

DIAGNÓSTICO DE COMUNIDADES VEGETALES CON ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO EN LA REGIÓN ÁRIDA ORIENTAL DE TULUM

ANDRÉS ORTEGA¹; DANIEL FLORES¹ & GRACIELA SUVIRE^{1,2}

1 Departamento de Biología. Gabinete de Geología Ambiental. Instituto de Geología. FCFN. Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza y Meglioli. J 5400. San Juan, Argentina.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Buenos Aires.

Correo electrónico: bioandres07@hotmail.com; graciela_suvires@yahoo.com.ar

Recibido: 09-09-09

Aceptado: 03-09-10

RESUMEN

En el este de la Depresión de Tulum, región desértica del centro y oeste de la Argentina, se efectuó un análisis entre las unidades geomorfológicas, procesos y texturas de los suelos, con el fin de establecer vinculaciones entre estos recursos y diagnosticar las comunidades de vegetación. Se identificaron y clasificaron tres principales ambientes geomorfológicos: un relieve dunar, una planicie arenosa eólica loessoides y una planicie fluvial abandonada del río San Juan. Se trazaron 3 transectos para relevar la vegetación y las texturas de los suelos. En el ambiente dunar actual, con procesos eólicos, domina *Panicum urvellanum*; en la planicie arenosa loessoides, con procesos fluviales antiguos y eólicos, *Suaeda divaricata* asociada a *Atriplex lampa* y *Schismus barbatus*, y en la planicie fluvial antigua, con procesos de salinización, *Atriplex crenatifolia*. La mayor riqueza y diversidad de especies se encontraron en la planicie arenosa loessoides y en suelos limosos y la menor en la planicie fluvial antigua, y suelos arcillosos correspondiendo a S2 y S3, respectivamente.

Palabras clave. Centro oeste argentino, procesos, planicies fluviales, dunas, diversidad, suelos.

RELATIONSHIP BETWEEN PLANT COMMUNITIES AND GEOMORPHOLOGICAL ENVIRONMENTS IN THE ARID REGION OF EASTERN TULUM

ABSTRACT

A multidisciplinary analysis was carried out to determine geomorphological units in the desert region of central and west Argentina and their relationship with plant communities. Three east-west transects were studied, resulting in the identification and classification of three main geomorphological environments: a dune relief, a sandy loess plain and an ancient fluvial plain of the San Juan River. The dominant plant community in the dune environment, characterized by wind processes, was found to be *Panicum urvellanum*; in the sandy loess plain, characterized by wind and ancient fluvial processes, *Suaeda divaricata* in association with *Atriplex lampa* and *Schismus barbatus* predominates; and in the ancient fluvial plain, where salt processes occur, *Atriplex crenatifolia* is the main community. The richest abundance and widest diversity were found in the sandy loess plain and in silty soils and the least abundance and diversity in the ancient fluvial plain and S2 and S3 clay soils.

Key words. Central west Argentina, processes, fluvial plain, dunes, diversity, soils.

INTRODUCCIÓN

La heterogeneidad de los factores ambientales y la vegetación constituye una de las principales características de estas zonas áridas. Por este motivo, al evaluar los elementos de la vegetación de la zona en estudio debemos conocer los factores ambientales que dominan el área de estudio. La cobertura y disposición espacial de las manchas de vegetación perenne puede proporcionar información valiosa sobre el funcionamiento del paisaje (Tongway & Hindley, 2004a). La excesiva presión sobre el paisaje puede ir en detrimento de la capacidad de la vegetación para actuar como sumidero de recursos, de manera que en su conjunto tendría más fugas (Tongway & Hindley, 2004a; Tongway & Hindley, 2004b). Es señala-

do en la literatura que la parte del Monte Central es la más seca con precipitaciones menores a 80 mm/año, con una cobertura de plantas que rara vez supera los 20% y con una heterogeneidad de la vegetación a escala de paisaje, mayormente controlada por factores geomorfológicos y edáficos (Morillo, 1958; Heredia *et al.*, 2006; Rundell *et al.*, 2007; Bisigato *et al.*, 2008). No obstante en el área de estudio no se conocen estudios específicos que señalen estas relaciones. Por este motivo, se consideró que esta contribución es inicial para despertar el interés y continuar con otros análisis complementarios.

El área se encuentra en la región árida del centro oeste de la Argentina y en la porción sureste de la provincia de San Juan. Corresponde a un sector del borde oriental

de la Depresión tectónica del Tulum, próxima a la sierra Pie de Palo y al gran complejo dunar de los «Médanos Grandes». El área de estudio se ubica en la intersección del paralelo de $31^{\circ}45' S$ y el meridiano de $68^{\circ}10' O$ (Fig. 1). Corresponde a un sector de secano inmerso en la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1994) a casi 40 km al este de la ciudad capital de San Juan. El relevamiento de la vegetación asociado al análisis del relieve o geomorfología, efectuados en el trabajo, resultaron ser de gran practicidad por tratarse de amplias áreas e insuficientes fondos para cubrir investigaciones detalladas. La región se caracteriza por amplias llanuras interrumpidas por acumulaciones de depósitos eólicos, ubicada al sur de las estribaciones de la sierra Pie de Palo. Esta sierra es un obstáculo topográfico para el transporte de la carga del viento sur, situación que siempre habría imperado a lo largo del Cuaternario medio-tardío (150.000 a AP-Actual) (Suvires, 1991; Zárate, 2000) y que permitió la deposición de los espesos depósitos arenosos. Están integrados por arenas que varían entre gruesa, media a muy fina, y se elevan en forma de dunas longitudinales sobre la antigua planicie fluvial del río San Juan (Vallecillos & Suvires, 2006; Zambrano & Suvires, 2008). Las precipitaciones en el área son menores a los 100 mm año (Roig *et al.*, 2008) con estaciones secas y frías desde abril a agosto y estaciones cálidas y lluviosas desde noviembre hasta marzo. La dirección del viento dominante es S y en segunda frecuencia SE y N especialmente en primavera (setiembre a noviembre). La zona tiene un uso excesivo de los recursos vegetales por las poblaciones locales que extraen la vegetación leñosa para usos, como leña y postes. En los últimos cinco años se ha producido un desarrollo no controlado de la explotación olivícola y vitivinícola en esta zona rural, mediante la introducción de nuevos sistemas de riego. Esta situación ha acelera-

do los procesos de desertificación y el despegue de la migración de dunas hacia el norte y oeste, antes estabilizadas. No resulta posible manejar sustentablemente esta área sin un conocimiento acabado del funcionamiento e interrelaciones de sus diversos recursos. Debido que el manejo de los recursos se fundamenta en la capacidad de reconocer niveles de heterogeneidad dentro de un área para adecuar recomendaciones de manejo agronómico y uso del suelo según esas diferencias (Booltink *et al.*, 2001), la presente tiene como objetivo reconocer la heterogeneidad físico espacial y biótica presente en la región, mediante la aplicación de una metodología holística, con el fin de contribuir a lineamientos en los planes de manejo de recursos en la provincia de San Juan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las tareas de fotointerpretación básicas y orientadas hacia el análisis integral de los recursos (relieve, suelos y vegetación), empleadas en la presente, fueron de gran utilidad, agilizando o disminuyendo las tareas de campo. Las unidades geomorfológicas se delimitaron con la ayuda de imágenes de sensores remotos, fotografías aéreas y observaciones de campo. La identificación y clasificación de los ambientes geomorfológicos en las imágenes de sensores permitió obtener una cartografía base (Fig. 2) previa al trabajo de campo. En cada unidad de relieve se abrieron tres pozos de 100 cm de profundidad, para la determinación y descripción de los horizontes de suelos y toma de muestras para determinación de texturas en laboratorio (tamizado y método de la pipeta). Otros datos fueron: profundidad y espesor de los horizontes, textura al tacto, consistencia en seco (s) y en húmedo (h), adhesividad, plasticidad, presencia de cutanes, carbonato de calcio (usando 10% HCl), densidad y grosor de raíces y presencia de poros en los horizontes. En todas las descripciones y muestreo se siguió la metodología de Normas de Reconocimiento de Suelos de Etcheverhere

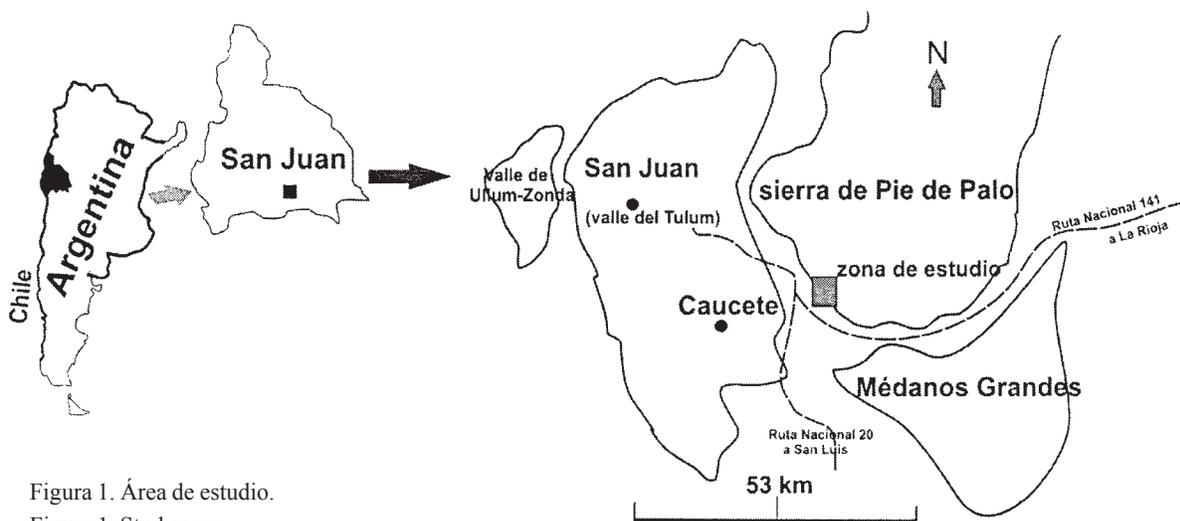
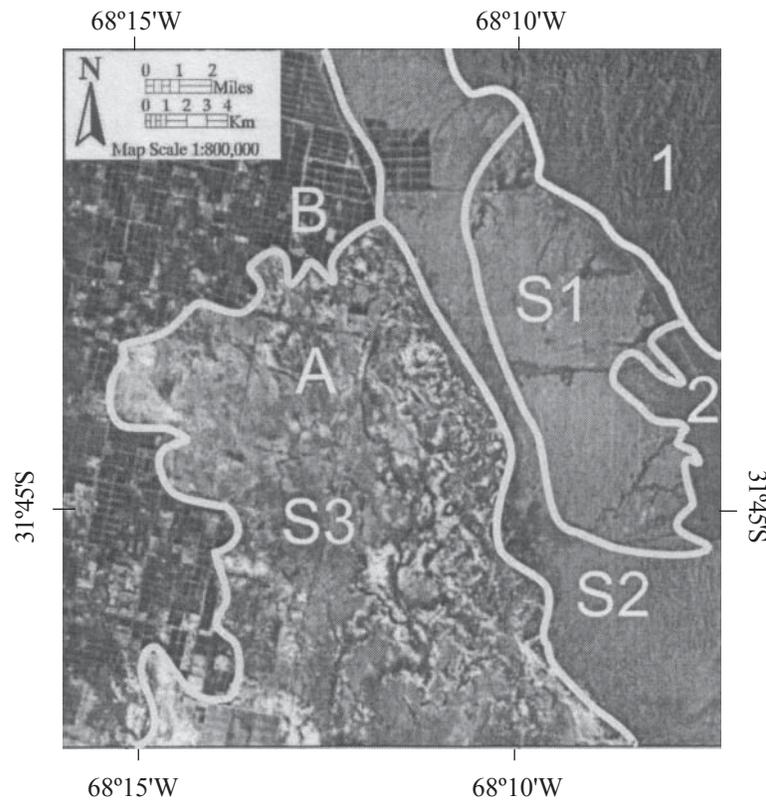


Figura 1. Área de estudio.

Figure 1. Study area.



S1: Dunas; S2: Planicie arenosa loessoide; S3: Planicie fluvial abandonada del río San Juan; 1: Sierra de Pie de Palo; 2: piedemonte de la sierra de Pie de Palo. A: Planicie fluvial con cultivos; B: planicie fluvial con cauces abandonados.

S1: Dunes; S2: loessic sandy plain; S3: ancient fluvial plain of San Juan River; 1: Pie de Palo range; 2: piedmont area of Pie de Palo range; A: cultivated crop fluvial plain; B: fluvial plain with abandoned channels.

Figura 2. Unidades geomorfológicas.

Figure 2. Geomorphological units.

(1976). La vegetación fue relevada siguiendo el método de Braun-Blanquet (1929), evaluando la vegetación desde un punto de vista fitosociológico, con una lista completa de las diferentes especies, asignándole a cada una de ellas valores de abundancia, dominancia y sociabilidad. En cada uno de los ambientes geomorfológicos se trazaron tres transectas de diez cuadros de 5 x 5 metros (25 m²). Se calcularon los índices de diversidad (H) utilizando el método de Shannon-Wiener, riqueza de especies (S) y la equitatividad de Pielou (J) (Moreno, 2001).

RESULTADOS

Ambientes geomorfológicos

Grandes superficies, en la región este de la depresión de Tulum, corresponden a una extensa y antigua planicie aluvial depositada por cursos de agua, divagantes,

actualmente abandonados, pertenecientes al río San Juan, en su curso inferior (Suvires, 2004; Zambrano & Suvires, 2008) (Fig. 2). Esta planicie fluvial, distal, está surcada por numerosos cauces abandonados, de formas sinuosas y meándricas, canales ocupados por sedimentos finos con alto contenido en sales y con vegetación halófila. Sobreyacen a estos antiguos sedimentos fluviales, depósitos de origen eólico y de edad más reciente. Éstos forman dunas longitudinales NO-SE con espesores superiores a 5 m por encima del nivel de la superficie de la planicie. En el área transicional entre la planicie y las dunas se identificó un ecotono correspondiente al relieve clasificado como planicie arenosa loessoide, debido a su clase textural muy fina a limosa de origen eólico. Los procesos morfo-genéticos en cada uno de los tres relieves son diferentes. En las dunas prima la acción erosiva o de deflación del viento, con migración de dunas, siendo un relieve muy

dinámico. En la planicie loessoide coexiste una combinación de acciones, una depositación fluvial antigua que está sobrepuesta por depósitos eólicos más recientes, correspondiendo a un relieve medianamente dinámico. Finalmente y debido a las características de la planicie fluvial como relieve senil permite que avancen los procesos de salinización, costrificación, intemperización y meteorización. Es un relieve relativamente más estable con moderada a nula acción fluvial actual y moderada acción erosiva del viento.

En la Figura 2 se distinguen las tres unidades geomorfológicas, correspondientes a S1: Dunas; S2: Planicie arenosa loessoide y S3: Planicie fluvial abandonada del río San Juan. Todos estos relieves se extienden al sur de la sierra de Pie de Palo y en el límite con el piedemonte suroccidental de la sierra de Pie de Palo.

En el área de estudio, las dunas (S1) se elevan alrededor de 15 m sobre la superficie de S3, mientras que por su parte la planicie arenosa loessoide (S2) alcanza una altura promedio de 5 m sobre S3 y S3 está a los 558 msnm.

Relevamiento de la vegetación

Estudiar modelos de vegetación en ecosistemas áridos a través de diferentes tipos de suelos, en áreas relativamente pequeñas, muestra las relaciones entre patrones de vegetación y el desarrollo del suelo (Bliss & Cox, 1964; Bowers & Lowe, 1986; Franco-Vizcaino, 1994; Guerrero-Campo *et al.*, 1999; AbdEl-Ghani & Amer, 2003). Los factores ambientales representados en diferencias en topografía, hidrología y geología, entre otros, son altamente responsables de la heterogeneidad vegetal. En el área de estudio, estas diferencias están presentes. Los autores las vinculamos más a las diferencias geomorfológicas que a las topográficas, dado que una unidad geomorfológica implica mucho más que cambios de pendientes y abarca aspectos de litología, procesos y dinámica hidrogeológica propios de los depósitos que constituyen la geoforma. Las variables de la vegetación identificadas se sintetizan en la Tabla 2.

La mayor diversidad y riqueza de especies fue registrada en la planicie arenosa loessoide (Sitio 2), mientras que la menor diversidad y riqueza en la Planicie fluvial abandonada (S3). Contrariamente, la mayor equitatividad (J) se determinó en el Sitio S3 de la planicie fluvial abandonada.

Por otra parte, el análisis fitosociológico de la vegetación realizado mediante el método de Braun-Blanquet (Tabla 3) indica que los tres sitios (S) tienen entre sí una diferencia florística bien marcada. Las comunidades presentes en cada sitio están dominadas por: en el sitio S1 *Panicum urvellanum*, *Suaeda divaricata* en el S2, y en S3 la comunidad dominante junto con especies aso-

ciadas como *Atriplex lampa*, *Schismus barbatus* y *Atriplex crenatifolia*.

Texturas de los suelos

La textura del suelo es un factor limitante de la dinámica de plantas particularmente en regiones áridas. De tal modo que, la textura de un suelo asociada a características de los relieves y topografía, influyen en el régimen de humedad del suelo (Abbot *et al.*, 1991; Stevens *et al.*, 1995; Buxbaum & Vanderbilt, 2007). A nivel local, la variación en la humedad del suelo ejerce un mayor control sobre las plantas que el factor clima. Mientras que este último lo ejerce a nivel regional determinando principalmente la composición de la vegetación (Stein & Ludwig, 1979). En el área de estudio, la humedad en los suelos es independiente del clima y depende de sectores de descarga de agua subterránea desde los Médanos Grandes y a veces corresponde a los sitios de los paleocauces que abundan en la planicie fluvial. Las texturas de los suelos van desde Arcillo limoso, arenosa a franco arenosa hasta arenas, en las unidades S3, S2 y S1, respectivamente. Los suelos entran en el Orden Entisol en los Subórdenes Fluvents y Psamments, según la Taxonomía de Suelos (INTA-San Juan, 1976). Los contenidos en sales de sodio y yeso son altos en S3 a diferencia de S2, donde su buena permeabilidad disminuye la concentración de sales.

Las texturas de los suelos se detallan en la Tabla 1.

DISCUSIÓN

A nivel de paisaje, las comunidades de plantas están distribuidas de acuerdo a diferencias climáticas, edáficas y topográficas entre distintos sitios según Matteuchi & Colma (1982). Bisigato *et al.* (2008) mencionan que las comunidades vegetales son el resultado de la acción conjunta e integrada de los factores ambientales actuando como indicadora de las características ecológicas del área. En este estudio resultó ser que las comunidades vegetales se ubican en una zona con características climáticas similares, áridas y secas, con solo precipitaciones estivales, lo que indica que sus variaciones no responden al clima de la zona sino más bien a un clima edáfico. Este último sería el producto de descargas de agua subterránea provenientes desde partes topográficas más altas, donde se ubican los médanos grandes. Asimismo cursos de aguas antiguos, suavemente cóncavos, ubicados en la planicie fluvial y en la arenosa loessoide, presentan una densidad y altura de vegetación mayor. Reynolds & Wu (1999) indican que los factores abióticos como diferencias en topografía, hidrología, geología y lluvias son

Tabla 1. Unidades geomorfológicas y características del área de estudio.

Table 1. Geomorphological units and characteristics of the study area.

Unidad geomorfológica	Coordenadas	Altura (msnm)	Características/textura suelo
SITIO 1: DUNAS	31°43'43" S 68°10'04" O	577 Techo de la duna	Relieve ondulado. Depósitos de arenas finas-medianas.
	31°43'29" S 68°10'34" O	567 Base de la duna	Arenas finas Hallazgo de fragmentos de cerámicas prehispánicas
SITIO 2: PLANICIE ARENOSA LOESSOIDE	31°43'38" S 68°10'13" O	563	Relieve plano. Depósitos de arenas muy finas y limos, abundantes micas. Estructuración grado débil a moderado. Contenido de raíces muy finas entre los 0 - 15 cm. Presencia de sales. Suelo limoso sobre subsuelo arcillo-limoso.
SITIO 3: PLANICIE FLUVIAL ANTIGUA DEL RIO SAN JUAN	31°43'07" S 68°12'14" O	558	Relieve llano con suave pendiente regional hacia el S. Suelos de texturas muy finas. Abundantes sales. Gleyzación, restos de carbón. Yeso abundante. Suelos arcillo limoso y franco arcillo limoso.

Tabla 2. Índices de diversidad de la vegetación (S: riqueza de especies; H: diversidad de Shannon; J: equitatividad de Pielou).

Table 2. Diversity index's of vegetation (S: species richness, H: diversity of Shannon; J: evenness of Pielou).

Índice	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
S	10	12	3
H	0,68	0,79	0,37
J	0,07	0,06	0,12

altamente responsables de la heterogeneidad del paisaje a escala regional. En esta área la heterogeneidad del relieve y de los depósitos que los constituyen son las principales características primarias que heredaron los suelos. Por un lado, suelos desarrollados en sedimentos depositados por ríos y por otro suelo desarrollado débilmente en cubiertas eólicas modernas que cubren a los sedimentos fluviales. La acción del agua corriente difiere notablemente de la del viento, y en consecuencia también sus productos. La heterogeneidad espacial de la vegetación en la región este del Tulum se debería no solo a las condiciones ambientales de zonas áridas y semiáridas como señalan Tongway & Hindley (2004 b), sino también a la sucesión de procesos y de cambios morfodinámicos que se producen a lo largo del tiempo geológico e histórico. Los tres sitios de relieve son morfológica-

mente y genéticamente distintos, formados por corrientes de agua y por acción del viento. En consecuencia los materiales parentales de los perfiles de suelos existentes en cada una de las tres unidades geomorfológicas son diferentes.

Estos suelos de poco desarrollo pedogenético provienen de materiales parentales alóctonos transportados tanto por corrientes de agua (S3) como por vientos regionales del SE y SO (Suvires 1990). Si bien la interacción entre plantas es un factor importante en la organización y funcionamiento de las comunidades vegetales, en el presente trabajo se podría establecer la influencia de la dinámica de los procesos actuales del viento en la capacidad de dispersión de las especies. Los autores consideramos que el entendimiento de la evolución del relieve y de la dinámica de sus procesos, se hace indispensable para establecer los episodios en la sucesión evolutiva de procesos y de relieves a través del tiempo, lo que influye en la distribución de la vegetación. Así por ejemplo en el ambiente S3, de relieve plano con suave pendiente regional hacia el S y SE, se observa con facilidad en las imágenes aéreas numerosos cursos de agua (paleocauces) con recorrido sinuosos a meándricos abandonados hace unos pocos miles de años atrás, cuando el sistema fluvial del río San Juan migraba de oeste a este, ante el ascenso de la sierra Pie de Palo (Suvires, 2004). Estos paleocauces son reconocibles en el campo por una ma-

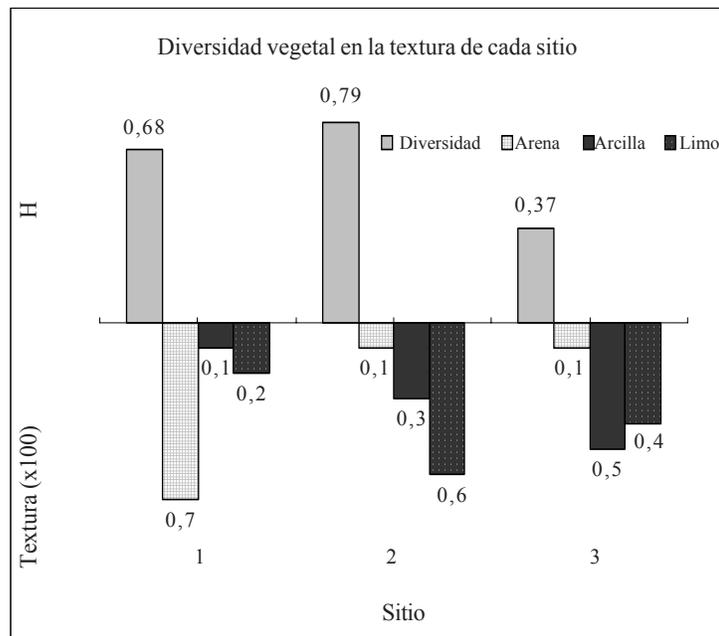


Figura 3. Relación entre la textura y el índice de diversidad de Shannon (H).
Figure 3. Relation between soil texture and Shannon diversity index (H)

yor densidad de vegetación. Indicarían que a pesar de ser relieves locales antiguos seguirían actuando como drenes de descargas probablemente ante lluvias esporádicas estivales o ante la captura de agua proveniente de pérdidas de los canales de riego. Por su parte, la relación entre texturas de los suelos y la diversidad vegetal se comprueba en que la mayor diversidad de especies vegetales corresponde al ambiente de la planicie arenosa loessoide (S2), con un suelo de textura limosa, sobre subsuelo arcillo-limoso, dominado por la comunidad de *Suaeda divaricata*. En el sitio S1, donde la acción del viento es mayor, el sedimento es arenoso fino a limo, y el proceso de la deflación o erosión eólica es intenso, se encuentra la comunidad de *Panicum urvellanum*, especie psamófila. En esta área se observó la facilidad del crecimiento de esa psamófila y su capacidad de adaptación a la dinámica de un ambiente eólico como el de las Dunas activas y en movimiento. Sus raíces forman tramas enrejadas que favorecen la retención del suelo ante el impacto del viento. Vallecillos & Suvires (2006) estudiaron las texturas de muestras extraídas de dunas distantes unos 15 km hacia el sur de la presente área de estudio, y encontraron que las dunas tienen histogramas unimodales con la moda en la fracción de arena fina (0,250-0,125 mm), mientras que los sectores de interdunas tienen menor selección con una moda principal en arena fina, aunque

acompañada de modas secundarias en arena gruesa (0,500-0,250 mm) y limo (0,062-0,004 mm). En forma coincidente con estos autores, los presentes encontraron fracciones más gruesas al limo en las dunas, por lo que convinimos en usar el término loessoide para designar a la planicie arenosa S2. Finalmente, el relieve S3, con suelo de texturas franco arcillo limoso, arcillo limosa y arcillosa, presenta la más baja diversidad vegetal pero la mayor equitatividad. La comunidad que domina en este ambiente fluvial distal es *Atriplex crenatifolia*. Esta especie está adaptada a condiciones extremas en suelos con alto contenido en sales de sodio y yeso, baja a nula permeabilidad en relieves llanos de escasa pendiente.

CONCLUSIONES

El conocimiento obtenido del relieve y procesos de la región permite concluir en una reconstrucción hipotética paleoambiental de la región, expresada en cinco etapas a lo largo del Cuaternario Medio-Tardío en:

Primero, hace miles de años atrás, se produjo la deposición de grandes volúmenes de sedimentos de carga detrítica aluvional transportados por el río San Juan desde las nacientes andinas hasta la depresión del Tulum,

coincidiendo con períodos interglaciales (cerca 100.000 aAP). En la parte distal y oriental del Tulum, los sedimentos habrían formado la unidad S3. Segundo, en las regiones extraandinas (fuera de las zonas englazadas) correspondientes a depresiones intermontanas como la de Tulum, una intensa actividad eólica favoreció la deposición de grandes dunas (Médanos Grandes). En ese entonces el viento provenía del SSO. En los alrededores de estas dunas, el aporte sedimentario menor logró solo construir una planicie depositacional arenosa y limosa sobre la fluvial preexistente. Esta es la unidad S2, denominada por los autores como planicie arenosa loessoide (arenas muy finas y limo). Tercero, en los últimos miles de años, la presencia de intervalos más húmedos habría facilitado, en esta parte del Tulum, el desarrollo de suelos, encontrándose en la planicie arenosa loessoide un horizonte A de 15 cm de espesor. Cuarto, actualmente continúa la actividad eólica, aunque con vientos de menor intensidad y de dirección Sa SSE. Hoy, las dunas avanzan hacia el N y NO en el Tulum, sobre el territorio de la planicie fluvial. Quinto, actualmente los microprocesos geomórficos erosivos siguen actuando, de tal modo que la superficie del suelo en S2 tiene un descenso en incisión vertical de 40 cm. Los procesos actuales son severos en la unidad S1 de salinización y desarrollo y extensión de «peladales» o áreas sin vegetación. Los procesos geomórficos detectados son por un lado la erosión eólica y migración hacia el N y NO de las dunas, erosión vertical en uadis de la planicie arenosa y salinización en la S3. La diversidad vegetal menor es para el ambiente S3 y la más alta para el ecotono S2. Mientras que en S1 la diversidad y riqueza de especies es intermedia, indicando adaptabilidad de las especies presentes a la dinámica eólica actual. La morfogénesis de los relieves y los procesos morfodinámicos actuales serían los dos factores principales que influyen en la vegetación de la zona.

AGRADECIMIENTO

Al financiamiento RECIBIDO para los trabajos de campo provistos por el Proyecto PIP 2053-CONICET y UNSJ. A los árbitros intervinientes que permitieron mejorar el presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbot, ML; J Fraley & TD Reynolds. 1991. Root profiles of select cold desert shrubs and grasses in disturbed and undisturbed soils. *Environmental and Experimental Botany* 31: 165-178.
- Abd El-Ghani, MM & WM Amer. 2003. Soil-vegetation relationships in a coastal desert plain of southern Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments* 55: 607-628.
- Bisigato, A; PE Villagra; J Ares & BE Rossi. 2008. Vegetation heterogeneity in Monte Desert ecosystems: a multi-scale approach linking patterns and processes. *Journal of Arid Environments*, this issue, doi:10.1016/j.jaridenv.2008.09.001.
- Bliss, LC & GW Cox. 1964. Plant community and soil variation within a northern Indiana Prairie. *American Midland Naturalist* 72: 115-129.
- Booltink, HWG; BJ Van Alphen; WD Batchelor; JO Paz; JJ Stoorvoeg & R Vargas. 2001. Tools for optimizing management of spatially-variable fields, *Agricultural Systems* 70: 445-476.
- Bowers, MA & CH Lowe. 1986. Plant-form gradients on Sonoran Desert bajadas. *Oikos* 46: 284-291.
- Braun-Blanquet, J. 1929. L'origine et développement des flores dans le Massif Central de France. *Armáis Soc. Linn., Lyon* 76: 1-129.
- Buxbaum, CAZ. & K Vanderbilt. 2007. Soil heterogeneity and the distribution of desert and steppe plant species across a desert-grassland ecotone. *Journal of Arid Environments* 69: 617-632.
- Cabrera, AL. 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Editorial ACME S.A.C.I. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: WF Kugler (ed.).
- Etchevehere, P. 1976. Normas de reconocimientos de suelos. INTA, Buenos Aires.
- Franco Vizcaino, E. 1994. Water regimes in soils and plants along an aridity gradient in central Baja California, Mexico. *Journal of Arid Environments* 27: 309-323.
- Guerrero Campo, J; F Alberto; J Hodgson; JM Garcia-Ruiz & G Monserrat-Martí. 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.
- Heredia, OS; L Giuffrè; J Florentino Goleri & ME Conti. 2006. Calidad de los suelos del norte de Santa Fé. Efecto de la geomorfología y del uso de la tierra. *Ciencia del Suelo* 24(2): 109-114.
- INTA-EEA San Juan. 1976. Estudio de suelos de los valles de Tulum, Ullum y Zonda. Tomo 1, pp 120. San Juan.
- Matteuchi, SD & A Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington: Secretaría Gral. de la OEA – Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 169 p.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. Opera Lilloana. N°2. Tucumán (Argentina). Fundación Miguel Lillo. 1958. 155 p.
- Moreno, CE. 2001. Métodos Para Medir La Biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA, Zaragoza, Spain.
- Reynolds, JF & JWu. 1999. Do landscape structural and functional units exist? In: Tenhunen, JD & Kabat, P (eds.), Integrating Hydrology, Ecosystem Dynamics, and Biogeochemistry in Complex Landscapes. John Wiley & Sons, Berlin, pp. 273-296.
- Roig, FA; S Roig-Juñent & V Corbalán. 2008. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environments* (2008), doi:10.1016/j.jaridenv.2008.07.016.

- Rundel, P; PE Villagra; MO Dillon; SA Roig-Juñent & G Debandi. 2007. Arid and Semi-Arid Ecosystems. In: Veblen, TT; Young, K & Orme, AE (eds). The physical Geography of South America. Oxford University Press, pp. 158-183.
- Stein, RA & JA Ludwig. 1979. Vegetation and soil patterns on a Chihuahuan Desert bajada. *American Midland Naturalist* 101: 28-37.
- Stevens, LB; JC Schmidt; TJ Ayers & BT Brown. 1995. Flow regulation, geomorphology, and Colorado River marsh development in the Grand Canyon, Arizona. *Ecological Applications* 5: 1025-1039.
- Suvires, GM. 1990. Edafología de la provincia de San Juan. Relatorio de Geología y Recursos Naturales. XI Congreso Geológico Argentino. Pp: 320-325. San Juan.
- Suvires, GM. 1991. Paleoformas eólicas y fluviales en regiones desérticas del centro oeste argentino. *Revista Bamberger Geographische Schriften*, Bd. 11, S. 125-133, Bamberg, Alemania.
- Suvires, GM. 2004. Distribución de los suelos en función del relieve y de la neotectónica en la región sureste de la provincia de San Juan. *Revista Asociación Geológica Argentina* 59(3): 376-384, 2004. Bs.As. 0004-4822.
- Tongway, DJ & N Hindley. 2004a. Landscape function analysis: a system for monitoring rangeland function. *African Journal of Range & Forage Science* 21(2): 109-113.
- Tongway, DJ & N Hindley. 2004b. Landscape function analysis: Procedures for monitoring and assessing landscapes. CSIRO Sustainable Ecosystems. 80 pp. Canberra. Australia.
- Vallecillos, G & GM Suvires. 2006. Depósitos eólicos cuaternarios al SO del Cerro Barboza, Valle del Tulum, Provincia de San Juan.
- III Congreso de Cuaternario y Geomorfología. Octubre, Córdoba. Actas I: 307-316.
- Zambrano, JJ & G Suvires. 2008. Actualización en el límite entre sierras Pampeanas occidentales y Precordillera Oriental, en la provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(1): 110-116. Buenos Aires. ISSN. 0004-4822.
- Zárate, MA. 2000. The Pleistocene/Holocene transition in the eastern Andean piedmont of Mendoza, Argentina. *Current Research in the Pleistocene* 17: 149-151.