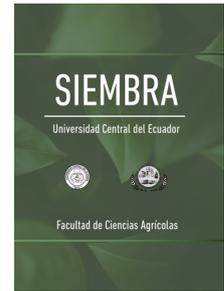


Atriplex nummularia (Lindl.) establecida en el secano del centro-sur de Chile

Atriplex nummularia (Lindl.) established in the dry zone of central-southern Chile



Manuel Andrés Vial-Alarcón¹, Juan Inostroza Fariña²

Siembra 10 (1) (2023): e3985

Recibido: 15/07/2022 Revisado: 8/08/2022 / 19/12/2022 Aceptado: 12/01/2023

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigaciones Carillanca. Km. 10 ruta Cajón-Vilcún. Casilla 58-D. Temuco, Chile.
✉ manuel.vial@inia.cl
🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3728-9437>

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigaciones Carillanca. Km. 10 ruta Cajón-Vilcún. Casilla 58-D. Temuco, Chile.
✉ jinostroza@inia.cl
🌐 <https://orcid.org/0000-0002-5650-0026>

*Autor de correspondencia: manuel.vial@inia.cl

Resumen

Atriplex nummularia (Lindl.) es un arbusto utilizado como recurso forrajero estratégico en sistemas ganaderos de zonas áridas y semiáridas en época estival. El 2019 se crearon dos módulos de seguimiento de esta especie en el sur de Chile; en las localidades de Los Sauces (secano interior, 37° latitud sur) y Carillanca (valle central seco, 38° latitud sur). Se evaluó el crecimiento durante 3 años (2019-2021) y calidad forrajera del material consumible por el ganado. La calidad forrajera en verano fue distinta entre localidades, siendo atribuible a condiciones edafoclimáticas. Se concluye que en Carillanca, localidad que presenta mayor pluviometría y suelo de mejor calidad, se registró el mayor crecimiento en volumen, aun cuando el periodo frío es extenso; en Los Sauces, en cambio, a pesar de temperaturas medias son mejores para la especie (>10 °C), el crecimiento fue menor, siendo esto atribuible a las condiciones de suelo donde se realizó la plantación (calidad del sitio), junto con la extensión y severidad del periodo seco (verano y otoño).

Palabras clave: *Atriplex nummularia*, secano interior, valle central, calidad de sitio.

Abstract

Atriplex nummularia (Lindl.) is a shrub used as a strategic forage resource in arid and semi-arid livestock systems in summer. In 2019, two monitoring modules were created for this species in southern Chile; in the localities of Los Sauces (drylands, 37° south latitude) and Carillanca (dry central valley, 38° south latitude). Growth during 3 years (2019-2021) and forage quality of the material consumable by livestock were evaluated. Forage quality in summer was different between localities and was attributable to soil and climatic conditions. It is concluded that in Carillanca, a locality with higher rainfall and better soil quality, the highest growth in volume was recorded even when the cold period is extensive; in Los Sauces, however, despite average temperatures being better for the species (>10 °C), growth was lower, this being attributable to the soil conditions where the plantation was carried out (soil quality-site), together with the extent and severity of the dry period (summer and autumn).

Keywords: *Atriplex nummularia*, dryland, valley land, soil quality site.

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

ISSN: 1390-8928

Periodicidad: semestral

vol. 10, núm 1, 2023

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.3985>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

1. Introducción

La especie *Atriplex nummularia* (Lindl.) es un arbusto perenne, nativo de Australia que actualmente tiene una extensa distribución a nivel mundial, principalmente en zonas áridas y semiáridas. Pertenece a la familia quenopodiácea, crece de forma erguida (3 a 4 m) y basitona de hábito nanofanerófita con ramaje extendido. Es dioica, pero se presentan en un porcentaje menor individuos monoicos, las flores masculinas presentan cabezas globulares dispuestas en panículas profusas y densas dispuestas en el extremo de la ramilla; por su parte, las flores femeninas se disponen en racimos densos ramificados en varias ramillas, ambas no tienen pétalos. Las flores monoicas se presentan como ramificaciones donde al final va una inflorescencia terminal masculina y algunas flores femeninas ubicadas posteriormente de manera alternada. Su polinización es anemófila. El fruto consiste en dos bractéolas compactadas en cuyo interior está la semilla (Hobbs et al., 2009; Pham Thi et al., 1982; Sampson et al., 2015; Squella et al., 1985).

Crece en una amplia gama de suelos, se reconoce por su condición de planta halófila con tolerancia a suelos salinos y sódicos, pero también se desarrolla en suelos sin esta condición; no tolera suelos densos, compactados y con problemas de anegamiento extenso o mal drenaje, al respecto, autores señalan que la condición del suelo en el sitio de plantación es de alta relevancia para el desarrollo de la planta condicionando, significativamente, su crecimiento y productividad final en biomasa (Azócar et al., 2007; Díaz et al., 2020; Ruiz et al., 2013).

Es una especie tolerante a la sequía consiguiendo crecer en zonas áridas y semiáridas con rangos de pluviometría anual entre 180 a 600 mm. Presenta un sistema radicular profundizador, que logra desarrollarse hasta alcanzar niveles freáticos de hasta 10 m de profundidad; autores señalan que crece activamente entre los 10-13 °C, que en zonas mediterráneas corresponden a primavera, verano y parte del otoño; asimismo, las temperaturas medias para el crecimiento óptimo de la especie van entre los 16-28 °C; temperaturas menores a 0 °C provocan daños, teniendo como rango de tolerancia hasta los -8 °C, bajo lo cual la planta debería morir; sin embargo, ha sobrevivido en localidades de montaña donde se registran temperaturas entre -10 a -15 °C o zonas frías y costeras de la Patagonia Argentina (Chubut) (Ben Salem et al., 2010; Ciano et al., 2006; Falasca et al., 2014; Otal y Correal, 2011; Pham Thi et al., 1982; Squella et al., 1985).

Atriplex nummularia (Lindl.) se ha utilizado como especie multipropósito en sistemas de climas áridos y semiáridos, manejándose como especie útil para el control de la erosión, conservación de suelos y combate a la desertificación (Le Houérou, 1992; Zucca et al., 2013), bajo el dosel se produce un incremento de contenido de carbono en el suelo dada la tendencia de generar de forma permanente un manto de hojarasca y mejorar las condiciones del suelo para el crecimiento de las plantas cuando existe salinidad; además, la eficiencia del uso de la lluvia puede ser muy alta, hasta 15-20 kg MS ha⁻¹ por año por mm en condiciones casi óptimas de secano (Gintzburger et al., 2000).

Dada su elevada productividad de biomasa y persistencia *Atriplex nummularia* (Lindl.) ha sido considerada como especie forrajera en zonas áridas y semiáridas para su uso en momentos de escasez (Le Houérou, 1994); al respecto, su consumo por parte del ganado ha tenido efectos positivos como suministro diario suplementario (ovinos y caprinos) y sobre la tasa de crecimiento de la lana y peso corporal en ovinos bajo condiciones controladas (Abou El Nasr et al., 1997; Askar et al., 2016; Ben Salem et al., 2010; Hyder, 1981).

Las plantaciones producen anualmente biomasa, siendo esto altamente dependiente de la tasa de pluviometría anual, condiciones edáficas y densidad de plantación; por ejemplo, Watson et al. (1987) en Arizona, bajo condiciones de riego, señala la producción de 12,7 t MS año⁻¹ con 17.078 plantas ha⁻¹; Norman et al. (2008), en Australia occidental, señala una producción de 0,5 t MS ha⁻¹ con una densidad de 670 plantas ha⁻¹ y una pluviometría registrada de 362 mm año⁻¹; Benjamin et al. (1995), bajo un régimen de lluvia de 227 mm año⁻¹ en Israel (Negev) señala una producción de 3,2 t MS ha⁻¹ con una densidad de 10.000 plantas ha⁻¹. Asimismo, se ha observado un efecto positivo de incremento en la supervivencia de plantaciones de *Atriplex nummularia* (Lindl.) y producción de biomasa combinando plantaciones con técnicas de conservación de suelos y sistemas de captura de agua lluvia en zonas semiáridas (Gacitúa Ferrer, 2017; Guevara et al., 2005).

Según Otal y Correal (2011) la generación de biomasa aérea en arbustos de dos años produce material vegetal que se distribuye con un 40 % de biomasa para ramoneo y el resto son tallos y material leñosos; un 57 % de la materia seca ramoneable (componente comestible) está formado por hojas y tallos finos no lignificados, y un 70 % de la biomasa para ramoneo se encuentra por debajo de los 120 cm, altura media hasta la cual alcanza el consumo de las ovejas. Autores señalan que establecer un régimen de poda de *Atriplex nummularia* (Lindl.) es una práctica

eficiente debido a que estimula el rebrote de material menos lignificado como hojas y tallos <3 mm de diámetro, lo cual corresponde a biomasa más apetecible y palatable por parte del ganado; esta práctica incrementa el rendimiento en materia verde y seca en un 30 % en las plantas intervenidas (Díaz et al., 2020; Norman et al., 2008; Souza et al., 2014). El contenido nutricional de *Atriplex nummularia* (Lindl.), considerando 39 estudios en Australia y otros países, indican una media de materia seca de 386,0 g kg⁻¹; materia orgánica un 91,3 %, ceniza un 32,0 %; proteína cruda 27 %, fibra detergente neutro 59,4 %; fibra detergente ácido 38 %; 83,0 % digestibilidad de materia seca (en vivo), 86,3 % digestibilidad de materia orgánica (en vivo); 77,8% digestibilidad de materia seca (en vitro) y un 68,8 % digestibilidad de materia orgánica (en vitro) (Hobbs et al., 2009). Meneses et al. (2012) señala como características nutricionales de heno de *Atriplex nummularia* (Lindl.) en el norte de Chile un 88,1 % materia seca, 20,2 % proteína cruda, 35,2 % fibra detergente neutro, 17,1 % fibra detergente ácido, 18,1% hemicelulosa, 5,1 % lignina, 12 % celulosa; 28,3 % ceniza, 1,99 energía metabolizable, 4,78 % cloro y 6,47 % sodio; asimismo, existen variaciones en los niveles de proteína cruda y digestibilidad al tratarse de distintas partes de la planta, considerando un valor medio de PC entre 16-20 % del material consumible. Las hojas presentan entre 18-20 %, tallos finos 14-16 %. Considerando digestibilidad media de 70 %, los tallos finos presentan entre un 60-65 % y en tallos más grandes (1,5-2 cm de diámetro) baja a menos de 45 %; asimismo, al crecer excesivamente en altura e incrementarse el material lignificado existe una pérdida en calidad, en cantidad de proteína y digestibilidad.

Escenarios al año 2050 pronostican modificaciones climáticas el secano interior y secano del valle central de la región de La Araucanía (Chile) transitando de zonas húmedas a subhúmedas y de zonas subhúmedas a zonas semiáridas; en la actualidad, debido a una mayor cantidad de información climática, ampliación de la red meteorológica, modelamiento y publicaciones científicas se cuenta con mayor precisión de este proceso de tránsito climático (AGRIMED, 2017; UNESCO, 2010). El objetivo de este estudio es conocer la adaptabilidad y comportamiento de *Atriplex nummularia* (Lindl.) en sitios distintos de la región en el período 2019-2021, considerando nuevos escenarios climáticos en suelos del secano interior y valle.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

Se instalaron dos módulos de seguimiento en dos localidades bajo la condición de secano en la región de La Araucanía (Figura 1).

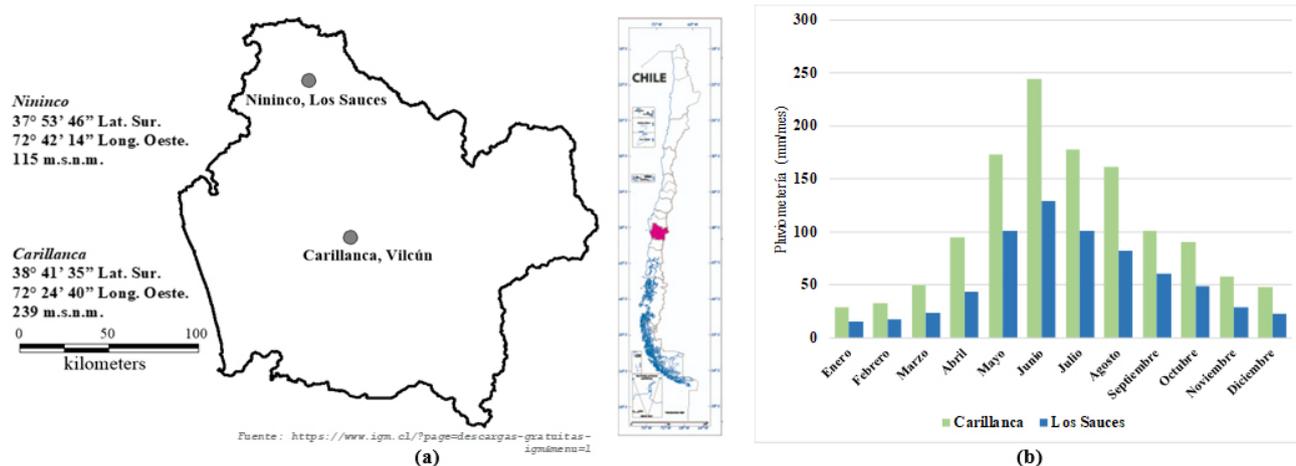


Figura 1. (a) Ubicación de los módulos de seguimiento de *Atriplex nummularia* Lindl. y (b) pluviometría (Carillanca, promedio 1990-2021; Los Sauces, promedio 1960-2019).

Figure 1. (a) Location of *Atriplex nummularia* Lindl. monitoring modules and (b) rainfall (Carillanca, average 1990-2021; Los Sauces, average 1960-2019).

2.1.1. Localidad 1: Los Sauces

Se ubica en la localidad de Nininco (37°53' Lat. S, 72°42' Long. O), en el límite de la comuna de Los Sauces y la comuna de Angol, distrito agroclimático Angol, cuyo clima es calificado como templado cálido supra-termal con régimen de humedad subhúmedo seco (Csb2Shs) con una pluviometría media anual en la macrozona de 672 mm. El suelo corresponde al orden Alfisol como franco arenoso Asociación San Esteban calificado como *fine Kaolinitic mesic ultic Palexeralfs*, en condición de degradado, caracterizado por bajo contenido de materia orgánica, baja fertilidad, erosión y compactación (Gerding et al., 1985; Vial Alarcón, 2020). Su clasificación de capacidad de uso es VII conlleva elevadas limitaciones para los cultivos, con aptitud frutal E que señala severas restricciones para especies frutales respecto a la profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces (AGRIMED, 2017; Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN], 2002; Stolpe, 2002).

2.1.2. Localidad 2: Carillanca

Se instaló en el Centro Regional de Investigación INIA Carillanca (38°41' Lat. S, 72°24' Long. O), comuna de Vilcún, correspondiente al valle central de la Región, en un suelo Andisol serie Vilcún calificado como *medial, méstica Pachic Melanudands*. El clima corresponde al distrito agroclimático Temuco calificado como clima tipo templado cálido mesotermal con régimen de humedad subhúmedo seco (Csb1Shs) con una pluviometría media anual en la macrozona de 1.258 mm. La clasificación de capacidad de uso es III con amplias cualidades para acoger varios cultivos, con aptitud frutal C, correspondiendo a suelos cuya profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces varía entre 40 y 75 cm sin limitaciones (AGRIMED, 2017; CIREN, 2002).

Ambas localidades difieren considerablemente, la cordillera de la costa ejerce un efecto adiabático en la localidad de Los Sauces que no permite el paso de nubosidad y humedad hacia la ladera y valles que se encuentran en la ladera oriental. Esta condición produce una zona seca con mayor radiación solar anual, mayor temperatura ambiental, mayor cantidad de días sin nubosidad y mayor luminosidad (Vial Alarcón, 2020). Carillanca, en cambio, se ubica en el valle central con temperaturas anuales más bajas y mayor nubosidad.

La plantación se realizó en junio de 2019 con plantas de 2 años de edad, producidas en el Centro Regional de INIA para los fines indicados. Se plantaron 40 individuos para seguimiento por módulo, la fertilización correspondió a una mezcla de 50 g planta⁻¹ en el pozo de plantación de una mezcla de fertilizantes N, P, K y Mg; además, se aplicó S y B. Previo a la plantación se eliminó la capa subsuperficial compactada en ambos sitios, y posplantación se colocó la protección contra lagomorfos. Con el fin de estimular la formación de ramas y ramillas y disminuir la dominancia apical se cortaron los brotes nuevos a fines de invierno del 2019; asimismo, el 2021 se niveló la altura de las plantas con cortes de los brotes principales a inicios de primavera.

2.2. Evaluaciones

Para las evaluaciones y análisis de correlación (*Rho* de Spearman) se consideraron las siguientes variables por planta: cobertura (%), peso ramas (g), peso ramillas (g), peso hojas (g), MS total (g), radio superior (cm), radio inferior (cm), altura (cm) y volumen total (cm³). Para la evaluación entre localidades se consideraron: altura (m), diámetro mayor (m), diámetro menor (m) y volumen (m³), junto con un análisis de medias ($p \leq 0,05$).

Se consideró las hojas y ramillas de <3 mm como material ramoneable, palatable o componente comestible por parte del ganado, el cual es definido como el tejido sin lignificar, recayendo esta clasificación en hojas, ramillas o tallos; algunos autores incluyen en esta condición tallos de hasta 6 mm o, en su defecto, de menos de 1,5 mm (Franklin-McEvoy et al., 2007; Van der Baan et al., 2004); pero se define, bajo condiciones empíricas, a las hojas más ramas de <3 mm como el material palatable y deseado por

los animales (Norman et al., 2004, 2008; Souza et al., 2014). Se determinó el valor de proteína cruda de los fragmentos de ramillas (<3mm) y hojas con el método Kjeldahl para las dos localidades. Los análisis nutricionales se realizaron según los protocolos del Laboratorio de Bromatología de INIA. Los resultados se dividieron en los siguientes contenidos, considerando la etapa de establecimiento (2019-2021):

- Condiciones climáticas
- Condiciones de sitio
- Crecimiento de las plantas
- Componente comestible por el ganado

3. Resultados y Discusión

3.1. Condiciones climáticas

Existe variación de los indicadores climáticos entre ambos sitios durante el periodo de establecimiento y desarrollo temprano, destacando contrastes entre los registros de temperaturas (°C) (Tabla 1) y pluviometrías (mm) entre localidades (Tabla 1).

Tabla 1. Registros climáticos temporada de evaluación período 2019-2021 en las dos localidades.
Table 1. Climatic registers of the assessment season 2019-2021 at the two locations.

| Indicadores | Carillanca ^a | | | Los Sauces ^b | | |
|--|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Temperatura aire (°C) min. | -5,1 | -3,6 | -4,0 | -1,1 | -2,0 | -2,4 |
| Temperatura aire (°C) máx. | 38,9 | 34,7 | 36,6 | 38,8 | 37,5 | 39,2 |
| Temperatura superficie (°C) min. | -6,6 | -5,9 | -7,2 | -1,7 | -2,3 | -2,6 |
| Temperatura superficie (°C) máx. | 39,7 | 42,1 | 40 | 42,4 | 42,8 | 41,8 |
| Humedad relativa (%) min. | 20,1 | 20,2 | 17,7 | 16,5 | 17,4 | 12,9 |
| Humedad relativa (%) máx. | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Evapotranspiración (mm día ⁻¹) min. | 0,29 | 0,34 | 0,32 | 0,33 | 0,35 | 0,33 |
| Evapotranspiración (mm día ⁻¹) máx. | 6,24 | 5,91 | 6,35 | 8,75 | 8,71 | 10,41 |
| Pluviometría (mm año ⁻¹) | 925 | 939 | 809 | 535,6 | 474,2 | 480,2 |
| Relación (%) con registro histórico ^c | -31,3 | -30,2 | -39,9 | -43,9 | -50,4 | -49,7 |

a Estación de referencia Carillanca, Vilcún: Lat. 38° 41' S., Long. 72° 25' O. Alt. 200 m s.n.m.

b Estación de referencia El Vergel, Angol: Lat. 37° 82' S., Long. 72° 66' O. Alt. 81 m s.n.m. que cubre el sitio de seguimiento en la comuna de Los Sauces.

c Rango histórico pluviometría (mm) año normal: Carillanca 1345,6 mm, Angol 955,4 mm.

Desde la fecha de plantación (2019), se han producido temperaturas mínimas de hasta -7,2 °C (Carillanca) y -2,6 °C (Los Sauces) sin muerte de plantas; sin embargo, en el sitio Carillanca (valle central) hubo daño por heladas en el exterior del arbusto, generando la planta rápidamente nuevos brotes y hojas. Las heladas ocurren entre mayo y septiembre (Figura 2) donde existe escaso crecimiento de la planta. En primavera, cuando ocurre la mayor tasa de producción de biomasa de la planta el daño producto de las temperaturas bajo 0 °C se visualiza de manera más evidente, pero con rápida reposición con rebrote de los fustes afectados.

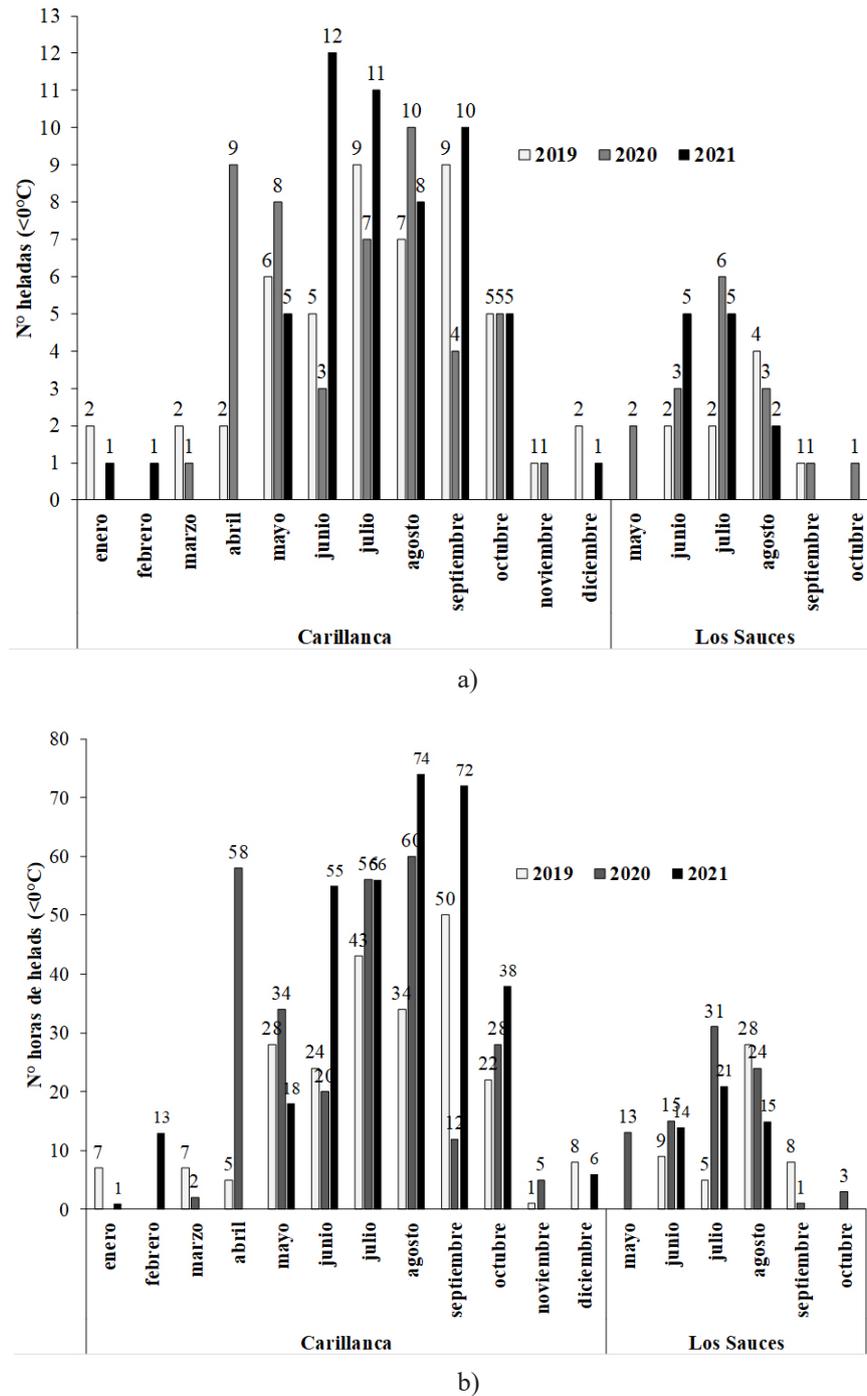


Figura 2. Incidencia de heladas en ambas localidades, a) Número de heladas (<math><0^{\circ}\text{C}</math>) y b) Número de horas heladas mes⁻¹ (horas <math><0^{\circ}\text{C}</math>).

Figure 2. Frost occurrence at both locations, a) Number of frosts (<math><0^{\circ}\text{C}</math>) and b) Number of frost hours month⁻¹ (hours <math><0^{\circ}\text{C}</math>).

En relación con temperaturas máximas (registros en superficie y aire), los mayores valores se registraron en Los Sauces en época estival, llegando a temperaturas máximas sobre 41°C en superficie (0 a 50 cm sobre el suelo, que es donde ocurre el desarrollo de biomasa), y mayor a 37°C en el aire; al respecto, autores señalan que entre los 33°C a 36°C la planta al comienzo ve dificultado su crecimiento y sobre 36°C existen restricciones severas para su crecimiento normal, siendo los rangos ideales para su crecimiento entre 16°C y 28°C como media (FAO, 2022; Román-Figueroa et al., 2019).

3.2. Condiciones de sitio

Los suelos de ambas localidades difieren en la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo; según la Tabla 2, la localidad de Los Sauces (alfisol) tiene una condición de baja a muy baja capacidad de retener humedad aprovechable (<10 %) lo cual es característico de suelos arenosos y franco arenosos (Israelsen y Hansen, 1965); por su parte, el suelo de la localidad de Carillanca (andisol) presenta una condición favorable de 30 % de humedad aprovechable (Tabla 3).

Tabla 2. Características texturales de los suelos en los módulos de seguimiento.
Table 2. Textural characteristics of the soils in the monitoring modules.

| Localidad | Profundidad (cm) | MO (%) | Da (g cm ⁻³) | Arena | Limo | Arcilla | Clase Textural USDA |
|------------|---------------------|-----------|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|
| | | | | (%) 2-0,05 (mm) | (%) 0,05-0,002 (mm) | (%) <0,002 (mm) | |
| Los Sauces | 0-20 | 4,4 | 1,5 | 51,9 | 21,0 | 27,1 | Franco arcillo arenosa (FAa) |
| | 20-25 | 2,9 | 1,4 | 43,4 | 18,3 | 38,3 | Franco arcillosa (FA) |
| | 25-30 | 1,4 | 1,4 | 58,8 | 23,6 | 17,7 | Franco arenosa (Fa) |
| | 30-50 | 1,6 | 1,5 | 48,3 | 23,8 | 28,0 | Franco arcillo arenosa (FAa) |
| Carillanca | 0-20 | 17,3 | 0,8 | 19,7 | 46,7 | 33,6 | Franco arcillo limosa (FAL) |
| | 20-34 | 11,9 | 0,6 | 19,6 | 51,0 | 29,5 | Franco arcillo limosa (FAL) |
| | 34-50 | 11,3 | 0,7 | 24,2 | 50,8 | 25,0 | Franco limosa (FL) |
| | 50-66 | 4,6 | 1,0 | 58,9 | 25,7 | 15,4 | Franco arenosa (Fa) |

Tabla 3. Capacidad de retención de agua y porosidad en suelos de los módulos de seguimiento.
Table 3. Water holding capacity and porosity in the soils of the monitoring modules.

| Localidad | Profundidad (cm) | C.C. ^a | P.M.P. ^b | H.A. ^c | Porosidad total | Macroporos | Microporos |
|------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------|------------|
| | | (%) 33 Atm. | (%) 1500 Atm. | (%) | (%) | (%) | (%) |
| Los Sauces | 0-20 | 20,30 | 11,1 | 9,2 | 43,9 | 13,5 | 30,4 |
| | 20-25 | 21,6 | 13,9 | 7,7 | 49,1 | 19,9 | 29,1 |
| | 25-30 | 15,2 | 8,1 | 7,0 | 47,2 | 25,9 | 21,2 |
| | 30-50 | 20,2 | 11,2 | 9,0 | 45,3 | 16,1 | 29,2 |
| Carillanca | 0-20 | 73,0 | 39,0 | 34,0 | 66,1 | 14,2 | 51,9 |
| | 20-34 | 67,0 | 38,4 | 28,6 | 75,2 | 37,0 | 38,2 |
| | 34-50 | 66,6 | 38,9 | 27,7 | 70,9 | 26,2 | 44,6 |
| | 50-66 | 37,8 | 29,1 | 8,7 | 57,4 | 20,3 | 37,0 |

^a C.C. (%) Capacidad de campo.

^b P.M.P. (%) Punto de marchitez permanente.

^c H.A. Humedad aprovechable (C.C.-P.M.P.) (%).

Las características edafoclimáticas (sequía estival severa) y condición de sitio específico del establecimiento en la localidad de Los Sauces han determinado el comportamiento de las plantas en los estados iniciales y crecimiento temprano; resultados similares fueron obtenidos por Descheemaeker et al. (2014) donde el crecimiento de la especie fue dispar atribuido a la sequía estival intensa (reservas de humedad edáfica agotada) y condiciones del sitio donde fue plantada (suelo poco profundo y pedregoso).

Al respecto, varios autores señalan que, entre los factores condicionantes para el crecimiento de *Atriplex nummularia* (Lindl.) además de las variables ambientales (Azócar et al., 2007; Díaz et al., 2020) se encuentra el factor

edáfico; Valdés Castro y Correa (1993) señalan que el suelo (calidad de suelo) es una variable altamente determinante si un sitio es apto para forestar o no con la especie, estableciendo que la variable edáfica explica el 75 % de los rendimientos del forraje; Lailhacar et al. (1991) por su parte, establece que la diferenciación en el desarrollo de arbustos adultos, en 27 sitios del norte de Chile, son atribuidas a variables edáficas, tanto químicas como físicas, considerando aspectos negativos el elevado contenido de arcilla en los sitios y presencia de cloro. En cambio en la localidad de Carillanca la condición textural del suelo, profundidad efectiva y capacidad de almacenamiento de agua no otorgan impedimentos para el adecuado desarrollo de las plantas, siendo la variable térmica (ciclo anual con un régimen más extenso de temperaturas menores a 10 °C) lo que influye mayormente el desarrollo de las plantas.

3.3. Crecimiento de las plantas

Atriplex nummularia (Lindl.) presenta individuos distintos, lo cual es atribuible a una elevada plasticidad fenotípica intrínseca (especie dioica, poliploide y con alta diversidad genética) (Sampson y Byrne, 2012), y la interacción con el ambiente. Al respecto, los resultados indican variación en el crecimiento entre sitios e individuos con disparidad en altura, diámetro basal, diámetro superior y volumen estructural total, pero principalmente el contraste de las condiciones edafoclimáticas de los sitios. En ambos sitios el espacio ocupado por los arbustos se configura morfológicamente como un cono y específicamente a una forma de cono-truncado inverso con una tasa de crecimiento dinámica principalmente de brotes compuesto de ramas, ramillas y hojas que se acelera con temperaturas favorables y disponibilidad de agua. La fórmula de referencia de volumen se presenta en la ecuación [1].

$$V = \frac{1}{3} \times \pi \times h \times (r_1^2 + r_2^2 + r_1 \times r_2) \quad [1]$$

donde:

- $V = \text{volumen (cm}^3\text{)}$
- $r_1 = \text{diámetro mayor (cm)}$
- $r_2 = \text{diámetro menor (cm)}$
- $h = \text{altura (cm)}$

Según la Tabla 4, existieron correlaciones significativas entre ramillas ($p \leq 0,01$), hojas ($p \leq 0,05$) y materia seca ($p \leq 0,01$) con el volumen que constituye el arbusto.

Tabla 4. Correlaciones de componentes (*Rho* de Spearman) de producción de MS (g) y volumen (cm³) constitutivo del arbusto (n=30).

Table 4. Component correlations (Spearman's *Rho*) of DM production (g) and volume (cm³) constituent of the bush (n=30).

| Indicador | Cobertura (%) | Ramas (g) | Ramillas (g) | Hojas (g) | MS (g) | Radio superior (cm) | Radio inferior (cm) | Altura (cm) | Volumen (cm ³) |
|----------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------|---------------------|---------------------|-------------|----------------------------|
| Cobertura (%) | 1 | -0,492 | -0,527 | -0,5 | -0,636* | 0,197 | 0,197 | -0,685** | -0,589* |
| Ramas ^a (g) | -0,492 | 1 | 0,547** | 0,473* | 0,776** | 0,224 | 0,012 | -0,069 | 0,214 |
| Ramillas ^b (g) | -0,527 | 0,547** | 1 | 0,775** | 0,885** | 0,438 | 0,377 | 0,467 | 0,707** |
| Hojas (g) | -0,5 | 0,473* | 0,775** | 1 | 0,874** | 0,478* | 0,256 | 0,203 | 0,537* |
| MS (g) | -0,636* | 0,776** | 0,885** | 0,874** | 1 | 0,469* | 0,239 | 0,266 | 0,602** |
| Rad. Sup. (cm) | 0,197 | 0,224 | 0,438 | 0,478* | 0,469* | 1 | 0,653** | 0,103 | 0,674** |
| Rad. Inf. (cm) | 0,197 | 0,012 | 0,377 | 0,256 | 0,239 | 0,653** | 1 | -0,064 | 0,457 |
| Altura (cm) | -0,685** | -0,069 | 0,467 | 0,203 | 0,266 | 0,103 | -0,064 | 1 | 0,729** |
| Volumen (cm ³) | -0,589* | 0,214 | 0,707** | 0,537* | 0,602** | 0,674** | 0,457 | 0,729** | 1 |

* $p \leq 0,05$

** $p \leq 0,01$

^a Ramas: >3 mm diámetro.

^b Ramillas: <3 mm diámetro.

En la Tabla 5 se señalan las dimensiones registradas luego de dos años y medio de establecimiento (julio 2019 a diciembre 2021).

Tabla 5. Características del desarrollo de los arbustos en dos localidades (2019-2021)^(*).
Table 5. Characteristics of shrub development at two locations (2019-2021)^().*

| Localidad | | Altura (m) | Diámetro mayor (m) | Diámetro menor (m) | Volumen (m ³) |
|------------|----------|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| Carillanca | Promedio | 1,04 A | 0,61 A | 0,29 n. s. | 0,19 A |
| | D.E. | 0,22 | 0,17 | 0,09 | 0,11 |
| | C.V. (%) | 20,9 | 28,1 | 29,3 | 59,1 |
| Los Sauces | Promedio | 0,5 B | 0,48 B | 0,35 n. s. | 0,07 B |
| | D.E. | 0,16 | 0,05 | 0,12 | 0,05 |
| | C.V. (%) | 32,5 | 24,9 | 34,4 | 69,9 |

^(*) Letras distintas señalan diferencias significativas $p \leq 0,05$. n. s. no significativo.

Según la clasificación señalada por Azócar et al. (2007) (arbusto pequeño, mediano y grande), los arbustos de Carillanca tendrían al 2021 una altura mediana a pequeña, diámetro mayor mediano a pequeño, diámetro menor pequeño y un volumen mediano a pequeño; por su parte, los arbustos de Los Sauces, en cambio, están catalogados como pequeños en altura, diámetro mayor, diámetro menor y volumen al 3^{er} año de haber sido plantados. Cabe indicar que las condiciones ambientales favorables para la especie, específicamente temperaturas para el crecimiento ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Figura 3), son mejores en la localidad de Los Sauces (Estación de referencia Angol) con un periodo que se extiende desde fines de agosto a fines de mayo, Carillanca, en cambio, corresponde a un lugar con un periodo más corto de temperaturas favorables, que se extiende desde la segunda semana de octubre a la primera semana de mayo, siendo considerado como un espacio de distribución más bien marginal para la especie (Vial Alarcón, 2022).

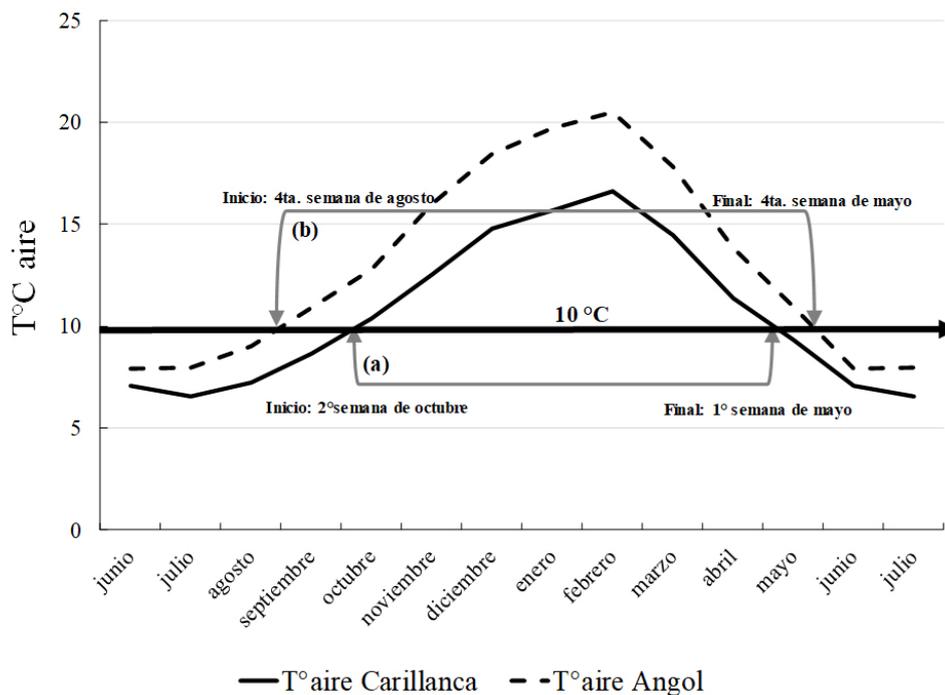


Figura 3. Temperaturas medias (2019-2021) datos de estaciones meteorológicas de referencia con valores sobre 10 °C como referencia para el crecimiento óptimo de *Atriplex nummularia* (Lindl.); a) Carillanca y b) Angol.

Figure 3. Average temperatures (2019-2021) data from reference meteorological stations with values above 10 °C as reference for optimal growth of Atriplex nummularia (Lindl.), a) Carillanca and b) Angol.

3.4. Componente comestible para el ganado

Los resultados nutricionales en el período de evaluación son variables entre localidades. Los mayores contrastes en la mezcla analizada de ramillas y hojas son en el % MS y PC (Tabla 6). La proporción del componente comestible mezclado del sitio en la localidad de Carillanca correspondió a un 78 % hojas y 12 % ramillas (<3 mm); en cambio el componente comestible de Los Sauces correspondió a un 48 % hojas y 52 % ramilla. Según la Tabla 6, en Los Sauces se registró el menor contenido de PC.

Tabla 6. Resultados análisis bromatológico realizado al material consumible por el ganado en las dos localidades durante la época estival (verano).
Table 6. Results of bromatological analysis of the material consumed by livestock in the two localities during the summer season (summer).

| Indicador | Verano (2021) | | Referencia ¹ |
|---|---------------|------------|-------------------------|
| | Carillanca | Los Sauces | |
| Materia seca (%) | 25,89 | 37,12 | 28,5 |
| Proteína cruda (%) | 22,74 | 8,87 | 11,9 |
| Digestibilidad "in vitro" (%) | 78,18 | 75,74 | - |
| Energía metabolizable (MCal kg ⁻¹) | 2,26 | 2,14 | 2,82 |
| Fibra detergente neutro (%) | 28,08 | 26,63 | - |
| Cenizas (%) | 19,32 | 21,25 | 25,7 |
| Valor "D" (%) | 61,01 | 57,14 | - |
| Energía Neta Lactancia (MCal kg ⁻¹) | 1,37 | 1,30 | 1,72 |
| Nitrógeno (%) | 3,64 | 1,42 | - |

¹Atriplex nummularia (Lindl.) en: Tablas de composición de alimentos para ganado de las zonas centro y centro sur de Chile (Hirsch-Reinshagen et al., 1992).

En verano existe una relación ramillas/hoja mayor en el sitio de Los Sauces a diferencia de Carillanca donde las hojas ocupan mayor porcentaje del volumen total del material ramoneable o consumible por parte del ganado. Con el fin de determinar la variación, atribuida a la proporción hoja/ramilla de la muestra de material, se analizó el contenido de proteína cruda PC (%) de manera fragmentada en ramillas y hojas.

Al fragmentar los contenidos del material en hojas y ramillas (Tabla 7) se determinó que las hojas, cuyo origen es el sitio de Los Sauces, tienen un contenido menor de PC respecto a las hojas del sitio en Carillanca; esta variación es atribuible a la naturaleza del material dado que es tejido de rebrote que creció en condiciones desfavorables (sequía estival).

Tabla 7. Contenido de proteína cruda por fracción de material consumible por el animal por zona (período estival 2022) con base en materia seca.

Table 7. Crude protein content by fraction of material edible by livestock (summer period 2022) in dry matter.

| Época de análisis | Localidad | Material | MS (%) | PC (%) |
|-------------------|------------|-----------------|--------|--------|
| Verano | Los Sauces | Ramillas (<3mm) | 92,51 | 7,52 |
| | | Hojas | 94,85 | 10,79 |
| | Carillanca | Ramillas (<3mm) | 93,20 | 13,56 |
| | | Hojas | 95,73 | 22,35 |

Cabe indicar que especies de *Atriplex*, y en particular *Atriplex nummularia* (Lindl.), presentan variaciones en el contenido de proteína en base a componentes genéticos y condiciones ambientales en las cuales se ha desarrollado la planta con un elevado componente estacional y con elevados contrastes entre la época de mayor

crecimiento (saliendo de la estación fría) y el período de sequía estival (El-Shatnawi y Abdullah, 2003; Khalil et al., 1986; Norman et al., 2008; Watson y O’Leary, 1993); dado lo anterior, se esperaría que la disparidad detectada en el contenido de proteína PC no sea permanente y se registren variaciones en el contenido nutricional del componente comestible a lo largo del año.

4. Conclusión

Una vez establecido el arraigo de las plantas de *Atriplex nummularia* (Lindl.) ha sido adecuado en sitios altamente disímiles (alfisol de baja fertilidad y andisol con buena fertilidad) siendo fundamental, previo a la plantación, la evaluación del sitio.

La calidad física de los suelos determina, en gran medida, el establecimiento adecuado de la planta y su crecimiento posterior. El escaso crecimiento de las plantas que se ha registrado en Los Sauces es atribuido a la baja capacidad de retención de humedad del suelo sumado a períodos prolongados de sequía y altas temperaturas desde fines de primavera hasta inicios de otoño.

Los escenarios de restricción hídrica provocaron un detrimento en cantidad y calidad del componente comestible de la planta en el sitio de Los Sauces en el periodo estival tardío (fines de verano) más que en Carillanca; sin embargo, dicho detrimento no sería permanente, sino variable, de acuerdo a las etapas de desarrollo del ciclo anual de la planta y condiciones de suministro anual de agua.

Las plantas en la localidad de Carillanca presentaron mejor desarrollo atribuible a la calidad del suelo y disponibilidad de agua, siendo la principal limitación la extensión del periodo frío y, por ende, un período más corto para el crecimiento activo de la planta.

Contribuciones de los autores

- Manuel Andrés Vial Alarcón: conceptualización, investigación, metodología, recursos, software, redacción – borrador original.
- Juan Inostroza Fariña: redacción – revisión y edición.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Abou El Nasr, H. M., Kandil, H. M., El Kerdawy, A., Dawlat, H. S., Khamis, H. S., y El-Shaer, H. M. (1997). Value of processed saltbush and acacia shrubs as sheep fodders under the arid conditions of Egypt, *Small Ruminant Research*, 24(1), 15-20. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00932-7](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00932-7)
- AGRIMED. (2017) *Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima*. Tomo IV: Regiones del Biobío y de La Araucanía. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas; Fundación para la Innovación Agraria. <http://www.agrimed.cl/atlas/tomo4.html>
- Askar, A. R., Nassar, M. S., Badawy, H. S., Eid, E. Y., Guada, J. A., y Farid, M. F. A. (2016). Recovered energy and efficiency of digestion in sheep and goats fed *Atriplex nummularia* compared to alfalfa hay. *Livestock Science*, 194, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.009>
- Azócar, P., Mansilla, A., Patón, D., Torres, C., y Santibáñez, F. (2007). Estimación de la producción de forraje

- de *Nummularia* (*Atriplex nummularia* Lindl) según tamaño del arbusto y precipitación anual. *Avances en producción animal*, 32(1-2), 95-102. <https://agronomia.uchile.cl/dam/jcr:25ff471e-47ea-4e44-8aa1-01fd9b67f2b6/VOL.32.pdf>
- Ben Salem, H., Norman, H. C., Nefzaoui, A., Mayberry, D. E., Pearce, K. L., y Revell, D. K. (2010). Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. *Small Ruminant Research*, 91(1), 13-28. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.10.017>
- Benjamin, R. W., Lavie, Y., Forti, M., Barkai, D., Yonatan, R., y Hefetz, Y. (1995). Annual regrowth and edible biomass of two species of *Atriplex* and of *Cassia sturtii* after browsing. *Journal of Arid Environments*, 29(1), 63-84. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(95\)80065-4](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(95)80065-4)
- Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN]. (2002). *Estudio agrológico IX Región: descripciones de suelos: materiales y símbolos*. CIREN. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/24409>
- Ciano, N., Buono, G., Beider, A., y Zerrizuela, R. (2006). Plantación de arbustos para uso múltiple y estratégico en sistemas ovinos de zonas áridas y semiáridas de Patagonia. En *Taller Grupo de Estudio Pastizales Patagónicas - FAO. Degradación de Ecosistemas Pastoriles en la Patagonia* (54-59). Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, No. 36. Coyhaique. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/8520>
- Descheemaeker, K., Smith, A. P., Robertson, M. J., Whitbread, A. M., Huth, N. I., Davoren, W., Emms, J., y Llewellyn, R. (2014). Simulation of water-limited growth of the forage shrub saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in a low-rainfall environment of southern Australia. *Crop and Pasture Science*, 65(10), 1068-1083. <https://doi.org/10.1071/CP13452>
- Díaz, R. F., Armando, R. A., y Guzman, L. M. (2020). Variación anual de la biomasa aérea de *Atriplex nummularia* Lindl. y aproximación a un modelo de estimación del forraje disponible. *Revista Tecnoárido*, 2(3), 65-70. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9943>
- El-Shatnawi, M. K. J., y Abdullah, A. Y. (2009). Composition changes of *Atriplex nummularia* L. under a Mediterranean arid environment. *African Journal of Range & Forage Science*, 20(3), 253-257. <https://doi.org/10.2989/10220110309485823>
- Falasca, S. L., Pizarro, M. J., y Mezher, R. N. (2014). The agro-ecological suitability of *Atriplex nummularia* and *A. halimus* for biomass production in Argentine saline drylands. *International Journal of Biometeorology*, 58(7), 1433-1441. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0744-x>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2022). *The crop environmental requirements database. GAEZ Data Portal v4. Ecocrop*. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-find-plant>
- Franklin-McEvoy, J., Bellotti, W. D., y Revell, D. K. (2007). Supplementary feeding with grain improves the performance of sheep grazing saltbush (*Atriplex nummularia*) in autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47, 912-917. <https://doi.org/10.1071/EA06149>
- Gacitúa Ferrer, C. P. (2017). *Propiedades químicas de suelo en líneas de piedra con Atriplex nummularia Lindl. y aplicación de estiércol de caprino en una ladera degradada de la Región de Coquimbo*. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152810>
- Gerding, V., Puentes, O., Schlatter, J. E., y González, P. (1985). Fertilización con boronatrocalcita en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* en suelos graníticos. *Bosque*, 6(2), 100-112. <https://doi.org/10.4206/bosque.1985.v6n2-05>
- Gintzburger, G., Bounejmate, M., y Nefzaoui, A. (eds.) (2000). *Fodder shrub development in arid and semi-arid zones. Proceedings of the workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones*. Volumes I & II. International Center for Agricultural Research in the dry Areas (ICARDA). <http://hdl.handle.net/10625/6388>
- Guevara, J. C., Allegretti, L. I., Paez, J. A., Estevez, O. R., Le Houérou, H. N., y Silva Colomer, J. H. (2005). Yield, nutritional value, and economic benefits of *Atriplex nummularia* Lindl. plantation in marginal dryland areas for conventional forage crops. *Arid Land Research and Management*, 19(4), 327-340. <https://doi.org/10.1080/15324980500299672>
- Hirsch-Reinshagen, P., González, F., Bas, F., Saa, F., Medina, J., y Soto, S. (1992). *Tablas de composición de alimentos para ganado de las zonas centro y centro sur de Chile*. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria, Ministerio de Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Zootecnia. <https://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145628>
- Hobbs, T. J., Bartle, J., y Bennell, M. (eds.). (2009). *Reviews of high priority species for woody biomass crops*

- in lower rainfall southern Australia*. Flora Search 3b. RIRDC Publication No. 09/044. RIRDC Project No. UWA-98A. Rural Industries Research and Development Corporation. <https://data.environment.sa.gov.au/Content/Publications/FloraSearch-3b-09-044.pdf>
- Hyder, S. Z. (1981). Preliminary observations on the performance of some exotic species of *Atriplex* in Saudi Arabia. *Journal of Range Management*, 34(3), 208-210. <https://doi.org/10.2307/3898042>
- Israelsen, O. W., y Hansen, V. E. (1965). *Principios y aplicaciones del riego* (2ª ed.). Editorial Reverte.
- Khalil, J. K., Sawaya, W. N., y Hyder, S. Z. (1986). Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. *Journal of Range Management*, 39(2), 104-107. <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/download/7953/7565>
- Lailhacar, S., Carrasco, A., y Correa, C. (1991). Variables edáficas a considerarse en la elección de terrenos para plantaciones con el arbusto forrajero *Atriplex nummularia* Lindl. II. Estación Experimental Agronómica Las Cardas. *Avances en Producción Animal*, 16(1-2), 47-66. <https://agronomia.uchile.cl/dam/jcr:0d430c4f-bf19-4c35-8850-5aca1db3220d/VOL.16.pdf>
- Le Houérou, H. N. (1992). The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agroforestry Systems*, 18, 107-148. <https://doi.org/10.1007/BF00115408>
- Le Houérou, H. N. L. (1994). Forage halophytes and salt-tolerant fodder crops in the Mediterranean Basin. En V. R. Squires, y A. T. Ayoub (eds.), *Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands. Tasks for Vegetation Science*, vol. 32 (pp. 123-137). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0818-8_10
- Meneses, R., Varela, G., y Flores, H. (2012). Evaluating the use of *Atriplex nummularia* hay on feed intake, growth, and carcass characteristics of creole Kids. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 74-79. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000100012>
- Norman, H. C., Friend, C., Masters, D. G., Rintoul, A. J., Dynes, R. A., y Williams, I. H. (2004). Variation within and between two saltbush species in plant composition and subsequent selection by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(9), 999-1007. <https://doi.org/10.1071/AR04031>
- Norman, H. C., Masters, D. G., Wilmot, M. G., y Rintoul, A. J. (2008). Effect of supplementation with grain, hay or straw on the performance of weaner Merino sheep grazing old man (*Atriplex nummularia*) or river (*Atriplex amnicola*) saltbush. *Grass and Forage Science*, 63(2), 179-192. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00623.x>
- Otal, J., y Correal, E. (2011). Productividad primaria y aprovechamiento ovino de *Atriplex nummularia*, arbusto forrajero introducido en el S.E. Español. *Pastos*, 0, 283-293. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1640>
- Pham Thi, A., Pimentel, C., y Vieira da Silva, J. (1982). Effects of water stress on photosynthesis and photorespiration of *Atriplex nummularia*, a C4 plant. *Photosynthetica*, 16(3), 334-342. <https://kramerius.lib.cas.cz/uuid/uuid:33618a0f-4ce4-11e1-1651-001143e3f55c>
- Román-Figueroa, C., Herrera, S., Cortez, D., Uribe, J. M., y Paneque, M. (2019). Methodology for the estimation of land suitability for *Atriplex* L. [Amaranthaceae Juss. (sl)] cultivation in arid and semi-arid regions. *Arid Land Research and Management*, 33(4), 412-426. <https://doi.org/10.1080/15324982.2019.1596992>
- Ruiz, M. B., Parera, C. A., y Parera, C. A. (2013). Efecto del estrés hídrico y salino sobre la germinación de *Atriplex nummularia* (Chenopodiaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 99-106. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/32982>
- Sampson, J. F., Byrne, M., Norman, H. C., y Barrett-Lennard, E. (2015). Confirming the genetic affinity of the 'Eyes Green' saltbush cultivar as oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.). *Australian Journal of Botany*, 62(7), 609-613. <https://doi.org/10.1071/BT14233>
- Sampson, J. F., y Byrne, M. (2012). Genetic diversity and multiple origins of polyploid *Atriplex nummularia* Lindl. (Chenopodiaceae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 105(1), 218-230. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01787.x>
- Souza, E. R., Freire, M. B., Melo, D. V., y Montenegro, A. de A. (2014). Management of *Atriplex Nummularia* Lindl. in a salt affected soil in a semiarid region of Brazil. *International Journal of Phytoremediation*, 16(1), 73-85. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.759529>
- Squella N., F., Meneses, R., y Gutiérrez, T. (1985). Evaluación de especies forrajeras arbustivas bajo condiciones de clima mediterráneo árido. *Agricultura Técnica*, 45(4), 303-314. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/38637>

- Stolpe, N. (2002). *Clasificaciones interpretativas*. Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, N° 20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/8356>
- UNESCO. (2010). *Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe*. Dentro del marco del proyecto “Elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y el Caribe”. Cazalac. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216333>
- Valdés Castro, J., y Correa, C. (1993). Determinación de calidades de sitio para plantaciones de *Atriplex nummularia* Lindl. en comunidades agrícolas de la comuna de Canela, IV Región. *Ciencia & Investigación Forestal*, 7(1), 49-83. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1993.180>
- Van der Baan, A., Van Niekerk, W. A., Rethman, N. F. G., y Coertze, R. J. (2004). The determination of digestibility of *Atriplex nummularia* cv. De Kock (Oldman’s saltbush) using different *in vitro* techniques. *South African Journal of Animal Science*, 34(Suppl. 1), 95-97. <https://journals.co.za/doi/10.10520/EJC94390>
- Vial Alarcón, M. (2020). *Caracterización física de los suelos del secano interior de Malleco*. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, N° 421. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6902>
- Vial Alarcón, M. (2022). Aproximación a la distribución potencial de *Atriplex nummularia* Lindl. en la Región de La Araucanía (Chile). *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(2), 7-19. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.564>
- Watson, M. C., O’Leary, J. W., y Glenn E. P. (1987). Evaluation of *Atriplex lentiformis* (Torr.) S. Wats. and *Atriplex nummularia* Lindl. as irrigated forage crops. *Journal of Arid Environments*, 13(3), 293-303. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)31119-4](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(18)31119-4)
- Watson, M. C., y O’Leary, J. W. (1993). Performance of *Atriplex* species in the San Joaquin valley, California, under irrigation and with mechanical harvests. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 43(3-4), 255-266. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90090-C](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90090-C)
- Zucca, C., Pulido-Fernández, M., Fava, F., Dessena, L., y Mulas, M. (2013). Effects of restoration actions on soil and landscape functions: *Atriplex nummularia* L. plantations in Ouled Dlim (Central Morocco). *Soil and Tillage Research*, 133, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.04.002>