes en los rasgos de área foliar, perímetro, relación largo/ancho, distancia entre lóbulos y distancia entre sinuosidades, se pueden relacionar a que existe una mayor variación genética entre individuos de una misma procedencia

en relación a otros de distinta (Catenacci, 2012). En este caso, es posible aseverar que los clones polinizantes comparten procedencia y por ende difieren, en los rasgos que se evaluaron entre los otros grupos.

El estudio nos lleva a poder apreciar diferencias significativas en todos los rasgos cuantitativos estudiados. Esto de cierto modo se puede explicar debido a una alta variabilidad genética de poblaciones silvestres y por ende una expresión muy diversa de sus rasgos morfológicos, algo que va de la mano con los procesos de domesticación (Freeland, 2005).

4.2. Clasificación de rasgos morfológicos foliares cualitativos de los clones de maqui

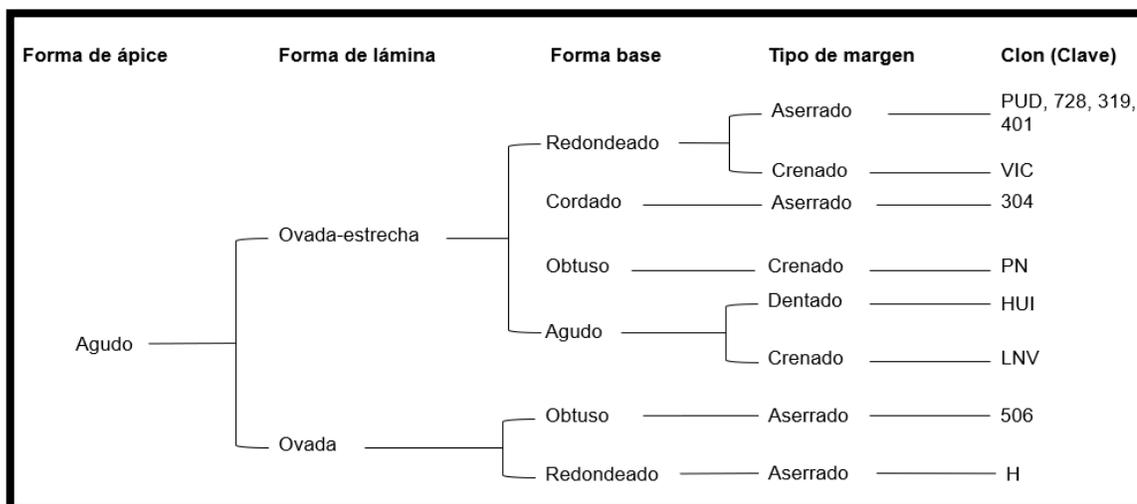
Los resultados con respecto a la clasificación de los rasgos morfológicos foliares cualitativos de los 11 muestran que en las hojas láminas de tipo ovada y ovada-estrecha.

En lo que respecta a la forma de la base, se pudo distinguir las formas redondeada, cordada, obtusa y aguda, lo que nos dicta resultados más heterogéneos en relación con la forma del ápice y la forma de la lámina, que fueron respuestas mayoritariamente homogéneas. A su vez, es importante inferir que la forma del ápice y lámina, no son rasgos que nos permitan caracterizar de manera cualitativa clones de maqui, debido a que son caracteres arraigados de la especie.

Es importante destacar que *Aristotelia chilensis*, posee hojas simples de forma ovada con la parte más ancha de la lámina posicionada en la base, en la que puede variar en relación largo/ancho dependiendo de su origen geográfico (Vogel *et al.*, 2005). Esto se explica que si bien pueden variar en su morfología, hay rasgos como la forma del ápice y forma de la lámina que se mantienen debido y no varían debido a su características propiamente tal de la especie.

En el Cuadro 4.1. es posible apreciar la clasificación de los distintos clones de maqui a través de un esquema de llaves, a medida que el rasgo es más específico (más a la derecha de la figura), la clasificación se puede apreciar de manera más diferenciada. Al final del esquema es posible distinguir cada clave del clon a la que se logró llegar con respecto a cada rasgo cualitativo observado.

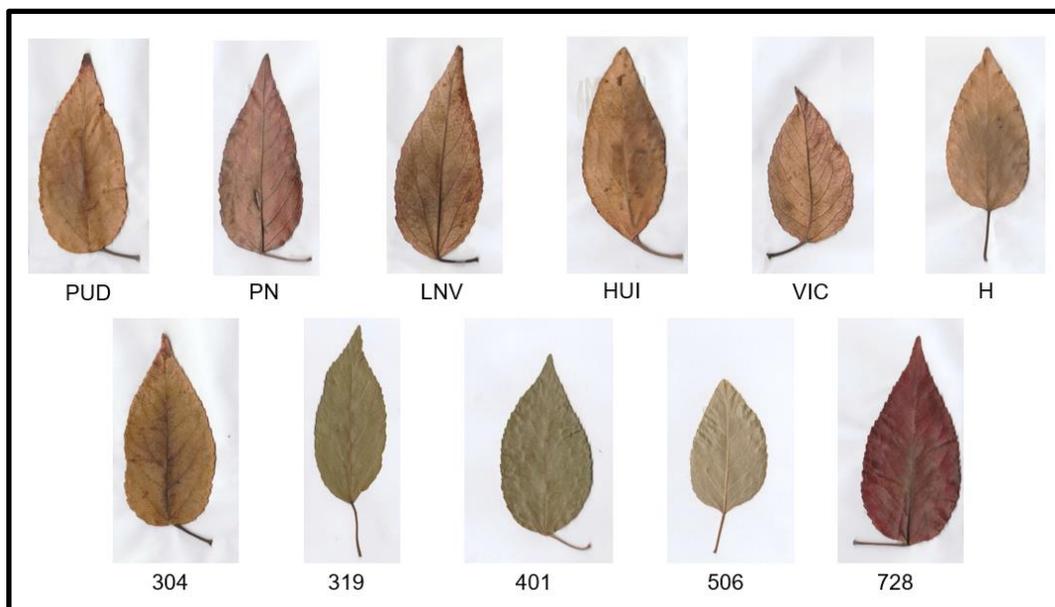
Cuadro 4.1. Clasificación de los clones de maqui según su forma de ápice, forma de lámina, forma de base y tipo de margen.



Nombre de clon y clave respectivamente; Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Según Vogel *et al.* (2005) a pesar de que existe una gran variación de las plantas de maqui, hay factores como la edad de la hoja o procedencia de esta, que no afectan su composición de compuestos fenólicos en las hojas. Lo anterior es materia de estudio, puesto que, si bien existen diferencias evidentes, las procedencias de los clones varía a lo largo de toda su distribución natural, además de que en este estudio no se analizó el contenido de compuestos químicos en las hojas. Es posible apreciar en el (Cuadro 4.2) diferencias visuales entre los diferentes clones a través de las hojas.

Cuadro 4.2. Collage de fotos de maqui utilizado en este estudio, con su respectiva diferenciación de tipo de forma de ápice, forma de lámina, forma de base y tipo de margen.



Nombre de clon y clave respectivamente; Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Los rasgos cuantitativos, pueden ir de la mano con los rasgos cualitativos a la hora de comparar resultados (Cuadro 4.3). Se aprecia que los pares de clones que más difieren entre sí, a través del test Mann-Whitney ($p < 0.05$), logrando así establecer diferencias significativas que se pueden hacer más gráficas a través de los rasgos cualitativos. Sería de interés poder analizar en investigaciones futuras como se comportan las bayas en relación con el tamaño de la hoja o si varía en su contenido de antioxidantes o polifenoles, dependiendo en que escala de rango cualitativa se encuentre.

Por otro lado, según Valdebenito *et al.* (2013) *A. chilensis* coloniza de manera muy rápida suelos degradados, claros y márgenes de bosques, lo que lleva a pensar como se comportarían los clones en un ambiente de mayor dificultad tanto hídrica como nutricional. Como las condiciones de todos los clones en este estudio fueron las mismas para todos, no se puede aseverar que los factores ambientales produzcan cambios en la morfología, aunque autores como Repetto-Giavelli *et al.* (2007) y Lusk (2002), aseguran que el maqui posee una alta plasticidad para adaptarse a distintas condiciones en su distribución silvestre, lo que lleva a pensar que dependiendo de la latitud donde se establezca el clon, su morfología foliar puede variar y adaptarse a una nueva realidad local.

Cuadro 4.3. Comparación de los resultados de rasgos cualitativos y cuantitativos en clones de maqui

Clones	Rasgo cuantitativo	Rasgo cualitativo
HUI-PUD ** 506-PUD **	Área foliar	HUI-PUD ✓✓ 506-PUD ✓✓
HUI-PUD ** 506-PUD **	Perímetro	HUI-PUD ✓✓ 506-PUD ✓✓
LNV-506 * HUI-VIC ** HUI-506 **	Relación largo/ancho (forma de la hoja)	LNV-506 ✓✓✓ HUI-VIC ✓✓ HUI-506 ✓✓✓
LNV-506 *	Distancia venas 2°	LNV-506 ✓✓✓
VIC-506 ** 319-506 *	Número de lóbulos	VIC-506 ✓✓✓ 319-506 ✓✓
PUD-HUI * PUD-VIC *	Distancia entre lóbulos	PUD-HUI ✓✓ PUD-VIC x
PUD-VIC ** PUD-HUI ***	Distancia entre sinuosidades	PUD-VIC x PUD-HUI ✓✓

Test Mann-Whitney ($p < 0.05$); * $\leq 0,05$; ** $\leq 0,01$; *** $\leq 0,005$. Diferencias de rangos = ✓. ✓✓✓ = 3 rangos de diferencia; ✓✓ = 2 rangos de diferencia; ✓ = 1 rango de diferencia; x = clasificación en el mismo rango. **Nombre de clon y clave respectivamente;** Pudú: PUD, Perla Negra: PN, Luna Nueva: LNV, Huiña: HUI, Vicuña: VIC, Clon H: H, Clon 304: 304, Clon 319: 319, Clon: 401, Clon 506: 506, Clon 728: 728.

Los rasgos cuantitativos con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) al ser comparados con los rasgos cualitativos, se puede ver reflejada una variabilidad fenotípica que fue descrita por Catenacci (2012) y que se puede representar por cómo se observa el material vegetal (hoja). Por otra parte, el clon en estudio 506, demuestra diferencias con clones comerciales y polinizantes, lo que puede hacer creer que comparte procedencia con ambos grupos de clones pero se debe corroborar a través de otros análisis.

5. CONCLUSIÓN

El propósito de este estudio fue evaluar rasgos morfológicos potenciales cualitativos y cuantitativos a nivel foliar de los diferentes clones de *Aristotelia chilensis* para posteriormente caracterizar los clones en estudio. Para ello se utilizaron clones establecidos en el Centro Experimental Panguilemo, perteneciente a la Universidad de Talca.

Los rasgos morfológicos foliares permiten entregar información relevante con respecto a la caracterización de clones de maqui. Los resultados mostraron diferencias significativas (test Mann-Whitney $p \leq 0,05$) en pares de clones evaluados en todos los rasgos cuantitativos medidos. Se pudo ver diferencias significativas dentro de los clones polinizantes, mayormente entre los clones Pudú y Huiña. Estos rasgos sirven para buscar diferencias morfológicas a nivel de hoja entre los genotipos y poder caracterizarlos.

Los clones polinizantes, mostraron valores en los rasgos cuantitativos por sobre el promedio de los demás clones, especialmente el clon Pudú. En relación a los rasgos cualitativos la diferenciación más evidente se dio al medir la forma de la base o el tipo de margen, puesto que la forma del ápice y lámina se relaciona básicamente a los rasgos propios de la especie; forma de ápice aguda y forma de lámina ovada u ovada-estrecha.

Estos resultados sugieren que, en general los clones varían en sus características foliares, gracias a que las poblaciones silvestres poseen una alta variabilidad genética y se incrementa esta variabilidad, dependiendo de su procedencia. Además, influyen factores como la plasticidad morfológica foliar, dependiendo de la procedencia latitudinal a la cual perteneció el clon.

6. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Anwar, M., Liu, D., Macadam, I. and Kelly, G. 2013. Adapting agriculture to climate change: a review. *Theor Appl Climatol* 113:225-245.

Bonometti, C. 2000. Aspectos reproductivos en flores de maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz). Tesis Lic. Agr. Valdivia. U. Austral de Chile, Facultad de Cs. Agrarias. 97p.

Brauch, J., Buchweitz, M., Schweiggert, R., y Carle, R. (2016). Detailed analyses of fresh and dried maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz) berries and juice. *Food Chemistry*. 190:308-316.

Cabello, P. 2003. Viabilidad polínica en dos estados florales de Maqui, *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stunz (Elaeocarpaceae). Tesis lic. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Chile. pp. 76

Cesoniene, L., Daubaras, R., Paulauskas, A., Zukauskienė, J., Zych, M. 2013. Morphological and genetic diversity of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L., Ericaceae) clones in Lithuanian reserves. Volume 82, Issue 3, pp. 211-217

Céspedes, C., El-Hafidi, M., Pavón, M., Alarcón, J. 2008. Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (Elaeocarpaceae), Maqui. *Food Chem*. 107: 820-829.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2020. Recurso forestal, biodiversidad y áreas silvestres protegidas. *Revista Chile Forestal* N°393. Santiago de Chile.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2021. Recurso forestal, biodiversidad y áreas silvestres protegidas. *Revista Chile Forestal* N°398. Santiago de Chile.

Cope, J., Corney, D., Clark, J. Y., Remagnino, P., & Wilkin, P. (2012). Plant species identification using digital morphometrics: A review. *Expert Systems with Applications*, 39, 7562–7573.

Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). 1964. Descripciones proyecto aerofotogramétrico. Santiago, Chile. 389 p.

Damascos, M., Prado, C. 2001. Leaf phenology and its associated traits in the wintergreen species *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Elaeocarpaceae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 74, pp. 805-815

De Mösbach, E. 1992. *Botánica Indígena de Chile*. Museo Chileno de Arte Precolombino, Fundación Andes, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, p. 91.

Doll, U., Vogel, H., Ibarra, G., Jeldres, P., Razmilic, I., San Martín, J., Vizcarra, G., Muñoz, M., Sáenz, M. and Donoso, M. 1999. Estudio de domesticación de especies nativas ornamentales de potencial uso industrial. P. 5-25. En: Seminario domesticación de diferentes especies nativas ornamentales y medicinales. Facultad de Cs. Agrarias, U. de Talca. Talca, Chile.

Foster, A. & Gifford, E. 1989. *Morphology and evolution of vascular plants*. WH Freeman.

Freeland, J. 2005. *Molecular Ecology*. John Wiley & Sons, pp. 63.

Genskowsky, E., Puente, L., Pérez-Álvarez, J., Fernández-López, J., Muñoz, L., Viuda-Martos, M. 2015. Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with Maqui berry (*Aristotelia chilensis*), *LWT- Food Science and Technology* 64(2): 1057-1062.

González, B., Muñoz, V., Moya, M., Doll, U and Vogel, H. 2019. Juvenilidad en maqui (*Aristotelia chilensis*): plantas provenientes de micropropagación versus estacas enraizadas. *Revista Simiente Congreso. Resúmenes extendidos VI Congreso Nacional de Flora Nativa de Chile*.

Hickey, L. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*. 60:17-33.

Hickey, L. & Wolf, J. 1975. The Basis of Angiosperm Phylogeny Vegetative Morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 62, 538-589.

Hoffmann, A. 1982. *Flora silvestre de Chile: Zona Araucana*. Segunda edición. Santiago. Función Claudio Gay. 257p.

Hormaza, I. 2019. Red Agrícola. Recuperado en junio 06, 2021, desde: Una visión sobre las variedades y portainjertos en paltos. [En línea]: <https://www.redagricola.com/cl/una-vision-las-variedades-portainjertos-paltos/>

Lavorel, S., Díaz, S., Cornelissen, J. H. C., Garnier, E., Harrison, S. P., McIntyre, S., Pausas, J. G., Pérez-Harguindeguy, N., Roumet, C., & Urcelay, C. (2007). Plant functional types: Are we getting any closer to the holy grail? In *Terrestrial ecosystems in a changing world* (pp. 149–164). Springer.

Miranda-Rottmann, S., Aspillaga, A., Pérez, D., Vasquez, L., Martinez, A. and Leighton, F. 2002. Juice and phenolic fractions of the berry *Aristotelia chilensis* inhibit LDL oxidation in vitro and protect human endothelial cells against oxidative stress. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 7542-7547.

Neto C. 2017. Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. *Mol. Nutr. Food Res.*, Vol. 51, 652-664.

Olate, V. 2008. Estudio químico y actividad antioxidante de los antocianos presentes en los frutos de maqui. Talca, Chile: Universidad de Talca.

Oyanadel, R. 2002. Propagación por esquejes de tres especies medicinales *Buddleja globosa* Hope., *Aristotelia chilensis* (Mol) Stuntz. Y *Aloysia triphylla* L'Her. mediante el uso de ácido indolbutírico. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de licenciado en Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Universidad austral de Chile. Valdivia, Chile. 16 p.

Ramírez, C. Figueroa, H. Carrillo, R. y Contreras, D. 1983. Estudio fitosociológico de los estratos inferiores en un bosque de Pino. Chile. *Bosque.* (5) 2: 65 - 81.

Rodríguez, G., Rodríguez, R., & Barrales, H. (1995). *Plantas Ornamentales Chilenas*. Santiago, Chile: Editorial Lamas.

Rodríguez, R., Matthei, O. & Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 408 pp.

Donoso, C. 2006. Las especies de los bosques templados de Chile y Argentina, Autoecología. Marisa Cuneo (ed.). Valdivia. 678 pp.

Rojas, P. 2005. La vitivinicultura y su proceso de expansión en ladera en el valle de Lontué, séptima región del Maule. Memoria para optar al título de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 108 p.

Robinson, S., Wasley, J., and Tobin, A. 2003. Living on the edge – plants and global change in continental and maritime Antarctica. *Glob. Chang. Biol.* 9, 1681–1717.

Schmeda-Hirschmann, G. Jimenez-Aspee, F. Theoduloz, C. Ladio, A. 2019. Patagonian berries as native food and medicine. *Journal of Ethnopharmacology*.

Seeram, N. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 627-629.

Trippi, V. 2007. El envejecimiento de los clones. Buenos Aires, Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. pp 93-94

Vergara, A. Crisóstomo, K. Hernández, M., Sánchez, M. y Ríos, D., 2019. Establecimiento in vitro de *Aristotelia chilensis* para producción de masa vegetativa con alta síntesis de compuestos fenólicos. Revista Simiente Congreso. Resúmenes extendidos VI Congreso Nacional de Flora Nativa de Chile.

Vogel, H. 2015. El desafío de una Producción Sustentable de Frutos de Maqui (*Aristotelia chilensis*): avances en la investigación y domesticación. [En línea] Recuperado en: https://nanopdf.com/download/aristotelia-chilensis_pdf. Consultado el 13 de Marzo de 2022

Vogel, H., Gonzalez, B., Catenacci, G. and Doll, U. 2016. Domestication and sustainable production of wild crafted plants with special reference to the Chilean maqui Berry (*Aristotelia chilensis*). *Julius-Kühn-Archiv.* 453. 50-52.

Vogel, H.; Razmilic, I.; San Martin, J.; Doll, U y Gonzalez., 2005. Plantas medicinales chilenas: Experiencia de domesticación y cultivo de Boldo, Matico, Bailahén, Canelo, Peumo y Maqui. Editorial U. de Talca. Talca.191 p.

Valdebenito, G. A. 2013. Información tecnológica de productos forestales no madereros del bosque nativo en Chile. Ñuñoa Santiago, Chile: INFOR.