



Fundación
Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

doi

Comunidades vegetales en el gradiente altitudinal del piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquíes (Valle de Santa María, Tucumán, Argentina)

Plant communities along the altitudinal gradient of the western foothills of the Cumbres Calchaquíes (Santa María Valley, Tucumán, Argentina)

Perea, María C.^{1*}; Sergio J. Ceballos^{1,2}; Alejandra B. Dip^{2,3}; Romina D. Fernández²; María M. Sampietro-Vattuone^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán (FCN, UNT). Miguel Lillo 205. C.P. 4000. San Miguel de Tucumán. Tucumán. Argentina.

² Instituto de Ecología Regional (UNT-CONICET). Horco Molle. C.P. 4107. Yerba Buena. Tucumán. Argentina.

³ CONICET – Laboratorio de Geoarqueología, Facultad de Ciencias Naturales e IML. Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205. C.P. 4000. San Miguel de Tucumán. Tucumán. Argentina.

* Autor correspondiente: <cperea@csnat.unt.edu.ar>

Resumen

La vegetación del valle de Santa María, en Tucumán, está dominada por especies xerofíticas, incluyendo arbustos, suculentas, plantas anuales, geofitas y árboles, que se distribuyen en distintas unidades del paisaje. Si bien los estudios previos se centraron principalmente en aspectos florísticos, los aspectos ecológicos han sido menos explorados. Este estudio tuvo como objetivo analizar la variación altitudinal en la composición de especies, diversidad, abundancia y cobertura vegetal en un sector del valle. Se realizaron muestreos en parcelas ubicadas en Ampimpa (2500 m snm), Molle Yaco (2200 m snm) y Tío Punco (1755 m snm), en el piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquíes. Se identificaron 39 especies de plantas y 1049 individuos en total. Aunque la composición de especies varió entre los sitios, se registraron similitudes por la presencia de especies compartidas. *Austroflourensia tortuosa* fue do-

► Ref. bibliográfica: Perea, M. C.; Ceballos, S. J.; Dip, A. B.; Fernández, R. D.; Sampietro-Vattuone, M. M. 2025. Comunidades vegetales en el gradiente altitudinal del piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquíes (Valle de Santa María, Tucumán, Argentina). *Lilloa* 62 (1): 267-283. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2085>

► Recibido: 12 de diciembre 2024 – Aceptado: 11 de abril 2025 – Publicado: 7 de junio 2025.



OPEN ACCESS

► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

minante en Ampimpa y Molle Yaco, representando casi la mitad de los individuos registrados, mientras que *Plectrocarpa rougesii* y *Tricomaria usillo* predominaron en Tío Punco. Ampimpa y Molle Yaco presentaron significativamente mayor abundancia, diversidad y cobertura vegetal que Tío Punco. Las comunidades vegetales en este sector del valle mostraron variaciones en su composición y estructura, asociadas al gradiente altitudinal. Estos cambios podrían estar relacionados con variaciones en las condiciones climáticas y la textura del suelo a lo largo del gradiente, aunque se requieren más estudios para confirmar esta relación.

Palabras clave: Ampimpa; cobertura vegetal; diversidad; Molle Yaco; Tío Punco.

Abstract

The vegetation of the Santa María Valley, Tucuman, is dominated by xerophytic species, including shrubs, succulents, annuals, geophytes, and trees, which are distributed across different landscape units. While previous studies primarily focused on floristic aspects, ecological characteristics remain unexplored. This study aimed to examine altitudinal variation in species composition, diversity, abundance, and vegetation cover within a sector of the valley. Vegetation sampling was conducted in plots located in Ampimpa (2500 m asl), Molle Yaco (2200 m asl), and Tío Punco (1755 m asl) in the western foothills of the Cumbres Calchaquies. A total of 39 plant species and 1049 individuals were recorded. Although species composition varied among the localities, similarities were observed due to shared species. *Austroflourensia tortuosa* was highly dominant in Ampimpa and Molle Yaco, representing nearly half of the individuals, whereas *Plectrocarpa rougesii* and *Tricomaria usillo* predominated in Tío Punco. Ampimpa and Molle Yaco exhibited significantly greater abundance, diversity, and vegetation cover than Tío Punco. The plant communities in this sector of the valley exhibited compositional and structural variations associated with the altitudinal gradient. These differences may be influenced by changes in climatic conditions and soil texture along the gradient, although further research is needed to confirm these relationships.

Keywords: Ampimpa; vegetation cover; diversity; Molle Yaco; Tio Punco.

INTRODUCCIÓN

En los valles áridos y desérticos, la vegetación varía a lo largo del gradiente altitudinal, reflejando cambios en la composición de especies y en su cobertura o abundancia. Estas variaciones responden a la interacción de múltiples factores ambientales, como la elevación, el relieve, la exposición de las laderas, las características del suelo y el clima, entre otros (Whittaker *et al.*, 1967; McAuliffe, 1994; Funes y Cabido, 1995; Guerrero-Campo *et al.*, 1999; Burke, 2003). Además, el paisaje físico que sustenta esta vegetación no es estático ni puede considerarse como un conjunto de unidades fijas (Hueck, 1959; Sarmiento, 1975), sino que experimenta cambios a lo largo del tiempo.

En los valles se encuentran diferentes unidades de paisaje, como la zona pedemontana o bajada y el fondo de valle o de relleno aluvial. Las “Bajadas” son de carácter deposicional compuestas de sedimentos aluviales con un cambio gradual en la textura del suelo, de arenosa a fina, y de formas del paisaje desde la parte superior a la inferior. El gradiente de humedad asociado con la topografía de las Bajadas interviene fuertemente en la distribución de las comunidades vegetales. En el clásico trabajo sobre patrones de la vegetación en el desierto de Sonora, Shreve (1951) atribuye la variación de la vegetación primariamente al gradiente de topografía y textura del suelo y secundariamente a la variación espacial y al sustrato geológico.

En el noroeste de Argentina se presentan una serie de valles longitudinales que en conjunto reciben el nombre de valles Calchaquies, uno de ellos es el valle de Santa María cuya mayor amplitud (25 km aproximadamente) se encuentra en territorio de la provincia de Tucumán. La geografía de esta zona presenta gran variedad de estructuras geomorfológicas y de altitudes (Gianfrancisco *et al.*, 1998; Burkart *et al.*, 1999; Peña-Monné y Sampietro Vattuone, 2016; Sampietro-Vattuone y Peña-Monné, 2023). Este valle comprende un ambiente de desierto con marcadas diferencias térmicas diarias y estacionales, y precipitaciones medias anuales que oscilan entre 180 a 200 mm y temperaturas de 17°C. De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima es del tipo Bwk (Minetti *et al.*, 2005). Cerca del 85% de las precipitaciones ocurren en verano, mientras que los inviernos son secos. Tal como describe Solbrig *et al.* (1977) a la vegetación de los ambientes de desiertos, las comunidades vegetales presentes en el valle de Santa María se caracterizan por la dominancia de arbustos deciduos o perennes, suculentas, un gran número de plantas anuales, geófitas y árboles dispuestos a lo largo de cursos de agua y depresiones.

En el valle de Santa María las comunidades vegetales se presentan como extensos arbustales en el fondo del valle y las laderas, cuya fisonomía y composición varían en el gradiente altitudinal. También se encuentran praderas cenagosas, pajonales y bosques en galería que se distribuyen en los sectores de mayor humedad del valle (Morello, 1958; Escudero Martínez, 1991; Perea, 1991, 1995).

También se encuentra vegetación halófito, propia de los ambientes con mayores concentraciones de sales en los suelos, con especies como *Suaeda divaricata* Moq y *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. La vegetación del valle se encuentra mayormente dentro de la ecorregión del Monte (Morello, 1958; Cabrera, 1971; Cabrera y Willink, 1973; Burkart et al., 1999) y ha sido objeto de estudios florísticos y ecológicos (Perea, 1991, 1995, 1997; Navarro, 2014, Dip et al. 2020). En las partes altas, la vegetación del Monte se entremezcla con los cardonales y vegetación en cojín propia de la Prepuna (Escudero Martínez, 1991; Perea, 1991, 1995). Se presenta entre los 2000-3000 m snm, y consiste en una mezcla de elementos de ambas comunidades en la cual se combina el arbustal xerófito con bromeliáceas en cojín y cactáceas columnares entre las que se destaca por su tamaño el “cardón” (*Trichocereus* sp., Morello, 1958, 2012; Vervoorst, 1981; Escudero Martínez, 1991; Perea, 1991, 1995; Carrizo y Grau, 2014).

El valle de Santa María ofrece una gran diversidad paisajística producto de la combinación de las unidades de paisaje y la vegetación. Las diferentes formaciones vegetales (por ejemplo, arbustales, humedales, cardonales) y la presencia de elementos geológicos con distintos orígenes y edades, representa un escenario interesante para el análisis de comunidades vegetales en la región. En este marco, nuestros objetivos fueron: (i) describir tres comunidades vegetales de la vertiente oriental del valle de Santa María (Provincia de Tucumán) ubicadas a diferentes altitudes —en las localidades de Ampimpa, Molle Yaco y Tío Punco—; (ii) analizar y comparar su composición de especies; (iii) determinar la riqueza, diversidad, abundancia y cobertura vegetal en cada localidad y su variación altitudinal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se encuentra en el piedemonte occidental de las Cumbres Calchaquies, abarcando un gradiente altitudinal entre 1700-2550 m snm (Fig. 1). Este sector se encuentra dentro del valle de Santa María, cuya porción central está en el noroeste de la provincia de Tucumán (Argentina), delimitada por las Sierras de Quilmes (4.720 m snm) al oeste y las Sierras del Aconquija (5500 m snm) y las Cumbres Calchaquies (4700 m snm) al este. El valle presenta un clima árido o semiárido, debido a que las Sierras del Aconquija y las Cumbres Calchaquies actúan como una barrera para los vientos húmedos que provienen del este. Estas condiciones determinan una vegetación dominada por especies xerófitas, adaptadas a la escasez de precipitaciones durante la mayor parte del año.

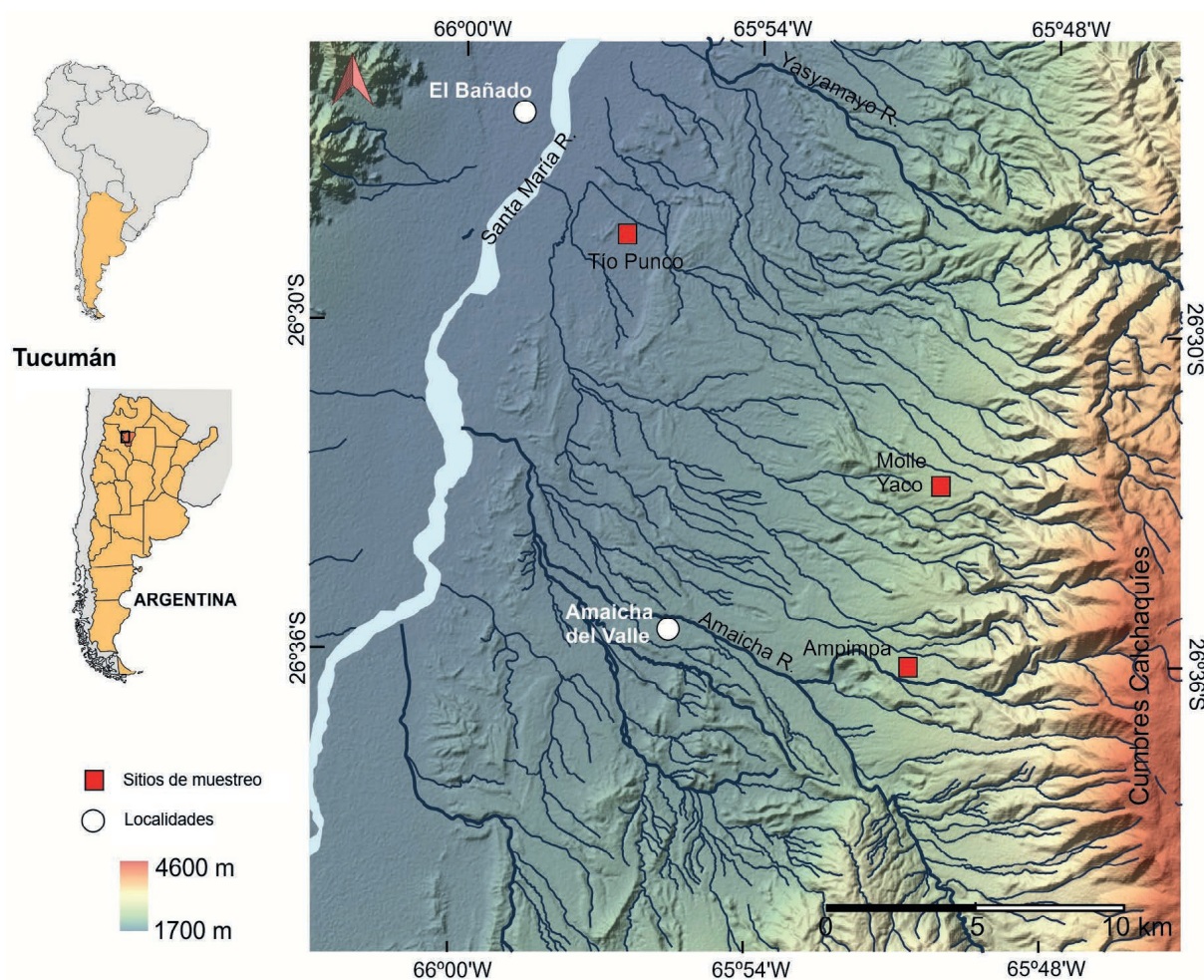


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el valle de Santa María (Tucumán, Argentina).

Fig. 1. Location of sampling sites in the Santa María Valley (Tucuman, Argentina).

En relación a la fitogeografía, el área de estudio abarca las ecorregiones de Monte y Prepuna (*sensu* Morello, 1958; Cabrera, 1971). En el área, el Monte incluye un complejo mosaico de comunidades vegetales o unidades de vegetación (Escudero Martínez, 1991; Perea, 1991, 1995). El fondo del valle se encuentra entre los 2100 y 1550 m snm (Strecker *et al.*, 1987), donde las unidades de vegetación del Monte incluyen arbustales xerófitos, halófitos, pajonales, entre otros. También se encuentran bosques de algarrobos y comunidades vegetales típicas de zonas anegadas, cuya presencia está influida por la dinámica hídrica del río Santa María, que recorre el fondo del valle de sur a norte. En las partes altas del valle, se presenta un ecotono entre el Monte y la Prepuna, caracterizado por arbustales xerófitos, bromeliáceas y cardones.

Geológicamente, en la zona se identifican siete unidades agradativas que yacen discordantes sobre sedimentos precuaternarios. Las primeras tres (St1 a St3) fueron modeladas entre el Pleistoceno tardío y el temprano.

Los estadios intermedios (St4 y St5) corresponden a abanicos aluviales y pedimentos de menor espesor y gradiente, formados entre el Pleistoceno temprano y el Pleistoceno Tardío-Holoceno Medio. Finalmente, los estadios St6 y St7 corresponden al Holoceno superior (Sampietro-Vattuone y Peña-Monné, 2023).

Este mosaico geomorfológico y fitogeográfico da lugar a una gran heterogeneidad ambiental en el área de estudio, reflejada en una composición diversa de comunidades vegetales que varían en respuesta a los cambios altitudinales y topográficos.

Colecta de datos

El relevamiento de la vegetación se llevó a cabo en tres sitios del valle de Santa María, denominados según el paraje más cercano: Ampimpa (2500 m s.n.m.), Molle Yaco (2200 m s.n.m.) y Tío Punco (1755 m s.n.m.) (Fig. 1). En cada sitio, se establecieron parcelas cuadradas de 7×8 m, en las cuales se identificaron todas las especies de árboles, arbustos y herbáceas presentes y se registró su abundancia (Bennett y Humphries, 1974; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). En total, se muestrearon 29 parcelas, distribuidas de la siguiente manera: 9 en Ampimpa, 10 en Molle Yaco y 10 en Tío Punco. Para garantizar la independencia de las unidades de muestreo y representar la variabilidad del sitio, las parcelas dentro de cada sitio se dispusieron con una separación mínima de 50 m entre sí.

Para estimar la cobertura total de la vegetación, se establecieron tres transectas dentro de cada parcela (Bennett y Humphries, 1974). Las transectas se dispusieron de manera paralela, con dos ubicadas en los extremos de la parcela y una en el centro. En total, se midieron 27 transectas en Ampimpa, 30 en Molle Yaco y 30 en Tío Punco. Cada transecta consistió en una cuerda de 7 m de longitud con nudos a intervalos de 1 m, en los cuales se registró la presencia de vegetación o suelo desnudo. La cobertura total de la vegetación en cada transecta se calculó como la proporción de nudos con presencia de vegetación sobre el número total de nudos. Finalmente, se obtuvo un valor promedio de cobertura para cada parcela a partir de los valores de sus tres transectas, y posteriormente se calcularon los promedios para cada uno de los tres sitios de estudio.

Análisis de datos

Para representar gráficamente las diferencias en composición de especies entre los puntos de muestreo (objetivo 2), se realizó un análisis de ordenamiento NMDS (non-metric multidimensional scaling). Este ordenamiento se complementó con un análisis de similitud ANOSIM, una técnica multivariada no paramétrica que permite probar si existen diferencias entre los grupos de muestras.

Una vez calculada la matriz de distancias (Horn) y definidos los grupos (los pisos altitudinales), se calculó un estadístico R que compara la similitud intra grupos con la similitud entre grupos, y que asume valores entre -1 y 1. Cuanto mayor sea el valor de R, mayor es la diferencia en composición entre los sitios de muestreo.

Se compararon los tres sitios en términos de abundancia, cobertura, riqueza y diversidad alfa mediante análisis de comparaciones múltiples (objetivo 3). Para evaluar diferencias significativas entre los sitios en cuanto a abundancia, cobertura y riqueza, se realizaron ANOVAs, mientras que para la diversidad alfa se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Las parcelas se utilizaron como réplicas, extrayendo de ellas el número de individuos (abundancia), la cobertura de la vegetación y el número de especies (riqueza). Para el cálculo de la diversidad alfa se utilizaron números de Hill (Jost, 2006; Marcon y Hérault, 2015). Éstos representan el número efectivo de especies, es decir, el número de especies idénticas en frecuencia/abundancia que compondrían una comunidad hipotética con la misma complejidad que la comunidad observada. Los números de Hill se calculan mediante la ecuación: $qD = [\sum (p_i^q)]^{1/(1-q)}$, donde qD es el número efectivo de especies de orden q ; p_i es la abundancia relativa de la especie i ; y q es el orden de diversidad, un valor que define el peso que se asigna a la equidad entre especies. En este caso, se calculó la diversidad de orden 1 (q tiende a 1, ya que para $q=1$ la ecuación no está definida), que asigna a cada especie un peso proporcional a su abundancia relativa, y se considera un equivalente al índice de Shannon (Chao *et al.*, 2014).

También se realizaron los perfiles de diversidad gamma, es decir, la diversidad total de cada sitio de muestreo, a fin de visualizar la importancia de la equidad en las diferencias de diversidad encontradas. Los perfiles de diversidad permiten comparar visualmente la diversidad de los sitios de muestreo a través del espectro de todos los posibles pesos asignados a las especies raras. Para armar los perfiles, se calculó la diversidad gamma utilizando valores de q entre 0 y 2, con intervalos de 0,1.

Todos los análisis fueron realizados en el programa estadístico R (R Core Team, 2024).

RESULTADOS

Fueron identificadas 39 especies de plantas, la mayoría de ellas arbustivas (27), registrándose un total de 1079 individuos (Tabla 1). Con respecto a los aspectos florísticos, los sitios de Ampimpa y Molle Yaco presentaron arbustales dominados por *Austrolourensia tortuosa* (Griseb.) J.C. Ospina & S.E. Freire, especie que representó un 50 y un 42%, respectivamente, de la totalidad de individuos registrados en estos sitios (Fig. 2).

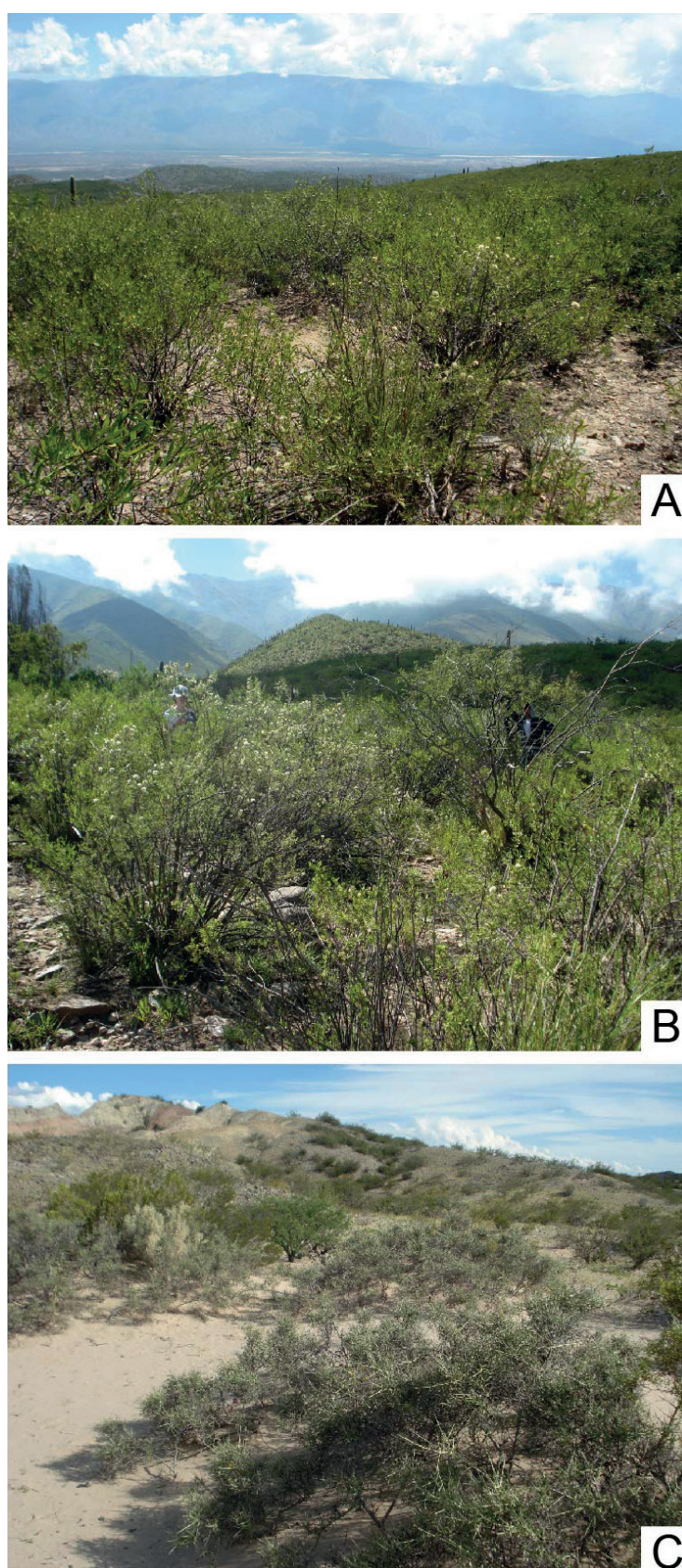


Fig. 2. Aspecto de los arbustales de Ampimpa (A), Molle Yaco (B) y Tío Punco (C).

Fig. 2. Aspect of the shrublands at Ampimpa (A), Molle Yaco (B), and Tío Punco (C).

Tabla 1. Lista de especies y su abundancia en los tres sitios muestreados en el valle de Santa María (Tucumán, Argentina).**Table 1.** List of species and their abundances in the three sampled sites of the Santa Maria Valley (Tucuman, Argentina).

Especies	Familia	Ampimpa (2500 m snm)	Molle Yaco (2200 m snm)	Tío Punco (1700 m snm)
<i>Acanthocalycium thionanthum</i> (Speg.) Backeb.	CACTACEAE			2
<i>Aristida adscensionis</i> L.	POACEAE		109	
<i>Atriplex lampa</i> (Moq.) D. Dietr.	CHENOPODIACEAE			1
<i>Austrobrickellia arnottii</i> (Baker) R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	33	5	
<i>Austroflourensia tortuosa</i> (Griseb.) J.C. Ospina & S.E. Freire	ASTERACEAE	189	205	
<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) Heimerl	NYCTAGINACEAE			1
<i>Bulnesia schickendantzii</i> Hieron. ex Griseb.	ZYGOPHYLLACEAE	26		8
<i>Cereus aethiops</i> Haw.	CACTACEAE			4
<i>Croton bonplandianus</i> Baill.	EUPHORBIACEAE	33		
<i>Euphorbia catamarcensis</i> (Croizat) Subils	EUPHORBIACEAE		14	
<i>Gymnocalycium spegazzinii</i> Britton & Rose	CACTACEAE	1		
<i>Hieronymiella clidanthoides</i> Pax	AMARYLLIDACEAE		18	
<i>Hoffmannseggia pumilio</i> (Griseb.) B.B. Simpson	FABACEAE			1
<i>Ipomoea hieronymi</i> (Kuntze) O'Donell	CONVOLVULACEAE			1
<i>Jatropha excisa</i> Griseb.	EUPHORBIACEAE			11
<i>Junellia seriphoides</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) Moldenke	VERBENACEAE		19	
<i>Justicia tweediana</i> (Nees) Griseb.	ACANTHACEAE	3	1	
<i>Justicia xylosteoides</i> Griseb.	ACANTHACEAE	8		
<i>Larrea cuneifolia</i> Cav.	ZYGOPHYLLACEAE	17		13
<i>Larrea divaricata</i> Cav.	ZYGOPHYLLACEAE	9	17	5
<i>Monttea aphylla</i> (Miers) Benth. & Hook.	PLANTAGINACEAE		2	
<i>Neltuma alba</i> (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis	FABACEAE		1	
<i>Neltuma nigra</i> (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis	FABACEAE		2	
<i>Opuntia sulphurea</i> Gillies ex Salm-Dyck	CACTACEAE	21	10	10
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins	FABACEAE			2
<i>Pentaphorus glutinosus</i> D. Don.	ASTERACEAE		64	
<i>Plectrocarpa rougesii</i> Descole, O'Donell & Lourteig	ZYGOPHYLLACEAE			62
<i>Salvia cuspidata</i> Ruiz & Pav	LAMIACEAE	2	5	
<i>Schinus pilifera</i> I.M. Johnst.	ANACARDIACEAE	1		
<i>Senecio rudbeckiifolius</i> Meyen & Walp.	ASTERACEAE	15		
<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn.	ASTERACEAE	1		
<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby	FABACEAE	5	3	13
<i>Solanum annuum</i> C.V. Morton	SOLANACEAE	11		
<i>Strombocarpa torquata</i> (Cav. ex Lag.) Hutch.	FABACEAE		18	
<i>Tephrocactus aulacothele</i> (F.A.C. Weber ex Rol.-Goss.) R. Kiesling & L.J. Oakley	CACTACEAE			2
<i>Trichocereus atacamensis</i> (Phil.) Backeb.	CACTACEAE	3	2	
<i>Tricomaria usillo</i> Hook. & Arn.	MALPIGHIACEAE			43
<i>Vachellia caven</i> (Molina) Seigler & Ebinger	FABACEAE	1		
<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.	FABACEAE			26

En Ampimpa también se registró la presencia de *Austrobrickellia arnottii* (Baker) R.M. King & H. Rob., *Bulnesia schickendantzii* Hieron. ex Griseb., *Opuntia sulphurea* Gillies ex Salm-Dyck y *Larrea cuneifolia* Cav., todas ellas con una abundancia muy inferior a la de *A. tortuosa* (Tabla 1). En Molle Yaco, con condiciones ambientales similares a las de Ampimpa, aunque a una altitud menor, se registró un ensamble florísticamente diferente en el que *A. tortuosa* estuvo acompañada por *Pentaphorus glutinosus* D. Don.

Tío Punco, correspondiente a una zona de arenales ubicados en la parte baja del piedemonte, cercano al cauce del río Santa María, presentó islas de vegetación en las cuales las especies arbustivas dominantes fueron *Plectrocarpa rougesii* Descole, O'Donnell & Lourteig, *Zuccagnia punctata* Cav. y *Tricomaria usillo* Hook. & Arn.

Los tres sitios de estudio exhibieron diferencias y similitudes en la composición de especies de plantas (Fig. 3). Los polígonos de Ampimpa y Tío Punco presentaron cierto solapamiento en el gráfico de ordenamiento, debido a la presencia de especies compartidas entre ambos sitios. Además, los polígonos de Ampimpa y Tío Punco fueron de mayor tamaño, indicando variabilidad en la composición de especies dentro de cada sitio. Por su parte, Molle Yaco fue el sitio de estudio más diferente en cuanto a la composición de especies debido que no se solapó con los polígonos de Ampimpa y Tío Punco (Fig. 3). El valor de R del ANOSIM (0,38) indicó que la variación en la composición es mayor entre los tres sitios que entre unidades de muestreo dentro de cada piso (Fig. 3).

Tanto la abundancia como la cobertura vegetal fueron significativamente menores en el piso de 1700 msnm (Tío Punco; abundancia promedio=19,1, cobertura=23,9). Los pisos de Molle Yaco (2200 m snm) y Ampimpa (2500 m snm) no exhibieron diferencias significativas entre sí en cuanto a la abundancia y cobertura vegetal (Fig. 4 a y b).

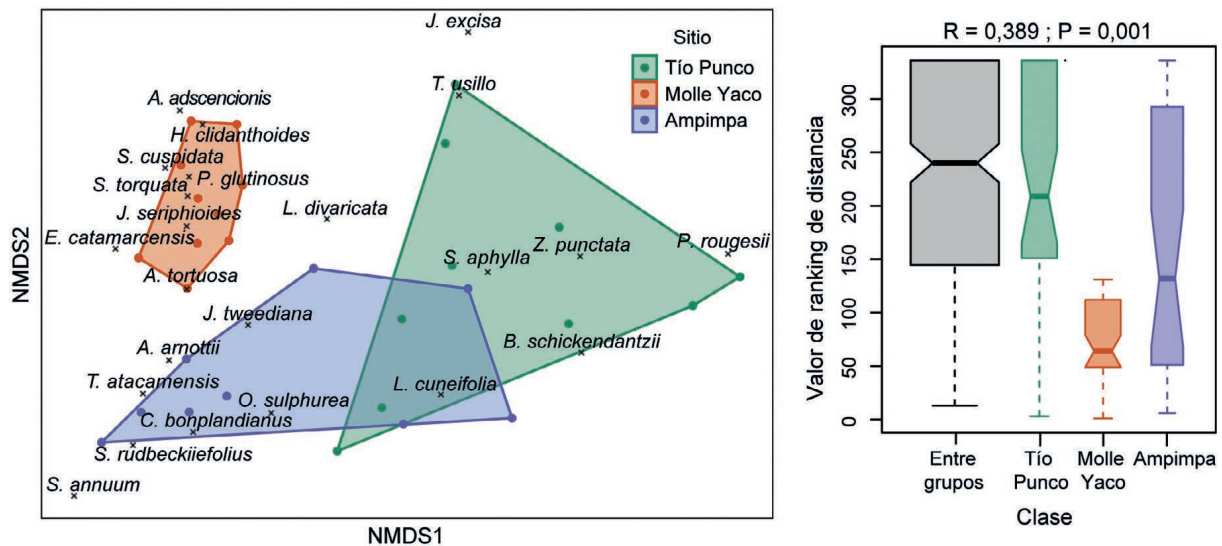


Fig. 3. Análisis multivariado de la composición de especies de las comunidades vegetales estudiadas.

Fig. 3. Multivariate analysis of species composition in the studied plant communities.

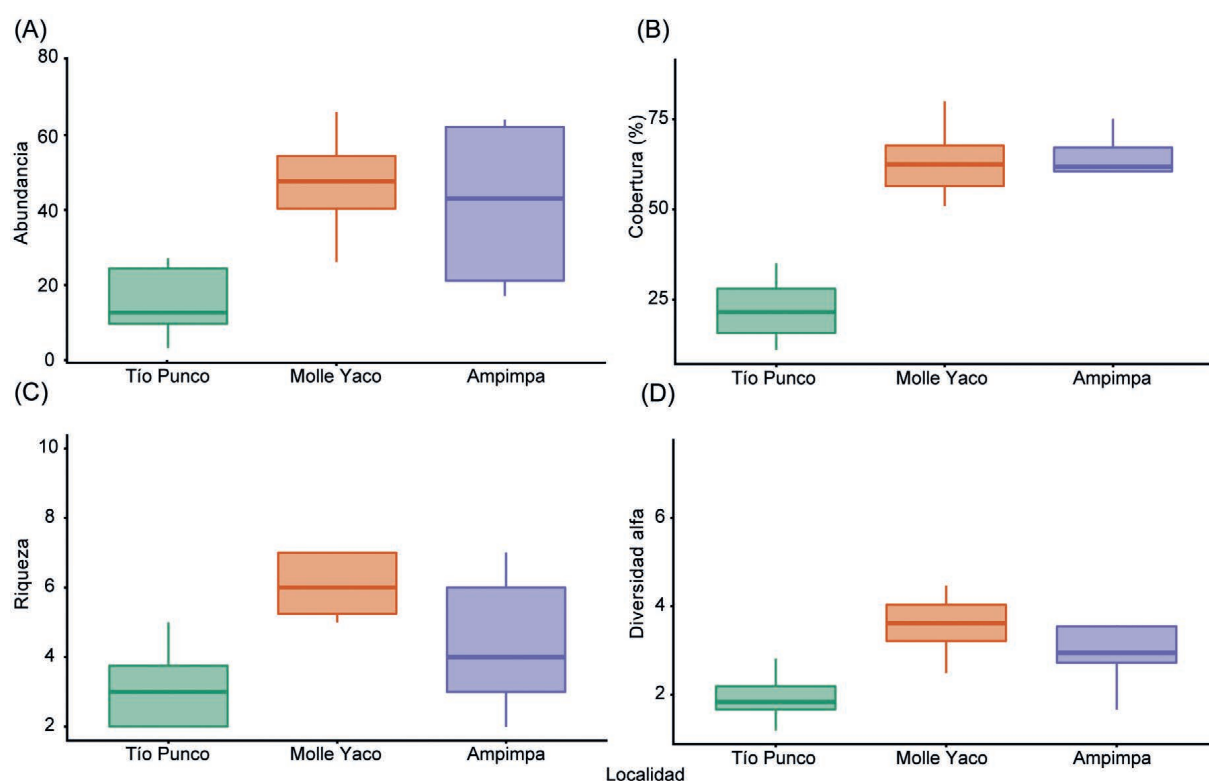


Fig. 4. Gráficos de cajas del número de individuos (A), porcentaje de cobertura (B), número de especies (C) y diversidad alfa (D) de las comunidades vegetales estudiadas.

Fig. 4. Box plots showing the number of individuals (A), percentage cover (B), number of species (C), and alpha diversity (D) of the studied plant communities.

Se encontró la mayor riqueza de especies en Molle Yaco, el piso de altitud intermedia (riqueza promedio por parcela = 6,4). Este valor fue significativamente diferente de la riqueza encontrada tanto en Tío Punco (riqueza promedio = 3) como en Ampimpa (riqueza promedio = 4,44). No se encontró diferencia significativa entre los valores de riqueza de Tío Punco y Ampimpa (Fig. 4 c). La diversidad alfa de orden 1 fue menor en Tío Punco (1,92) que en Molle Yaco (3,77) y Ampimpa (2,87), que no fueron significativamente diferentes entre sí (Fig. 4 d).

Los perfiles de diversidad mostraron que la diversidad gamma fue mayor en Molle Yaco y Ampimpa, principalmente a valores bajos de q (Fig. 5). Las curvas de ambos sitios mostraron pendientes más pronunciadas debido a la mayor dominancia de ciertas especies. Tío Punco presentó menor diversidad, pero una curva más aplanada, consistente con una mayor equitatividad entre las especies presentes (Fig. 5).

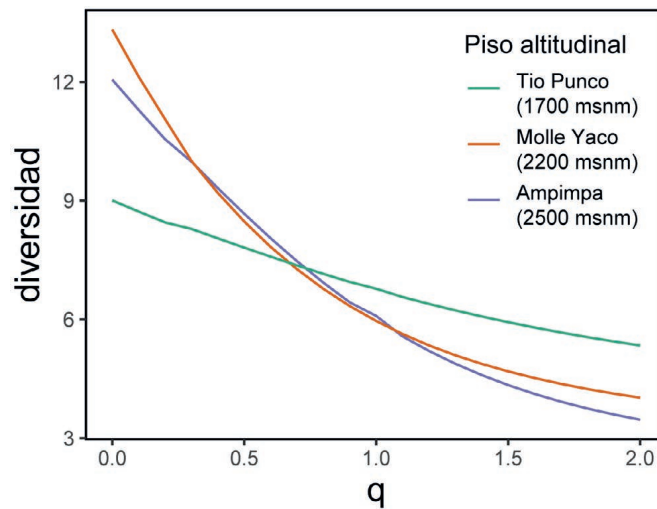


Fig. 5. Perfiles de diversidad de especies de Ampimpa, Molle Yaco y Tío Punco.

Fig. 5. Species diversity profiles in Ampimpa, Molle Yaco, and Tío Punco.

DISCUSIÓN

En este trabajo se describieron tres comunidades vegetales, ubicadas en las localidades de Ampimpa, Molle Yaco y Tío Punco en el valle de Santa María, provincia de Tucumán, que se diferenciaron en aspectos florísticos y estructurales. En un rango altitudinal de más de 700 m (1755 a 2500 m snm) se diferenciaron dos comunidades principales: 1. “Chilcal”, llamado así por la dominancia de *A. tortuosa*, conocida vulgarmente como “chilca”, en la parte alta del gradiente (Ampimpa y Molle Yaco), y 2. “Rodajillal”, denominado así por la dominancia de *P. rougesii* o “rodajilla” y *T. usillo* en la parte baja del gradiente (Tío Punco). Desde el punto de vista florístico, en el “chilcal” también pudieron distinguirse comunidades en base a las especies que acompañan a *A. tortuosa* y que pueden clasificarse como asociaciones: 1. Asociación de *A. tortuosa* con “sacanza” (*P. glutinosus*) en Molle Yaco, y 2. Asociación de *A. tortuosa* con los arbustos *A. arnottii*, y *B. schickendantzii* en Ampimpa. Aunque Ampimpa y Tío Punco se ubicaron en ambos extremos del gradiente, compartieron varias especies como *Larrea divaricata* Cav., *L. cuneifolia*, *B. schickendantzii*, *Senna aphylla* (Cav.) H.S. Irwin & Barneby y *O. sulphurea*. Debido a estas similitudes en la composición de especies, las comunidades vegetales de ambos sitios mostraron cierto solapamiento en el gráfico de ordenamiento.

Las comunidades vegetales de Ampimpa y Molle Yaco consisten en “Arbustales altos xerófitos”, ubicados en la parte superior del sector pedemontano en formaciones geomorfológicas como extensos glaciares y conos de acumulación, en los cuales la vegetación presenta mayor desarrollo por las condiciones de suelo y humedad (Perea, 1995). Estos ambientes geomorfológicos constituyen pedimentos compuestos por fanglomerados con la existencia de abanicos aluviales coalescentes de gran extensión (Gianfrancisco et al., 1998; Tineo, 2005).

Las características de los mismos y la condición de los suelos presentes en éstos, ofrecen condiciones más aptas para el desarrollo de un tipo de comunidad vegetal de condición xerófita pero adaptada a mejores condiciones de humedad. Este tipo de arbustales son característicos de estos sectores de laderas altas y de la parte superior de los abanicos aluviales. Por otro lado, Tío Punco consiste en un “Arbustal medio/bajo xerófito”, comunidad ubicada en el sector pedemontano inferior y sectores de bajada sobre terrazas del río Santa María, con predominio de suelos arenosos muy drenados, en los cuales los arbustos disminuyen en altura a medida que lo hace el gradiente altitudinal en dirección E-O (Perea, 1991, 1995). Comunidades vegetales con fisonomía y composición similar se presentan también en el sector occidental del valle de Santa María (Escudero Martínez, 1991).

Desde un punto de vista fitogeográfico, las comunidades relevadas representan arbustales típicos del Monte. Todos los elementos de las comunidades de Tío Punco pertenecen a esta provincia fitogeográfica, pero en Molle Yaco y Ampimpa también se encontraron elementos de Prepuna, región donde las cactáceas y bromeliáceas son abundantes (Cabrera, 1971). En estos dos sitios, se observó la presencia de *Trichocereus atacamensis* (Phil.) Backeb. (“cardón”), principalmente en las posiciones más altas del gradiente altitudinal. Hacia estos sectores, los cardonales incrementan su abundancia y el arbustal del Monte es reemplazado por las comunidades vegetales de Prepuna (Morello, 2012). El ecotono entre Monte y Prepuna es un arbustal xerófito bajo con cardones, constituyendo un mosaico de elementos para ambas comunidades (Perea, 1991, 1995). Sin embargo, en los sitios de este trabajo hay mayor predominancia de elementos de Monte, por lo cual el sector muestreado podría corresponder a uno de los extremos del ecotono.

En los tres sitios relevados se encontró un total de 39 especies de plantas, la mayoría de ellas arbustivas. Este número es inferior al relevado en otros estudios realizados en áreas cercanas y relacionadas (por ejemplo, 90 especies en el sector oriental del valle de Santa María, Tucumán – Escudero Martínez, 1991; Perea, 1991, 1995; 98 especies en Alumbrera, Catamarca – Carrizo y Esteban, 2006; 123 especies en la Sierra de Quilmes, Tucumán – Dip *et al.* 2020). Sin embargo, es importante señalar que en estos otros estudios el área de investigación abarcaba una extensión mayor, incluyendo más comunidades y sitios de estudio. Por lo tanto, es esperable que hayan encontrado un mayor número de especies, considerando la relación que existe entre la riqueza de especies y el tamaño del área.

Además de las diferencias en composición florística, las comunidades vegetales se diferenciaron en el gradiente altitudinal en relación a aspectos ecológicos. Los sitios de la parte media y alta del gradiente tuvieron mayor abundancia, cobertura vegetal y diversidad alfa. De un modo similar, en transectas realizadas por Solbrig *et al.* (1977) en ambientes áridos, se observó que la densidad de plantas, diversidad y cobertura aumentan y la distancia entre individuos disminuye con la altitud.

Estos patrones ecológicos podrían estar respondiendo a la textura del suelo, cuyas partículas se vuelven más gruesas con la elevación, revistiendo importancia por su rol en la retención y absorción de agua. Por ejemplo, Ampimpa y Molle Yaco, presentes en la parte superior del gradiente altitudinal, se ubican en el vértice de abanicos aluviales, lugares que se caracterizan por su abundante pedregosidad. Este tipo de cobertura rocosa determina la presencia de microambientes que retienen mayor humedad, lo cual favorece el establecimiento de las plantas. Ha sido bien establecido que la textura del suelo se encuentra correlacionada con la composición y estructura de los arbustales de ambientes desérticos con mayor diversidad de especies y formas de vida en las partes altas (Lowe *et al.*, 1973; Solbrig *et al.*, 1977). Hay más agua disponible para las plantas en suelos gruesos de las partes altas que en los de textura fina de las partes bajas, donde además el mayor contenido de sales incrementa fuertemente el estrés hídrico (Yang y Lowe, 1956; Fuller, 1974).

Tío Punco, ubicado a menor altitud en el gradiente, se caracterizó por una menor abundancia de plantas y menor cobertura vegetal. Este sitio presenta suelos arenosos desarrollados sobre terrazas del río Santa María, en el fondo del valle, donde el promedio de lluvias en algunos sectores apenas llega a 100 mm (Carrizo y Grau, 2014). Las condiciones para el establecimiento de las plantas son adversas representando un ambiente para un número limitado de especies, con baja abundancia y distribución muy esparcida, quedando amplios sectores con suelos desnudos. Además, hacia este sector del valle la acción del viento es notable, transportando y acumulando arena y la escasa materia orgánica debajo de los arbustos, formando montículos que llegan a medir 50 cm o más. En este ambiente la vegetación herbácea y las cactáceas se ubican en lugares resguardados, principalmente debajo de los arbustos donde obtienen mayor protección contra la herbivoría y de las inclemencias climáticas (alta radiación, viento).

La diversidad de especies fue mayor en la parte media y alta del gradiente altitudinal, es decir, en los sitios de Molle Yaco y Ampimpa. Sin embargo, las curvas de diversidad de ambos sitios tuvieron una alta pendiente, disminuyendo rápidamente a valores bajos de q . Esto puede deberse a la dominancia de determinadas especies como *A. tortuosa*, que en ambos sitios representa cerca de la mitad de los individuos muestreados. Aunque la riqueza de especies fue más baja en Tío Punco, su curva de diversidad sobrepasó a las curvas de Ampimpa y Molle Yaco hacia valores más altos de q . Este patrón está mostrando una mayor equitatividad en las abundancias de las especies en el sitio más bajo del gradiente estudiado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo de la ANPCyT (proyectos PICT2018-1119 y PICT2019-0193). Queremos agradecer a la Comunidad India de Amaicha del Valle por permitirnos el acceso a los sitios de estudio.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declararan que no presentan ningún conflicto de intereses relevante a este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bennet, D. P. y Humphries, D. A. (1974). Introducción a la ecología de campo. H. Blume Ediciones.
- Burkart, R., Bárbaro, N., Sánchez, R. O. y Gómez, D. A. (1999). Ecorregiones de la Argentina. APN-PRODIA, Buenos Aires.
- Burke, A. (2003). How special are Etendeka mesas? Flora and elevation gradients in an arid landscape in north-west Namibia. *Journal of Arid Environments* 55: 747-764.
- Cabrera, A. L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14(1-2): 1-42.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. (1973). Biogeografía de América Latina. OEA. Monogr. 13. Serie Biol. 2a. ed. Washington D.C.
- Carrizo, J. y Esteban, G. (2006). Guía de Vegetación Nativa Bajo de la Alumbrera.
- Carrizo, J. y Grau, A. (2014). Plantas silvestres de los Valles Calchaquíes. Guía Visual. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K. y Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84(1): 45-67.
- Dip, A. B., Sampietro-Vattuone, M. M., Garey, M. V. y Eleuterio, A. A. (2020). Altitudinal gradient of plant diversity patterns in the Sierra de Quilmes (Monte desert–Argentina). *Journal of Arid Environments* 182: 104274.
- Escudero Martínez, M. T. I. (1991). Análisis de prioridades para la conservación en el Valle de Santa María Sector Occidental Tucumán – Catamarca. (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Fuller, W. H. (1974). Desert Soils. En: G. W. Brown Jr. (Ed.), Desert biology, Special topics on the physical and biological aspects of arid regions Volume 2 (pp. 31-101). New York: Academic Press.

- Funes, G. y Cabido, M. (1995). Variabilidad local y regional de la vegetación rupícola de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 24: 173-188.
- Gianfrancisco, M., Puchulu, M. E., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G. (1998). Geología de Tucumán. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Guerrero-Campo, J., Alberto, F., Hodgson, J., García-Ruiz, J. M. y Montserrat-Martí, G. (1999). Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. *Journal of Arid Environments* 41: 401-410.
- Hueck, K. (1959). Bosques secos de la zona Tropical y Subtropical de América del Sur. Instituto Forestal Latinoamericano. Boletín No 4. Mérida, Venezuela.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113 (2): 363-375.
- Lowe, C., Morello, J., Goldstein, G., Cross, J. y Neuman, R. (1973). Análisis comparativo de la vegetación de los desiertos subtropicales de Norte y Sud América (Monte-Sonora). *Ecología* 1: 35-43.
- Marcon, E. y Hérault, B. (2015). entropart: An R package to measure and partition diversity. *Journal of Statistical Software* 67: 1-26.
- MCauliffe, J. R. (1994). Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert Bajadas. *Ecological Monographs* 64: 111-148.
- Minetti, J. L., Poblete, A. G. y Longhi, F. (2005). Los mesoclimas del Noroeste argentino. En: J. L. Minetti (Ed.), El clima del Noroeste Argentino (pp. 217-233). San Miguel de Tucumán: Ed. Magna.
- Morello, J. H. (1958). La provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2: 1-155. Fundación Miguel Lillo.
- Morello, J. (2012). Ecorregión del Monte de Sierras y Bolsones. En: J. Morello, S. D. Matteucci, A. F. Rodríguez y M. E. Silva (Eds.), Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos 1º edición (pp. 265-291). Buenos Aires: FADU-GEPAMA
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Inc.
- Navarro, C. (2014). Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el sector oriental del Valle de Santa María, desierto del Monte (Tucumán – Argentina). (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Peña-Monné, J. L. y Sampietro-Vattuone, M. M. (2016). Geomorphology of the alluvial fans in Colalao del Valle-Quilmes area (Santa María Valley, Tucumán Province, Argentina). *Journal of Maps* 12: 460-465.
- Perea, M. C. (1991). Análisis de prioridades para la conservación en el valle del río Santa María - sector oriental- Tucumán. Argentina. (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Perea, M. C. (1995). Mapa de vegetación del Valle de Santa María, sector oriental (Tucumán, Argentina). *Lilloa* 38 (2): 121-131.

- Perea, M. C. (1997). Diversidad específica y funcional (Síndromes Adaptativos) en comunidades semidesérticas del noroeste argentino (Tesis de Maestría), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela.
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sampietro-Vattuone, M. M. y Peña-Monné, J. L. (2023). Geomorphological evolution of the western piedmont of Cumbres Calchaquies (Tucumán Province, NW Argentina). *Journal of Maps* 19 (1): 2168569.
- Sarmiento, G. (1975). The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography* 2: 233-251.
- Shreve, F. (1951). Vegetation and Flora of the Sonoran Desert. Volume 1. Carnegie Institution of Washington Publication, Washington D.C.
- Solbrig, O. T., Barbour, M. A., Cross, J., Goldstein, G., Lowe, C. H., Morello, J. y Yang, T. W. (1977). Chapter 4: The strategies and community patterns of desert plants. En: G. H. Orians y O. T. Solbrig (Eds.). Convergent evolution in warm deserts. US/IBP Synthesis No 3 (pp. 67-106). Dowden, Hutchinson and Ross, Inc Stroudsburg.
- Strecker, M., Bloom, A. L., Malizzia, D., Cervený, P., Bossi, G., Bense, C. y Villanueva García, A. (1987). Nuevos datos neotectónicos sobre las Sierras Pampeanas Septentrionales (26°-27°) República Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino, Tucumán. *Actas* 1: 231-234.
- Tineo, A. (2005). Estudios Hidrogeológicos del Valle del Río Santa María - Provincia de Catamarca. Serie Correlación Geológica 20. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO), Tucumán.
- Vervoorst, F. (1981). Mapa de las Comunidades Vegetales de la Provincia de Tucumán. 8-9. En: R. Laurent y E. Terán (Eds.). Lista de Anfibios y Reptiles de la Provincia de Tucumán (pp. 1-15). Tucumán: Fundación Miguel Lillo.
- Whittaker, R. H., Buol, S. W., Niering, W. A. y Havens, Y. H. (1967). A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. *Ecology* 48: 440-450.
- Yang, T. W. y Lowe Jr, C. H. (1956). Correlation of major vegetation climaxes with soil characteristics in the Sonoran Desert. *Science* 123 (3196): 542.