

Ecoanatomía y diversidad de leñosas en condiciones de salinidad del suelo

Figuroa, M. E.¹ y A. M. Giménez²



1. Introducción

La salinización es un proceso de degradación del suelo, que actualmente representa una gran preocupación mundial por el acelerado incremento de la superficie de tierras afectadas por sales en todo el planeta. Los territorios más afectados en las próximas décadas serán las regiones áridas y semiáridas (Schofield & Kirkby, 2003; IUSS WRB, 2014).

Los bosques de la región semiárida Chaqueña, enfrentan hoy una multiplicidad de amenazas que ponen en riesgo su conservación. El cambio climático y la deforestación son dos de las principales causas que podrían propiciar la salinización de los suelos de las regiones boscosas (salinización secundaria) y acentuarla en las regiones naturalmente salinas (salinización primaria). En el Chaco semiárido, existen comunidades edáficas salinas, típicas para la región, que se originan por causas naturales, bajo ciertas condiciones de relieve y dinámica de sales y agua en el paisaje (Ragonese & Castiglione, 1970; Cabrera, 1976; Lorenz, 2009). Las especies leñosas de estas comunidades edáficas y del bosque nativo, en general, poseen alta tolerancia a la salinidad del suelo (Mitlöhner, 1990; Taleisnik & López, 2011). Sin embargo, es complejo predecir la magnitud de los efectos, que los cambios acelerados en las condiciones climáticas y edáficas tendrán, sobre la capacidad de respuesta de las especies.

El estrés salino genera condiciones de estrés fisiológico semejantes a las causadas por el estrés hídrico, sumado al efecto tóxico que causa el exceso de iones (Larcher, 1977). Frente a esto, las plantas de ambientes salinos, manifiestan adaptaciones anatómicas en todos sus órganos, entre otras estrategias adaptativas.

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: meugeniaf83@yahoo.com.ar

² Laboratorio de Anatomía de la Madera, Instituto de Silvicultura y Manejo de bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.; E-mail: amig@unse.edu.ar

En este contexto, los estudios eco-anatómicos (Figura 1) permiten analizar la estructura anatómica de los órganos vegetales, de las especies de una comunidad o de determinadas poblaciones, en relación a las condiciones del medio físico (disponibilidad de agua, temperatura, estacionalidad, altitud y distribución geográfica, etc.) (Carlquist, 1975; Baas & Carlquist, 1985; Carlquist, 1988; Giménez & Moglia, 1998.). La variabilidad en las características anatómicas puede ser explicada por la plasticidad fenotípica en respuesta a la influencia ambiental (Baas *et al.* 1983; Echeverría *et al.*, 2008), o bien por adaptaciones ecológicas, causadas por variaciones genéticas resultantes de la selección natural en el pasado (Metcalf & Chalk, 1983; Denari & Marchiori 2005; Grigore & Toma 2005; Araque & León 2006). Las especies con una amplia distribución geográfica, generalmente presentan alta plasticidad fenotípica, o una alta variabilidad genética entre los individuos, lo cual contribuye a la supervivencia y propagación de dichas especies (Bradshaw, 1965).

De este modo, la diversidad de especies vegetales de un hábitat heterogéneo, se verá condicionada por la capacidad de las mismas (y sus genotipos) de responder a la heterogeneidad ambiental, con ajustes morfológicos y fisiológicos (Figura 1).

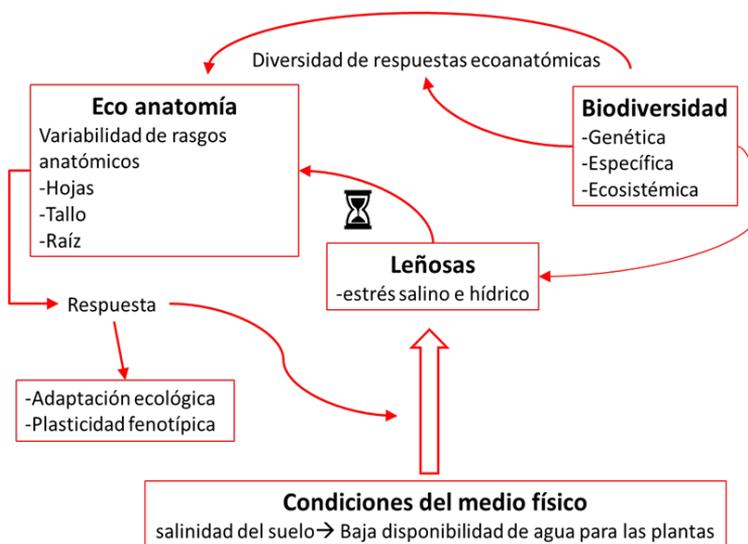


Figura 1. Esquema conceptual de la relación entre biodiversidad de leñosas (fuente de diversidad de respuestas adaptativas) y la variabilidad de rasgos anatómicos que responden a las condiciones del medio físico (objeto de estudio de la Eco anatomía).

En condiciones de estrés hídrico, como las generadas por el estrés salino, el problema principal que debe enfrentar el tallo de una planta leñosa (xilema), es la elevada presión negativa y el alto riesgo en la conducción de agua por cavitación (Lindorf, 1994). Así, es posible identificar, en la flora de una determinada región geográfica, patrones eco anatómicos del leño, xeromórficos o mesomórficos, según la disponibilidad hídrica. En las regiones tropicales, el xilema deberá estar adaptado para conducir grandes volúmenes de agua (predominio de rasgos mesomórficos), en cambio en las regiones semiáridas, como por ejemplo en las especies de la región Chaqueña, deberá asegurar la conducción de una

escasa cantidad de agua y evitar el riesgo de cavitación (predominio de rasgos xeromórficos) (Moglia & Giménez, 1998).

De esta manera la Ecología de Comunidades Vegetales, permite explicar las interacciones entre especies y con los factores abióticos, que dan estructura y permiten el funcionamiento de la comunidad. A lo largo de la evolución estas interacciones resultaron en una diversidad genética y específica que dio origen a las especies leñosas típicas de la flora de una determinada región. En este sentido, la Eco-Anatomía Vegetal, busca explicar la variabilidad en la estructura anatómica vegetal en función de la heterogeneidad de los factores ecológicos de una región.

2. Diversidad de leñosas en suelos salinos

Los ambientes salinos, son ecosistemas propicios para estudiar procesos ecológicos relacionados al desarrollo de la vida bajo condiciones del medio físico estresantes para cualquier ser viviente. El inicio de la sucesión natural en estos ambientes, tiene lugar en la formación de la costra biológica, una asociación simbiótica de microorganismos (algas, hongos, líquenes, hepáticas y briófitos), cuyo desarrollo y grado de complejidad indican la salud de un suelo salino (Belnap, *et al.*, 2003). La costra biológica favorece la germinación de las semillas, y contribuye así a la instalación de vegetación superior. Las plantas leñosas arbustivas colonizadoras, mejoran localmente las condiciones microclimáticas, las propiedades físico- químicas del suelo, y facilitan el ingreso de nuevas especies, las cuales eventualmente compiten y terminan por reemplazar a las colonizadoras.

Generalmente las especies altamente tolerantes poseen una baja capacidad competitiva frente a otras especies, quedando relegadas a los hábitats menos favorables (Barbour, 1978; Pendleton, *et al.*, 2010). De esta manera en un ecosistema salino es posible encontrar un alto grado de endemismos y especializaciones, aunque una baja riqueza taxonómica (Flowers, *et al.*, 1986; Cheeseman, 2013; Huchzermeyer & Flowers, 2013).

La salinidad posee un rol en la ecología y biogeografía, en diferentes escalas de tiempo. En escalas de tiempos geológicos, dirige en parte la fitogeografía y la especiación, con evidencias de su influencia en los patrones actuales de distribución de las plantas en escala regional en Europa central, Medio oriente, África, América y Australia (Bui, 2013). En escalas de tiempo más recientes influye en los patrones actuales de la biodiversidad y en la definición de nichos para especies invasivas tolerantes a la sal, como malezas y leñosas (por ej.: *Acacia sp.* en pastizales de Australia) (Bui, 2013).

La vegetación de ambientes salinos generalmente se distribuye según gradientes de salinidad y humedad (profundidad del agua subterránea) (Ragonese, 1951; Cabido y Zak, 1999; Ruiz Posse, *et al.*, 2006; Vogt, 2011). Las causas de la zonificación de la vegetación han sido ampliamente estudiadas y se deben tanto a la variabilidad en los factores edáficos como a relaciones interespecíficas de competencia (Moffett, *et al.*, 2010).

En la flora halófila de Argentina, cada región fitogeográfica tiene una comunidad característica y especies exclusivas (Ragonese, 1951; Carretero, 2001). En la estructura de

la vegetación dominan especies de porte arbustivo, los árboles son escasos y el estrato herbáceo pobre, con importantes superficies de suelo desnudo (Ragonese, 1951; Martín et al. 2009; Coirini, *et al.* 2010).

La vegetación de la región Chaqueña típica o climáxica se ve influenciada por la acción de los ríos, que modelan el relieve y modifican las condiciones edáficas locales (Cabrera, 1976). En estas condiciones particulares del suelo, se originan comunidades vegetales azonales o edáficas, que en el caso de suelos con acumulación excesiva de sales solubles, se desarrollan comunidades arbustivas halófitas (Cabrera, 1976).

En la provincia argentina de Santiago del Estero, existen extensas áreas de salinización natural que conforman el Distrito Halofítico (Ragonese & Castiglione, 1970). El mismo se subdivide a su vez en tres subdistritos, cada uno caracterizado por una comunidad vegetal diferente: a) Salinas Grandes de Ambargasta: cubiertos por *Allenrolfea patagonica* y *Heterostachys ritteriana* y *Cereus coryne*; b) Salado: ocupado principalmente por *Allenrolfea vaginata* y *Prosopis ruscifolia*; y c) Mar Chiquita con *Salicornia ambigua*.

En la región se realizaron estudios sobre la diversidad de leñosas en ambientes de interfluvios y llanuras aluviales entre los principales ríos de la provincia: llanura aluvial del Dulce (sitio 1-3) y del Salado (sitio 4 y 5), en el departamento Atamisqui y Salavina (Figura 2).

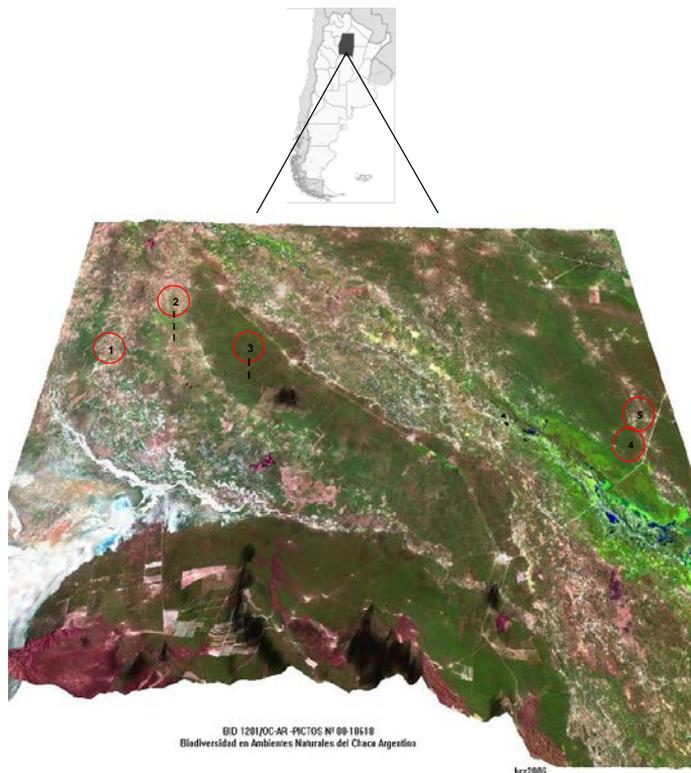


Figura 2. Ubicación de los sitios de estudio en ambientes salinos al sur de la provincia de Santiago del Estero. Dpto Loreto (sitio 2: 28° 30' 7.74", 64° 2' 59.89"), Atamisqui (sitio 1: 28° 39' 0.63", 64° 6' 40.66"; sitio 3: 28° 38' 48", 63° 49' 59") y Salavina (sitio 4 y 5: 28°49'1,76", 63° 9'41,06"). Modelo 3D para visualizar la topografía y ubicación de las unidades elaborado por Zerda (2006).

En Santiago del Estero, *Allenrolfea vaginata* (Figura 3a, b, c) es particularmente abundante donde existen extensas superficies de suelos salitrosos (Ragonese, 1951), formando parte de la comunidad *estepa de jume*. En terrenos abiertos forma matas en las que es posible observar costra biológica en sus bordes (Figura 3d). También está presente en comunidades xerófitas arbustivas y arbóreas junto a las especies típicas el bosque chaqueño. *A. vaginata* es un arbusto endémico del país, denominado localmente jume negro. Entre los usos del jume negro, y otros arbustos de hojas suculentas, citados por los pobladores, se destacan: como mordiente en el teñido de lanas, jabón de lavar, aclarante de aguas, alimento para las ovejas durante el invierno (Stramigioli, C. 2007; Giménez *et al.*, 2008; Giménez *et al.*, 2010).

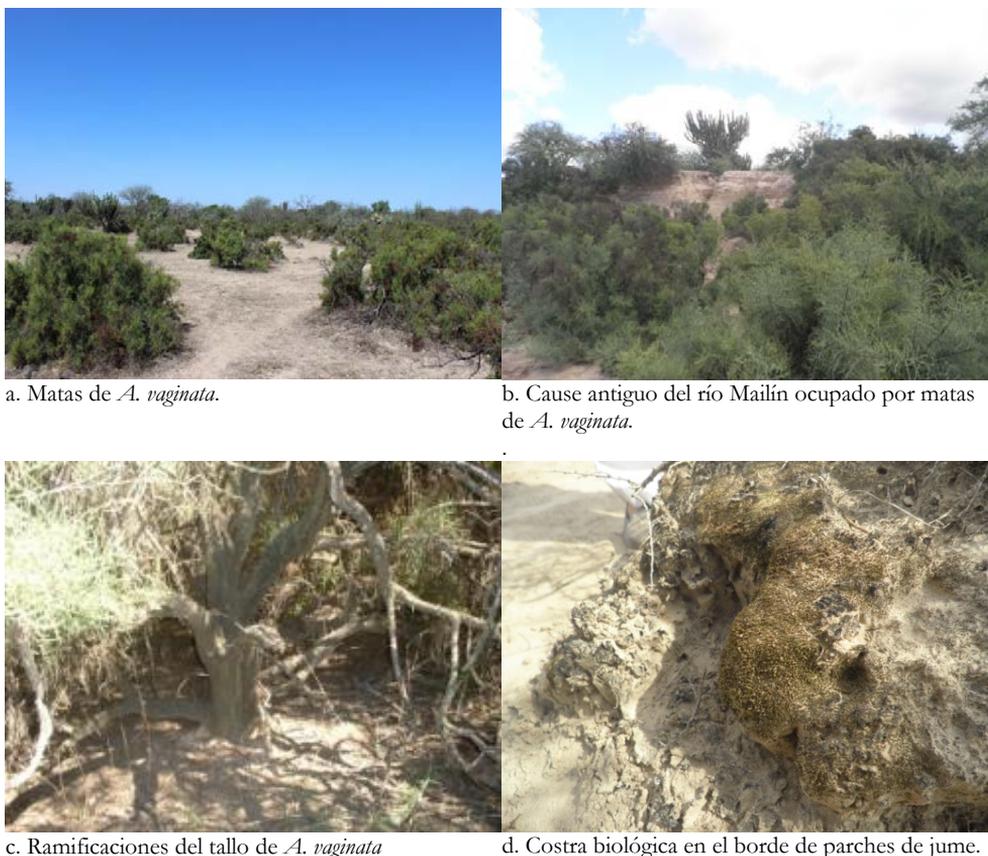
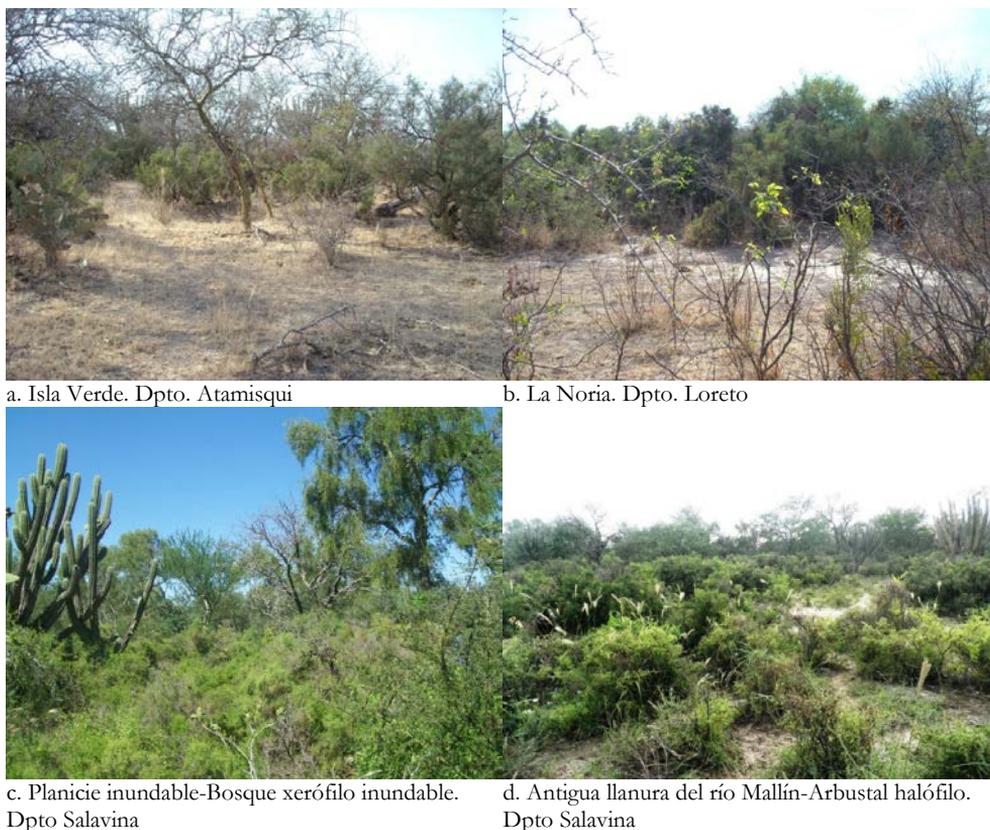


Figura 3. Matas de *Allenrolfea vaginata*.

Sobre la llanura aluvial del Dulce, los sitios 1 y 2 (Figura 4a y b), se encuentran bajo la influencia de los ríos Namby y Pinto Seco. El sitio 3, se ubica sobre una dorsal de reducida extensión, denominada dorsal Atamisqui-Los Telares, la cual es un remante de la sierra de Sumampa, que se presenta como un interfluvio positivo entre los ríos Saladillo y Dulce. El sitio 4 (Figura 4c) y 5 (Figura 4d), corresponden a la antigua llanura aluvial del río Mailín, actualmente seco, el cual es un brazo del río Salado que se unía con el río Dulce en el siglo pasado (Grosso, 2008).



a. Isla Verde. Dpto. Atamisqui

b. La Noria. Dpto. Loreto

c. Planicie inundable-Bosque xerófilo inundable. Dpto Salavina

d. Antigua llanura del río Mallín-Arbustal halófilo. Dpto Salavina

Figura 4. Ambientes de estudio ubicados al sur de Santiago del Estero, en los departamentos Atamisqui, Loreto y Salavina.

En las regiones de interfluvio se desarrollan bosques de *Aspidosperma quebracho-blanco* junto a especies de los géneros *Lycium sp.*, *Schinopsis sp.*, *Larrea sp.* y *Prosopis sp.*, en las porciones elevadas del terreno, y vegetación halófila en las depresiones (Red Agroforestal, 1999). Los ríos de la región se caracterizan su dinámica fluvial compleja, constantes divagaciones y desbordes estacionales. Tienen la particularidad de presentar en sus márgenes albardones de forma alargada y semicircular en la dirección de los cauces, cuya posición topográfica es ligeramente más alta que los interfluvios, dando un aspecto muy particular al terreno (Programa para el estudio integral del río Dulce, 1979). La dinámica fluvial genera así un paisaje heterogéneo con diferentes condiciones ambientales y micro-ambientales que a su vez condicionan la distribución espacial de la vegetación.

En la Tabla 1, se describen las características geomorfológicas y edáficas, la vegetación y los índices de riqueza y complementariedad de especies determinados para cada sitio estudiado.

Tabla 1. Características de la vegetación leñosa en ambientes salinos de interfluvio estudiados en la provincia de Santiago del Estero.

Características	Ambientes estudiados									
	Isla Verde (Dpto. Atamisqui) 1		La Noria (Dpto. Loreto) 2		Medellín (Dpto. Atamisqui) 3		Quimili Paso (Dpto. Salavina) 4		Quimili Paso (Dpto. Salavina) 5	
Comunidad vegetal	Vegetación halófito		Vegetación xerófila arbustiva sin árboles o con muy pocos		Vegetación xerófila arbórea		Vegetación xerófila arbórea		Vegetación halófito	
Riqueza de especies (Superficie muestreada)	33 (0.05 ha)		22 (0.05 ha)		36 (0.05 ha)		25 (0.09 ha)		17 (0.06 ha)	
Índice de complementariedad de especies entre sitios	0.55 (entre 1 y 2)		0.56 (entre 1 y 3)		0.68 (entre 2 y 3)		0.65 (entre 4 y 5)			
Unidad geomorfológica	Paleollanura de albardones-Bajo salitroso, llanura aluvial río Dulce		Paleollanura aluvial del río Pinto Seco, llanura aluvial río Dulce		Dorsal Atamisqui-Los Telares		Planicie inundable, llanura aluvial río Dulce		Antigua llanura aluvial del río Mallín, llanura aluvial río Salado	
Suelo	Haplic Epi Hypersalic Fluvisol (Endohyposodic, Siltic)		Haplic Endo Hypersalic Fluvisol (Siltic)		Haplic Endo Hypersalic Solonchak (Endohyposodic, Siltic)		Haplic Solonchak (Siltic, hypersalic)		Fluvisol Solonchak (Siltic)	
Horizontes (cm)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)
0-20	6.59	22.61	7.9	3.27	6.26	14.45	7.72	13.01	8.67	33.64
20-50	7.79	29.12	8.06	14.04	7.98	20.66	8.09	27.92	8.55	45.74

El ambiente que mayor salinidad presentó, en el espacio de enraizamiento (primeros 50 cm dentro del perfil del suelo), fue el de la antigua llanura aluvial del río Mallín, en el Dpto. Salavina. Este sitio fue el de menor riqueza específica de leñosas (17 especies). El ambiente con mayor riqueza de especies fue el ubicado en una posición topográfica más elevada respecto al entorno (sitio 3, sobre dorsal), con vegetación xerófila arbórea. La complementariedad de especies entre sitios (diversidad beta), fue mayor al 50 %, en todos los casos, y fue mayor entre la vegetación xerófila arbórea y la vegetación halófito.

Estructura de la vegetación

En cuanto a la estructura de la vegetación se diferencian tres tipos:

Vegetación halófito se estructura en *parches* vegetados sobre una matriz de suelo desnudo o suelo entre parches (sitio 1 y 5). Se encuentran especies halófilas en los interfluvios, como *Heterostachys ritteriana*, *Atriplex argentina*, *Allenrolfea vaginata* y en los albardones los vinalares (Figura 5). También se hallan arbustos espinescentes y cactus arbóreos. La estructura de la vegetación dentro de los parches está conformada por un estrato leñoso (cobertura 70 %), herbáceo (cobertura 25 %) y de suculentas (cobertura 5 %). Las leñosas dentro del parche

se distribuyen en un estrato vertical de hasta 2 metros de altura, con *Allenrolfea vaginata* como especie dominante, un estrato medio de 0.7 metros con varias especies del género *Lycium*, y un estrato bajo, de < 0.3 metros de altura con *Prosopis reptans* y *Lippia salsa*. La comunidad halófila de la llanura aluvial del río Mailín (sitio 5) fue más empobrecida en especies (17 especies) y el suelo presentó mayor salinidad y alcalinidad en el espacio de enraizamiento, que la vegetación del sitio 1, si bien la composición de especies dominantes no varió. Esta diferencia puede deberse a una mayor presión ambiental y degradación del suelo en el primer caso.

La *vegetación xerófila arbustiva* (sitio 2), presenta un arbustal con individuos arbóreos aislados de *Prosopis ruscifolia*, *Ziziphus mistol* y *Aspidosperma quebracho blanco* y en los interfluvios deprimidos, existe vegetación halófila (jumeales). El suelo de este sitio fue el de menor salinidad.

La *vegetación xerófila arbórea* corresponde a un quebrachal con cobertura discontinua (sitio 3 y 4). En las abras del monte, donde los suelos son más bajos y salinos, aparecen matas de *Allenrolfea vaginata* de gran altura y desarrollo, encontrándose algunos ejemplares de hasta 3 metros de altura y de 30 cm de diámetro, junto a matas de *Suaeda divaricata* y otras halófitas (sitio 3). El resto del área más elevada está cubierta por quebrachales y otras especies xerófilas típicas de la región. En la vegetación del sitio 4, la altura media del dosel varía entre 7 y 10 metros y del estrato arbustivo entre 2 y 3 metros. Las principales especies del dosel *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho- blanco* son las más densas. Las especies del estrato secundario de árboles son *Prosopis nigra*, *Ziziphus mistol* y *Acacia praecox*. En el estrato arbustivo, *Celtis pallida* es la más densa acompañada por *Capparis atamisquea* y *Maytenus vitis-idaea*. *Cyclolepis genistoides* es la halófila más densa, seguida por *Lycium boerhaviifolium ex Grabowskia duplicata*, *Grahamia bracteata* y *Lycium atbium*. Además de estas especies frecuentes, se destaca la presencia de *Tabebuia nodosa*, una especie arbórea rara con escasos individuos (Figura 6e).

Las tres estructuras de vegetación descritas responden a las condiciones edáficas y de relieve. En las depresiones y con suelos extremadamente salinos se desarrolló una vegetación de estructura abierta, baja, dominada por especies de hábito arbustivo y sub-arbustivo, adaptadas a la salinidad, con una riqueza que varió entre 17 y 33 especies. En la posición más elevada del relieve, aún con un suelo salino pero que permite una estructura de la vegetación más compleja, con un mayor número de estratos: arbustivo alto y arbóreo; la riqueza de especies se incrementó, entre 25 y 36; en la composición de especies se encontraron tanto xerófilas como xerohalófitas. Luego, en un ambiente de transición entre las estructuras anteriores, con un suelo de menor salinidad, se encontró un arbustal xerófilo dominado por especies de porte arbustivo y algunos árboles típicos del Chaco seco.



a. *Heterostachys ritteriana*



b. Matas de *L. athium*.



c. *Prosopis reptans*



d. *Prosopis ruscifolia*



e. *Suaeda divaricata*



f. *Grabamnia bracteata*

Figura 5. Especies leñosas en los ambientes estudiados con mayor salinidad.



a. *Maytenus vitis-idaea*

b. *Aspidosperma quebracho-blanco*



c. *Prosopis nigra*

d. *Geoffroea decorticans*



e. *Tabebuia nodosa*

Figura 6. Fotografías de las especies más características de los ambientes estudiados.

Los cinco sitios estudiados poseen importantes cantidades de sales solubles en el perfil del suelo. La mayor o menor concentración de sales depende, entre otros factores, de su ubicación topográfica y de la influencia del ambiente fluvial en el que están insertos. La riqueza y composición de especies varió entre los sitios, sin embargo la estructura de la vegetación fue el atributo que mejor expresó las diferencias entre los sitios. Por lo tanto el manejo de ambientes con suelos salinos debe contemplar que un cambio en la estructura de la vegetación podría tener consecuencias negativas en las condiciones edáficas y en la diversidad de especies.

3. Eco anatomía vegetal en suelos salinos

Los ambientes salinos, originados por procesos naturales, poseen características únicas y representan un desafío para el desarrollo humano. Estos ambientes son comunes en climas áridos y semiáridos, donde la evaporación es superior a las precipitaciones, las lluvias son irregulares e insuficientes para lavar las sales solubles del suelo, todo lo cual puede llevar a una acumulación de las mismas en las partes bajas del relieve (Larcher 1977; Coirini *et al.* 2010). Este proceso se ve acentuado con el avance de la deforestación y degradación del suelo (Schofield & Kirkby, 2003; Grigori *et al.*, 2010).

La principal característica es que se trata de ambientes extremos y limitantes para la vida, tanto para la mayoría de las especies vegetales como para las poblaciones humanas, por su limitada capacidad de uso del suelo (Taleisnik & López, 2011; Lorenz 2009; Coirini *et al.* 2010). La interacción entre las especies y su medio físico da como resultado un ecosistema en frágil equilibrio, con características únicas que se expresan en la flora típica que compone estos ambientes (singularidad, endemismo y rareza). Así, las especies vegetales han desarrollado a lo largo de la evolución, complejos mecanismos de adaptación que involucran todo el ciclo de vida.

La tolerancia a la sal es la capacidad de las plantas para crecer y completar su ciclo de vida en un sustrato que contiene altas concentraciones de sal soluble (Parida & Das, 2005). Para contrarrestar el estrés, las plantas tolerantes a estas condiciones, han desarrollado mecanismos que les permiten sortear la sequía fisiológica y los efectos tóxicos del exceso de iones (Taleisnik & López 2011). El estrés físico, puede inducir modificaciones fenotípicas en los individuos aumentando su tolerancia a hábitats extremos (Gianoli 2004; Echeverría *et al.*, 2008).

En este sentido, las características anatómicas de la madera, pueden presentar gran plasticidad fenotípica en respuesta a cambios micro-ambientales (Baas *et al.*, 1983). Las características anatómicas de los elementos conductores del tallo pueden variar incluso dentro de una misma población, en función de las condiciones del sitio donde crecen los individuos (Araque & León 2006). En condiciones de estrés salino, el tallo (xilema) de una planta leñosa, debe conducir agua hacia las hojas soportando una elevada presión negativa, y con un alto riesgo en la conducción por cavitación (Lindorf 1994).

Las leñosas de climas semiáridos, como en las especies de la ecoregión Chaqueña, presentan un xilema xeromórfico que les permite asegurar la conducción aún en situación críticas de estrés (Moglia & Giménez 1998). En muchos estudios eco-anatómicos de la

madera de especies de áreas con marcado estrés hídrico, se ha encontrado un predominio de caracteres que contribuyen a la seguridad en la conducción como: vasos numerosos, con elementos cortos y pequeños, que los hacen más fuertes y evitan mejor los embolismos, aumento en el agrupamiento de los vasos (lo que permite continuar la conducción si algún vaso se daña), puntuaciones intervasculares pequeñas, presencia de engrosamientos espiralados, sistema de conducción subsidiario formado por traqueidas (Lindorf 1994; Moglia & Giménez 1998).

Estos rasgos han sido encontrados muy frecuentemente en algunas quenopodiáceas y halófitas leñosas, cuya una madera es marcadamente xeromórfica (Baas *et al.* 1983; Carlquist & Hockman 1985; Baas & Carlquist 1985; Grigore & Toma, 2005).

En los estudios sobre diversidad descriptos en el apartado anterior, se pudo evidenciar que entre la flora leñosa de los ambientes salinos estudiados, se destaca la quenopodiácea xerohalófito *Allenrolfea vaginata* (Figura 7) dominando en la vegetación halófito (sitios 1 y 5), y bien representada en el estrato arbustivo de la vegetación xerófito arbórea (sitio 2, 3 y 4).



a. *A. vaginata* adulto dentro del bosque.



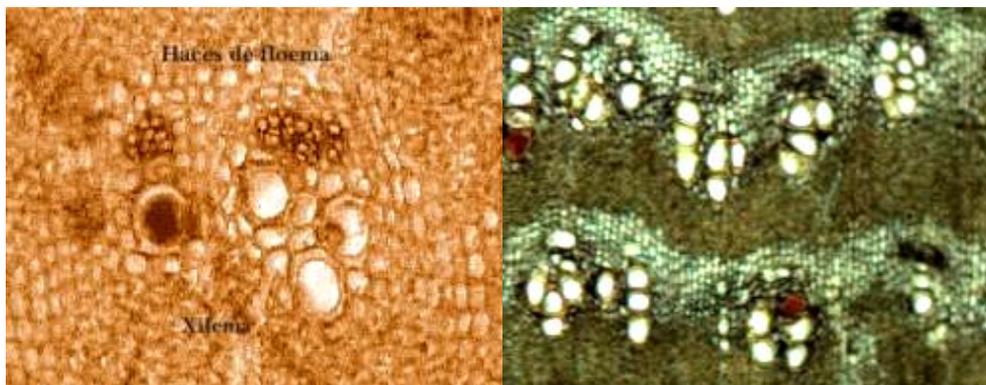
b. Muestra macroscópica de la madera de *A. vaginata*



c. Inflorescencias en tirsos terminales.

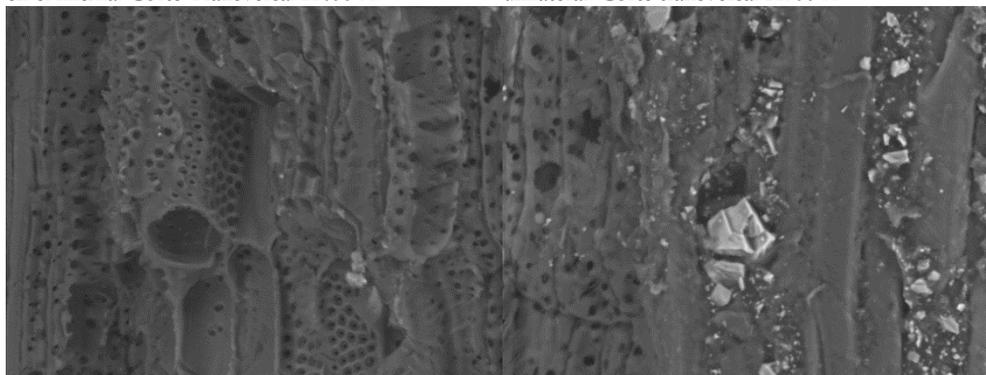
Figura 7. Aspecto general del arbusto *A. vaginata*, leño y detalle de inflorescencias.

Esta especie esta relegada a los hábitats menos favorables, con mayor salinidad del suelo, dónde es dominante, en cambio posee menos capacidad competitiva en presencia de las especies arbóreas. Sin embargo, presenta plasticidad fenotípica en su sistema conductor de agua (leño), que le permite establecerse en una amplia variedad de condiciones.



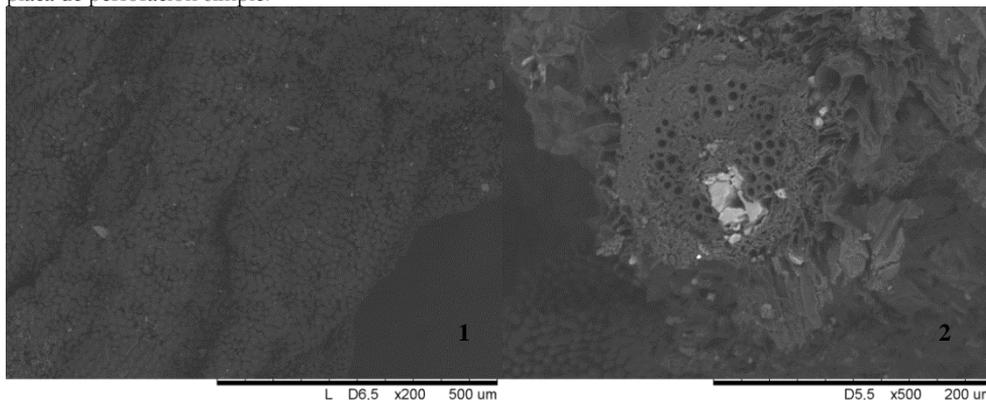
a. Cambium anómalo: haces de floema incluso en el xilema. Corte Transversal X400 A.

b. Parénquima axial paratraqueal confluyente unilateral. Corte transversal X100 A



c. Fotografía de microscopio electrónico de barrido del leño. Detalle de puntuaciones y placa de perforación simple.

d. Fotografías de microscopio electrónico de barrido del leño. Depósito de cristales.



e. Fotografías de microscopio electrónico de barrido de hoja. Depósitos de sales: 1. en la epidermis. 2. en el tejido conductor de la hoja.

Figura 8. Anatomía del leño de *A. vaginata* y detalle de depósitos cristalinos en las hojas.

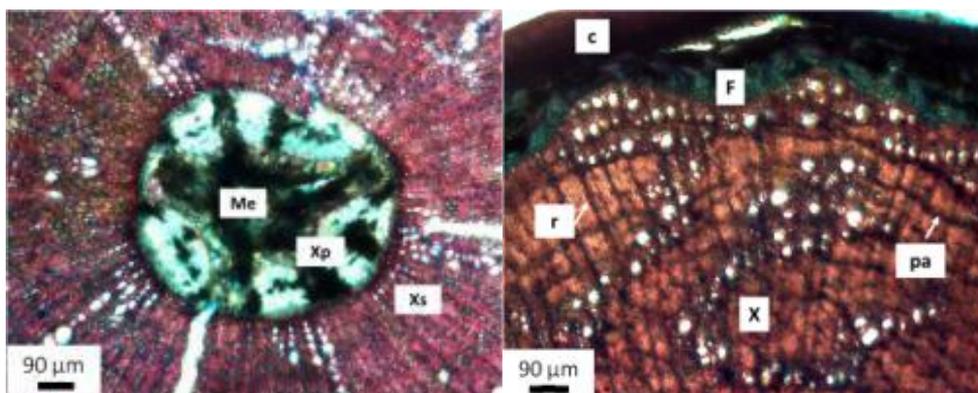
La madera de *Allenrolfea vaginata* es dura y pesada. La anatomía de su leño presenta claros signos de adaptación al ambiente. Su sistema de conducción está altamente especializado al medio con escasa disponibilidad de agua: sus vasos son muy pequeños, cortos, agregados, numerosos, con placa de perforación simple, puntuaciones intervasculares alternas y diminutas; fibrotraqueidas delgadas y cortas que colaboran subsidiariamente con los vasos (Figura 8). El tejido de sostén presenta fibrotraqueidas finas y cortas (Figuroa, 2009). Todas estas características del xilema están orientadas a la seguridad en la conducción del agua y son rasgos xeromórficos que típicamente se encuentran en las especies de las regiones semiáridas. Pero como en este caso, dichas condiciones se acentúan por la elevada salinidad del medio, tales caracteres también le permiten adaptarse a la salinidad, mostrando así plasticidad fenotípica (Figuroa *et al.*, 2011).

En el xilema y en las hojas es posible encontrar una cantidad importante de depósitos cristalinos (Figura 8d, e). Las cenizas de la madera de esta especie son ricas en sales de sodio y potasio (Ragonese, 1951), siendo la proporción de sodio a potasio aproximadamente 9 a 1 (Ladyot-Iadiza, 2006).

En los años 50 se industrializó la ceniza de jume, en Gral. Pinto (FCNGB, Sgo. del Estero) para obtener soda caustica y carbonato de calcio, industria autóctona actualmente desaparecida (Ragonese, 1951).

Nueva cita

Entre las especies leñosas halófitas relevadas, sólo en el sitio 4 y 5 se encontró una población de la especie *Lycium athium* (espiná colorada o “khiskapuka”), no citada para la provincia (Figuroa & Giménez, 2015). Esta especie habita en suelos con elevada salinidad tanto en comunidades arbustivas halófilas como en el bosque xerófilo, en los estratos arbustivos bajos. Al igual que *A. vaginata*, el tallo presenta signos de adaptación al xerofitismo con la presencia de elementos de pequeñas dimensiones y presenta también hojas suculentas (Figura 9).



a. Detalle de la anatomía del tallo, sección transversal. Me: médula; Xp: xilema primario; Xs: xilema secundario.
 b. Distribución de los poros. pa: parénquima axial; c: corteza; r: radio; F: floema; X: xilema.

Figura 9. Fotografías de la anatomía del leño de *L. athium*.

L. atbium suele formar matas pequeñas e impenetrables por sus fuertes espinas y probablemente presenta propagación vegetativa. Según los pobladores locales sus frutos se emplean en el teñido de lanas, al igual que los de otras especies del género *Lycium* o “ichiviles” denominadas localmente (Figura 10b, c, d).



a. *L. atbium*: frutos e individuos de una mata.



b. *L. tenuispinosum* var. *friesii*.



c. *L. ciliatum*



d. *L. americanum*.

Figura 10. Especies del género *Lycium* frecuentes en los sitios salinos estudiados. a. Individuos de una mata de *L. atbium*. b. Mata de *L. tenuispinosum* var. *friesii*. c. Detalle del fruto de *L. ciliatum* y c. *L. americanum*.

4. Consideraciones finales

La tendencia mundial respecto a la flora halófila es profundizar el conocimiento de las adaptaciones en todos los niveles y a lo largo de todo su ciclo de vida, ya que las mismas se convertirán en un valioso recurso de los ambientes salinos (forraje, biocombustible, medicinas, ornamental, alimento, recuperación de ambientes degradados) (Qasim *et al.*, 2010; Hameed & Khan, 2011; Huchzermeyer & Flowers, 2013).

Los ambientes salinos de la región chaqueña semiárida estudiados, podrán ser incorporados productivamente, en la medida en que sean considerados e investigados los múltiples usos que posee la flora xerohalófila. En este sentido, el estudio de las respuestas ecoanatómicas, en el hidrosistema de la planta como así también en los demás órganos vegetales, significa un importante aporte que, junto a estudios genéticos y fisiológicos, permitirá evaluar globalmente la flora halófila como recurso.

En los climas áridos y semiáridos, la salinización de los suelos es un fenómeno natural esperable, y con tendencia a acentuarse como causa de la degradación ambiental, por la inadecuada intervención humana. Este frágil ecosistema se encuentra en su límite de equilibrio sosteniéndose por delicadas e intrincadas relaciones bióticas y abióticas. La diversidad de la flora leñosa adaptada a estas condiciones, si bien no es muy rica en especies, posee mecanismos altamente evolucionados, y especializados que merecen ser estudiados en profundidad, como punto de partida para el manejo de estos sitios y su incorporación al sistema productivo de la región.

En diferentes partes del mundo, las halófitas son consideradas como recursos con valiosas potencialidades, especialmente para forraje, alimento, combustible y medicinas.

En Argentina y en la provincia de Santiago del Estero, existen vastas superficies de suelos salinos, que aún conservan un buen estado general, ya que fueron escasamente intervenidas.

En este sentido, los estudios sobre ecoanatomía de la madera y diversidad de leñosas, en sitios con influencia salina, mostraron que la composición de especies de la flora halófila, está dominada por *Allenrolfea vaginata*, la cual a su vez presentó plasticidad fenotípica en su hidrosistema, lo cual le proporcionaría la capacidad de tolerar la heterogeneidad de ambientes con diferente grado de salinidad. Su leño presenta marcados signos de xerofitismo y de evolución orientados a la seguridad en la conducción de agua. La utilización productiva de estos ambientes y sus recursos, requiere de una base sólida de conocimientos, que involucren e integren aspectos genéticos, anatómicos, y fisiológicos de sus componentes vegetales.

Referencias Bibliográficas

- Araque, A. N. y W. J. León H. 2006. Anatomía comparada del leño de *Spondias Mombin* L. (Anacardiaceae) que crece en zonas de banco y bajo de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Revista Forestal Venezolana* 50(1): 9-17.
- Baas, P; E Werker & A Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull.* 4(2-3): 141-160

- Baas, P & S Carlquist. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *LAWA Bull.* 6:349 -353
- Barbour, M. G. 1978. Salt spray as a microenvironmental factor in the distribution of beach plants at Point Reyes, California. *Oecologia*, 32(2): 213-224
- Belnap, J.; B. Büdel & O. L. Lange. 2003. Biological soil crusts: characteristics and distribution. In *Biological soil crusts: structure, function, and management* pp. 3-30. Springer Berlin Heidelberg
- Bradshaw, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv Genet* 13:115–155. [Fecha de consulta: mayo de 2016]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KEbbHml7UZUC&oi=fnd&pg=PA115&dq=Bradshaw+AD+\(1965\)+Evolutionary+significance+of+phenotypic+plasticity+in+plants.+Adv+Genet+13:115%E2%80%93155&ots=T1EnY-lNYQ&sig=gTDAYaUPkdnYY7W-ONfDkMbpVws#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KEbbHml7UZUC&oi=fnd&pg=PA115&dq=Bradshaw+AD+(1965)+Evolutionary+significance+of+phenotypic+plasticity+in+plants.+Adv+Genet+13:115%E2%80%93155&ots=T1EnY-lNYQ&sig=gTDAYaUPkdnYY7W-ONfDkMbpVws#v=onepage&q&f=false)
- Bui, E. N. 2013. Soil salinity: A neglected factor in plant ecology and biogeography. Review. *Journal of Arid Environments* 92: 14-25
- Cabido, M. y M. Zak 1999. *La vegetación del norte de Córdoba*. Córdoba: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Rec. Renov. de Córdoba. p. 67. ISBN: 987-43-0942-3.
- Cabrera, A. 1976. *Regiones fitogeográficas argentinas. Fascículo 1. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Segunda Edición, Tomo II. Editorial ACME SACI
- Carlquist, S. 1988. *Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspect of dicotyledons wood*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Carlquist, S. 1975. *Ecological strategies of xylem evolution*. Univ. Calif. Press
- Carretero, E. M. 2001. Esquema sintaxonómico de la vegetación de regiones salinas de Argentina. *Multequina* 10: 67-74
- Cheeseman, J. M. 2013. Evans Review: The integration of activity in saline environments: problems and perspectives. *Functional Plant Biology* 40(9): 759-774.
- Coirini, R.; M. Karlin; G. Reati; M. Allier y C. Ávalos. 2010. *Manejo sustentable del ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido*. Córdoba: Encuentro Grupo Editor.
- Denardi, L. y J. N. Marchiori. 2005. Anatomía ecológica da madeira de *Blepharocalyx Salicifolius* (H. B. K.) Berg *Ciência Florestal, Santa Maria*, 15(2): 119-127. ISSN 0103-9954
- Echeverría, M.; A. A. Scambato; A. I. Sannazzaro; S. Maiale; O. A. Ruíz y A. B. Menéndez. 2008. Phenotypic plasticity with respect to salt stress response by *Lotus glaber*: the role of its AM fungal and rhizobial symbionts. *Mycorrhiza*, 18(6-7): 317-329.
- Figueroa, M. E., y A. M. Giménez. 2015. Consideraciones ecológicas sobre una población de *Lycium athium* (Solanaceae) y ampliación de su área de distribución. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50(1): 79-91.
- Figueroa, M. E.; A. M. Giménez; P. Hernández; C. Gaillard De Benítez y G. Lorenz. 2011. Ecoanatomía de la madera de *Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze (Chenopodiaceae) en ambientes salinos de Santiago del Estero. *Ecología austral* 21(3): 339-352.
- Figueroa, M. E. 2009. *Ecoanatomía del Leño de Allenrolfea vaginata (Griseb.) Kuntze (Chenopodiaceae) en Salinas de Amargasta, Santiago del Estero*. Trabajo final de graduación. FCF-UNSE. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/biblioteca/Trabajo%20final%20-%20Maria%20Eugenia%20Figueroa.pdf>
- Flowers, T. J.; M. A. Hajibagheri & N. J. W. Clipson 1986. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*, Vol. 61, No. 3 Sep., 1986, pp. 313-337.
- Gianoli, E. 2004. Fisiología ecológica en plantas mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Editor Hernán Marino Cabrera. Euv Valparaíso Chile. [Pp. 13-25] *Iana Bull.* 6:319-347.

- Giménez, A. M., y J. G. Moglia. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la región chaqueña argentina. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 7(1): 53-72.
- Giménez, A. M.; M. E. Figueroa; P. Hernández y M. Cejas. 2008. Jume negro (*Allenrolfea vaginata* Kuntze, Chenopodiaceae): Potencialidades de usos en la rigurosidad del ambiente salino. *Quebracho* 15: 32-36.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; R. Gerez; M. E. Figueroa; I. Barrionuevo y F. Calatayu. 2010. Los arbustos útiles de los bosques del Chaco Semiárido. Eco Productos Forestales No Madereros. Libro de Actas.
- Grigore, M & C Toma. 2005. Contributions to the knowledge of the anatomical structure of some halophytes. (I). *St. Cerc. St., Biologie, serie noua, Univ. din Bacau*, 10:125-128.
- Grigore, M. N.; C. Toma & M. Boşcaiu. 2010. Dealing with halophytes: an old problem, the same continuous exciting challenge. Analele științifice ale Universității “Al. I. Cuza” Iași, *Biologie vegetală*, Tomul LVI, fasc. 1, s.II a.
- Grosso, J. L. 2008. *Indios muertos, negros invisibles. La identidad “santiagueña” en Argentina*. Tesis de Doctorado. Departamento de Antropología. Universidad de Brasilia. [Consultado: junio 2012]. Disponible en: http://www.naya.org.ar/tesis/Jose_Luis_Grosso/_jose_luis_grosso_1.htm.
- Hameed, A., & Khan, M. A. 2011. Halophytes: biology and economic potentials. *Karachi University Journal of Science*, 39(1), 40-44.
- Huchzermeyer, B. y T. Flowers. 2013. Putting halophytes to work—genetics, biochemistry and physiology. *Functional Plant Biology* 40(9): v-viii.
- IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports* No. 106. FAO, Rome
- Ladyot-Iadiza. 2006. *Allenrolfea vaginata* - Herbario Digital. Disponible en: http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/herba_digital/fichas_especies/jume.htm
- Larcher, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ediciones Omega.
- Lindorf, H. 1994. Eco-Anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *Iawa* 15:361-376.
- Lorenz, G. 2009. Ambientes salinos: las dos caras de un fenómeno regional. Pp. 255-273 en: Giannuzzo, NA y ME Ludueña (eds.). *Cambios y problemas ambientales: perspectivas para la acción* (255-273). 1a Ed.-Univ. Nacional de Santiago del Estero, 2009
- Martín, G. L. J.; M. Colombo; F. Raya y D. Fernández. 2009. *Diversidad y cobertura de la vegetación halófila de la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Dpto. Leales, Tucumán, Argentina*. Disponible en: <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/DIVERSIDAD%20Y%20COBERTURA.pdf>
- Metcalfe, C. R. & L. Chalk. 1983. *Anatomy of the dicotyledons*. 2nd ed. Vol. 2. Wood structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press, Oxford.
- Mitlöhner, R. 1990. Die konkurrenz der Holzgewächse im regengrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. Universität Göttinger, Göttinger Beitr. Zur Land-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. N° 54, 177 p.
- Moffett, Kb; Da, Robinson & Sm, Gorelick. 2010. Relationship of salt marsh vegetation zonation to spatial patterns in soil moisture, salinity, and topography. *Ecosystems* 13: 1287–1302
- Parida, A. K. & A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3): 324-349
- Pendleton, R. L.; S. D. Nelson & R. L. Rodríguez. 2010. Do Soil Factors Determine the Distribution of Spineless Hopsage *Grayia brandegeei*? Recuperado el 28 de 02 de 2012, de http://www.fs.fed.us/rm/pubs_int/int_gtr338/int_gtr338_205_209.pdf

- Programa para el estudio integral Río Dulce. 1979. *Subprograma geomorfología y evaluación de escurrimientos. Informe final. Santiago del Estero- Córdoba*. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina.
- Qasim, M., S. Gulzar; Z. K. Shinwari; I. Aziz & M. A. Khan. 2010. Traditional ethnobotanical uses of halophytes from Hub, Balochistan. *Pak. J. Bot.* 42(3): 1543-1551.
- Ragonese, A. y J. Castiglione. 1970. La vegetación del Parque Chaqueño. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 11: 133-160
- Ragonese, A. 1951. La vegetación de la República Argentina. II.- Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Rev. Inv. Agr.* 51-2:1-233.
- Red Agroforestal. 1999. *Estudio integral de la región del parque chaqueño. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas* Préstamo BIRF, 1999, no 4085-AR;
- Ruiz Posse, E.; U. Karlin; E. Buffa; M. Karlin; C. Levra & G. Castro. 2006. *Caracterización Ambiental de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina*. III Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Catamarca. Edición 2006. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de Catamarca, 2006, 380 p.
- Schofield, R. V. & M. J. Kirkby. 2003. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change, *Global Biogeochem. Cycles*, 173, 1078, doi:10.1029/2002GB001935.
- Stramigioli, C. 2007. *Tintes naturales. Las teleras santiagueñas*. 192 p. Buenos Aires. República Argentina.
- Taleisnik, E. y D. López. 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral*, 21:3-14.
- Vogt, C. 2011. *Vegetación halófila de la cuenca del riacho Yakaré Sur, Chaco Boreal, Paraguay*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XXXIII Jornadas de Botánica. Suplemento pág. 212. Posadas, Misiones: Sociedad Argentina de Botánica.

