

## Relación suelo-especie invasora (*Tithonia tubaeformis*) en el sistema ribereño del río Arenales, Salta, Argentina

GIOVANNA LARENAS PARADA , MARTA L DE VIANA, TEODORO CHAFATINOS  
& NIEVES E ESCOBAR

*Instituto de Ecología y Ambiente Humano, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina*

**RESUMEN.** En el contexto del cambio global, las invasiones biológicas constituyen un tema crucial de investigación ya que son una de las principales causantes de la pérdida de biodiversidad, ocasionando además problemas económicos. La ciudad de Salta se ubica en el Valle de Lerma, región invadida por la especie *Tithonia tubaeformis* (pasto cubano), de origen centroamericano. Este estudio se llevó a cabo en el sistema ribereño Arias-Arenales, el que en su recorrido por la ciudad presenta distintas perturbaciones humanas. La densidad de la invasora presentó diferencias en los distintos sitios de muestreo. Los sitios con mayor densidad de pasto cubano fueron Tavella y Santa Lucía. En este último sitio sólo se registraron especies exóticas. San Javier presentó la mayor riqueza de especies (33) y un importante porcentaje de especies nativas (85%). Los sitios invadidos presentaron las mayores concentraciones de potasio. Teniendo en cuenta la caracterización físico-química de los suelos y de la vegetación, se obtuvo un agrupamiento de los sitios en función de las densidades de la invasora.

[Palabras clave: invasión, nutrientes, plantas exóticas y nativas]

**ABSTRACT.** *Soil-invasive species (*Tithonia tubaeformis*) relationship in the riparian system of the Arenales River, Salta, Argentina:* Biological invasions are an important subject of research closely related to biodiversity loss, causing also important economic problems. Salta City is located in the Lerma Valley, a region invaded by *Tithonia tubaeformis*, a species from Central America. This study was carried out in the Arias-Arenales riparian system, in the urban area, characterized by numerous and different human alterations. The density of the invader was different in the studied sites and was higher in Tavella and Santa Lucía. In the later site there were only exotic species. San Javier showed the greatest plant species richness (33), as well as the higher proportion of native species (85%). Topsoil in invaded sites had the highest potassium concentrations. Taking into account the physico-chemical characteristics of the soil and vegetation features, we obtained a grouping of the sites related with invader densities.

[Keywords: invasion, nutrients, density, exotic and native plants]

### INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas constituyen un tópico de gran importancia dentro del cambio global, ya que están relacionadas con la pérdida de la biodiversidad, ocasionando a mediano y largo plazo una mayor homogeneidad ambiental (Fuentes & Castilla

1991; Lubchenko et al. 1991; de Viana & Colombo Speroni 1999). Se ha propuesto que el grado de invasibilidad de una región está relacionada con la resistencia del ecosistema, lo que se manifestaría en la tasa de mortandad de las especies exóticas, la cual sería resultado de la combinación de una serie de factores como el clima, las propiedades de las especies

---

 Instituto de Ecología y Ambiente Humano, Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires 177, 4400, Salta Argentina. Tel (0387)4255592. [ecologia@unsa.edu.ar](mailto:ecologia@unsa.edu.ar)

Recibido: 30 de octubre de 2002; Fin de arbitraje: 6 de febrero de 2003; Revisión recibida: 24 de junio de 2003; Aceptado: 24 de junio de 2003

nativas, el nivel de alteraciones y la disponibilidad de nutrientes (Williamson 1996).

En algunos sistemas, la dispersión y el establecimiento de las especies tienen una fuerte influencia humana, especialmente por la práctica de la agricultura. Además, medios de transporte como los autos pueden también ser agentes efectivos en la dispersión de semillas, como ocurrió con la expansión de *Puccinellia distans* a lo largo de las rutas (Bakker et al. 1996). Los corredores ribereños cumplen un papel importante en la dispersión de propágulos. Estos sistemas también son susceptibles a las invasiones y, al igual que en los sistemas terrestres, una vez establecidas las especies invasoras éstas pueden desplazar a las nativas, llevar a la extinción a especies raras, disminuir la biodiversidad y alterar la estructura trófica. Esto ocurrió con *Melaleuca quinquenervia* (Blossey 1996), un árbol de origen australiano que invadió las zonas de Florida y actúa disminuyendo el contenido de agua para las demás especies (Van der Pijl 1982; Bakker et al. 1996; Pauchard & Alaback 2002). Ejemplos de algunas invasoras de zonas ribereñas son *Alternanthera philoxeroides*, *Equisetum arvense*, *Cannabis sativa*, *Kochia scoparia*, entre otras especies que invaden las zonas de Australia (Noxious weeds 1993).

Las especies invasoras alteran la estructura y dinámica de los sistemas naturales. Las propiedades de los suelos se modifican en respuesta al cambio en las especies de plantas, y pueden a su vez influenciar la invasibilidad (Ehrenfeld et al. 2001). Han sido identificados numerosos mecanismos por los cuales las plantas pueden alterar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, tales como aumentar la tasa de nitrificación y el pH en sitios invadidos con especies como *Berberis thunbergii* o *Microstegium vimineum*, entre otras (Ehrenfeld et al. 2001; Evans et al. 2001). Estas especies tienen un rápido crecimiento y una gran producción de hojas, ramas y raíces, que tienden a incrementar y modificar los niveles de nutrientes y de pH del suelo. Algunas plantas producen compuestos alelopáticos que reducen la germinación de las nativas, como *Acroptilon repens* (Benz et al. 1999). También las hojas de *Tamarix ramosissima* (Stohlgren et al. 2003) incremen-

tan la salinidad del suelo, modificando las interacciones de competencia con la vegetación nativa. Las raíces de muchas malezas, tales como *Centaurea solstitialis*, *Euphorbia esula* (Kirby et al. 2000) y *Chondrilla juncea*, crecen a mayor profundidad que muchas de las especies nativas, lo que se traduce en una ventaja competitiva (Liao et al. 2000). De acuerdo con estas evidencias, el establecimiento de las especies exóticas podría dar comienzo a un proceso de cambio en los mecanismos y procesos de la biota del suelo, que podría promover el establecimiento de las exóticas o la reducción de la competencia por parte de las especies nativas (Ehrenfeld et al. 2001).

Las especies invasoras son importantes por varias razones: (1) son activamente dispersadas, por lo que resultan comunes; (2) compiten efectivamente con las especies nativas en un amplio rango de ecosistemas; (3) pueden alterar los procesos del ecosistema, desde el ciclo de nutrientes hasta el microclima, donde son dominantes; y (4) muchas toleran el fuego y responden al mismo con un crecimiento rápido (D'antonio & Vitousek 1992; Belnap & Phillips 2001; Boag & Yeates 2001; Ehrenfeld et al. 2001; Evans et al. 2001).

El pasto o yuyo cubano, *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass., es una compuesta originaria de América Central que invadió amplias zonas del noroeste argentino. Fue introducida en Jujuy en 1956, junto con plantines de kenaf (*Hibiscus cisplatinus*) (Novara 1997). A partir de 1970 se dispersó por la acción de máquinas trilladoras, apareciendo por primera vez en el Valle de Lerma en 1978. Fue declarada plaga nacional por disposición N°283/1983 de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación. Se la encuentra invadiendo diferentes sitios tales como ambientes perturbados por acción humana, banquinas de caminos, terrenos baldíos y cultivos de maíz, sorgo y poroto (Novara 1997). A pesar de la gran cantidad de hectáreas afectadas por esta invasora, no hay estudios orientados a conocer las características de la invasión y las posibilidades de su control (Larenas Parada 2002). El pasto cubano es una compuesta anual, de 4 m de altura (aunque se registraron individuos de 0.45-7 m; Larenas Parada 2002). Sus hojas son alternas y sus tallos erectos y

ramificados. Presenta capítulos grandes e involucro anchamente acampanado, flores amarillas (las marginales liguladas, las del disco con corola tubulosa), cipselas gruesas, pilosas, papus formado por dos aristas anchas y varias pequeñas escamas cortas, más o menos soldadas entre sí. Florece desde fines de marzo hasta agosto (Novara 1997).

En este trabajo se estimó la densidad de esta especie invasora, se relevaron las especies presentes y se analizaron las características físico-químicas de los horizontes superficiales en cuatro sitios con y sin colonización de la especie en el sistema ribereño Arias-Arenales, que atraviesa la ciudad de Salta. Sobre la base de este estudio, se intentó encontrar alguna relación entre las características de los sitios y la presencia-ausencia de la planta invasora.

## MÉTODOS

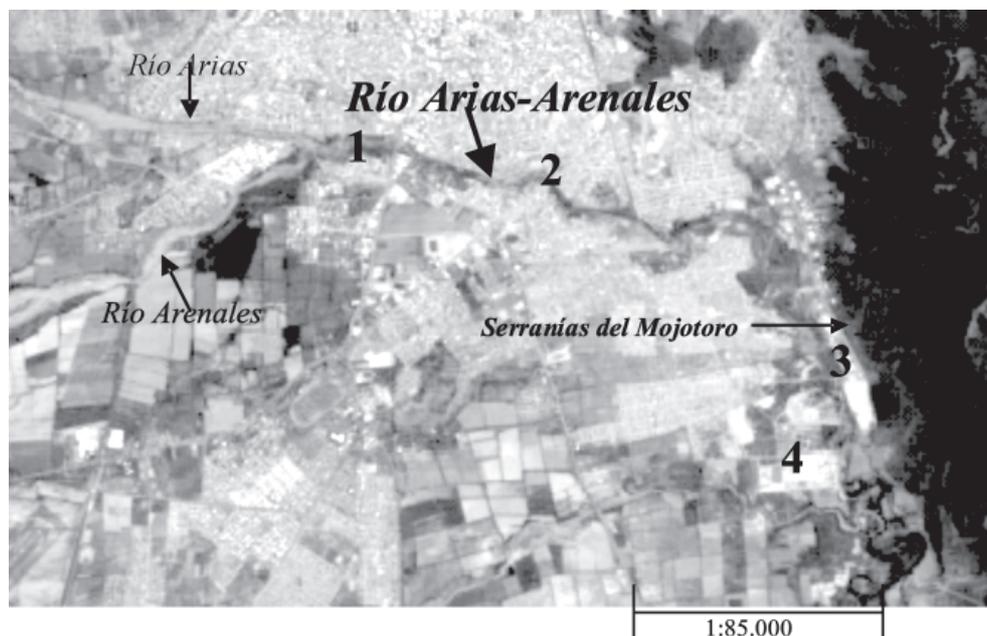
### Área de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Salta, Argentina, en cuatro sitios del tramo urbano de la subcuenca de los ríos Arias-Arenales

(Figura 1) que presentan distintos tipos de alteraciones: Santa Lucía ( $24^{\circ}47'16''\text{S}$ ;  $65^{\circ}27'38''\text{O}$ ), Tavella ( $24^{\circ}47'39''\text{S}$ ;  $65^{\circ}25'22''\text{O}$ ), La Pedrera ( $24^{\circ}48'29''\text{S}$ ;  $65^{\circ}23'26''\text{O}$ ) y San Javier ( $24^{\circ}49'21''\text{S}$ ;  $65^{\circ}24'17''\text{O}$ ).

El clima es subtropical serrano con estación seca. Los vientos predominantes son del noreste y del este, y arrastran nubes que posteriormente descargan su humedad sobre el cordón de Lesser, en el flanco noroccidental. Se observan variaciones climáticas a cortas distancias: en la ciudad de Salta las precipitaciones son de 720 mm y la temperatura promedio anual es de  $16.4^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la zona de La Isla (San Javier) las precipitaciones no superan los 600 mm y la temperatura promedio anual es de  $17.3^{\circ}\text{C}$  (Bianchi & Yáñez 1992).

El río Arenales nace al oeste, en la zona de Cuesta Grande, en el Cordón de Lesser, y atraviesa el Valle de Lerma y la ciudad de Salta. En su curso por la ciudad recibe descargas de fuentes puntuales y difusas de contaminación, y el sistema ribereño se encuentra modificado por acción humana (gaviones, zonas de rellenos, basurales, extracción de ripio y leña).



**Figura 1.** Zona de estudio en el sistema ribereño del río Arenales, Salta. Los sitios estudiados son Santa Lucía (1), Tavella (2), La Pedrera (3) y San Javier (4).

**Figure 1.** Study area in the riparian system of Arenales River, Salta. Studied sites are Santa Lucía (1), Tavella (2), La Pedrera (3), and San Javier (4).

Los suelos predominantes en la zona son de textura media, en ocasiones fuertemente alcalinos o salinos. Están asociados a otras texturas gruesas y, a veces, hay presencia de suelos enterrados, establecidos en conos aluviales, de relieves ligeramente ondulados (Nadir & Chafatinos 1990).

### Métodos

En cada sitio de estudio se colectaron muestras de suelo (20 cm de profundidad, aproximadamente 2 kg de peso) mediante la técnica de extracción del INTA-Cerrillos (Ortega & Corvalán 1992). Este tipo de muestreo se realiza en zigzag con un mínimo de siete muestras: las muestras de suelo se mezclan de dos en dos, se descarta la mitad, se mezcla con otra y se repite el procedimiento. La muestra de cada sitio se embolsó, se etiquetó y se trasladó al laboratorio, donde se realizaron distintos análisis físico-químicos: textura, pH, potasio, calcio, sodio, magnesio, carbonato de calcio y magnesio, nitrógeno total, materia orgánica, carbono orgánico, relación carbono/nitrógeno, conductividad eléctrica (en el laboratorio del INTA, siguiendo la metodología propuesta por Ortega & Corvalán 1992), plomo y cinc (en el laboratorio del INBEMI, Universidad Nacional de Salta, con un espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu modelo AA-6500F), hidrocarburos totales de petróleo (en el laboratorio del INENCO, Universidad Nacional de Salta, por la técnica de extracción de solubles en cloroformo, norma ASTM D 1178 modificada). Los análisis de suelos realizados en el INTA sólo contaron con dos réplicas; los resultados reportados son los promedios. Los análisis realizados en el laboratorio del INBEMI no tuvieron réplicas (solo se informa el resultado de un análisis por muestra). Por lo tanto, los análisis estadísticos se realizaron agrupando los sitios, lo que puede servir de guía en la comparación de los distintos horizontes superficiales.

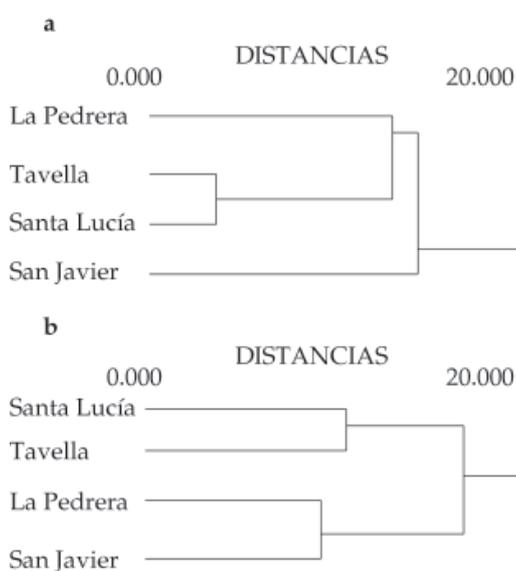
En cada uno de los sitios de estudio se relevó la vegetación y se herborizaron individuos, que se clasificaron en los laboratorios del INEAH y de Plantas Vasculares. Se determinó la riqueza de especies, la proporción de especies arbóreas y de exóticas, y el número de familias.

Para estimar el número de plantas en cada sitio se seleccionó un área de 2500 m<sup>2</sup> que fue dividida en cuadrantes de 1 x 1 m. Fueron elegidos al azar 20 de estos cuadrantes, en los que se contabilizaron las plantas de pasto cubano. En los sitios con baja abundancia se contaron todas las plantas.

Las características físico-química de los suelos se compararon entre los lugares invadidos y no invadidos empleando la Prueba de Mann-Whitney. Los sitios se agruparon empleando un Análisis de Agrupamiento, usando distancias euclidianas.

## RESULTADOS

Debido a las restricciones en el número de réplicas con relación a la caracterización físico-química de los suelos de los distintos sitios de estudio, se realizó un dendrograma para los lugares con invasión (Figura 2a). Se obtuvo un agrupamiento que refleja la influencia de la textura, materia orgánica y



**Figura 2.** Agrupamiento de los sitios estudiados en el sistema ribereño del río Arenales, Salta, sobre la base de las características físico-químicas de los horizontes superficiales del suelo. (a) con invasión; (b) sin invasión.

**Figure 2.** Cluster of studied sites in the riparian system of Arenales River, Salta, based on physico-chemical characteristics of topsoil. (a) with invasion; (b) without invasion.

nitrógeno total, separando a la Pedrera (con pasto) del resto, entre los cuales se evidencia una mayor cercanía entre Santa Lucía y Tavella, que presentaron la mayor densidad de la invasora. El agrupamiento resultó similar en el caso de los lugares no invadidos (Figura 2b), reflejando la cercanía geográfica de los sitios de estudio (Figura 1 y 2b).

En Santa Lucía los estudios se realizaron en la margen izquierda del río. En esta zona, el sistema ribereño es estrecho con un ancho máximo de 10 m entre el cauce y la urbanización. Presenta pequeños basurales en toda su extensión. Se muestrearon dos lugares contiguos con y sin invasión. El suelo, franco limoso, es de formación humana y su denominación según FAO (1988) es antrosol úrbico (Larenas Parada 2002). El suelo de la zona invadida presentó menores pH y conductividad eléctrica y un mayor porcentaje

de materia orgánica (Tabla 1). Esta zona presentó la menor riqueza, con solo cuatro especies, tres de ellas exóticas e invasoras, siendo la dominante el pasto cubano (Tabla 2 y 3).

En Tavella los estudios se realizaron en la margen izquierda del río. Aquí el cauce cambia de dirección oeste-este a sur-este. La zona de estudio era una antigua depresión inundable que fue rellenada con escombros y limita con urbanizaciones al norte y al oeste, por lo que, al igual que la zona anterior, presenta pequeños basurales y, además, es frecuente la extracción de madera para leña y el pisoteo por ganado. Existen descargas directas al río de vertidos cloacales sin tratamiento. Los sectores con y sin invasión eran contiguos, el último más cercano al cauce. El suelo recibe el nombre de antrosol úrbico de tipo espólico (Larenas Parada 2002). El suelo de la zona no invadida es franco limoso y el de la zona

**Tabla 1.** Propiedades físico-químicas de los suelos en los sitios estudiados en el sistema ribereño del río Arenales, Salta, con y sin invasión.

**Table 1.** Physico-chemical properties of soils in the studied sites in the riparian system of Arenales River, Salta, with and without invasion.

|                                   | Santa Lucía |      | Tavella |      | La Pedrera |      | San Javier |      |
|-----------------------------------|-------------|------|---------|------|------------|------|------------|------|
|                                   | Sin         | Con  | Sin     | Con  | Sin        | Con  | Sin        | Con  |
| Arena (%)                         | 57          | 41   | 41      | 48   | 7          | 75   | 18         | 18   |
| Limo (%)                          | 33          | 46   | 55      | 41   | 55         | 23   | 34         | 42   |
| Arcilla (%)                       | 10          | 13   | 4       | 11   | 38         | 2    | 48         | 40   |
| Calificación textural             | FL          | FL   | FL      | F    | FaL        | AF   | a          | aL   |
| Capacidad hídrica                 | 33          | 38   | 39      | 40   | 34         | 33   | 54         | 53   |
| pH                                | 7.4         | 6.8  | 7.1     | 7.4  | 8.6        | 6.2  | 6.7        | 7.6  |
| Conductividad (mmhos/cm)          | 6.00        | 3.37 | 3.18    | 6.73 | 2.94       | 1.40 | 5.53       | 2.53 |
| Carbonato de Ca y Mg (%)          | 3.4         | 0    | 0       | 5.0  | 1.8        | 0    | 0          | 0.9  |
| C orgánico (%)                    | 0.98        | 1.88 | 0.88    | 2.88 | 0.90       | 0.82 | 2.33       | 3.01 |
| Materia orgánica (%)              | 1.69        | 3.24 | 1.52    | 5.00 | 1.55       | 1.42 | 4.00       | 5.20 |
| N total (%)                       | 0.10        | 0.18 | 0.08    | 0.30 | 0.10       | 0.08 | 0.25       | 0.33 |
| Relación C/N                      | 10          | 11   | 11      | 10   | 9          | 10   | 9          | 9    |
| Na intercambiable (meq/100 g)     | 1.2         | 1.5  | 0.8     | 2.1  | 4.2        | 0.7  | 1.1        | 1.1  |
| K intercambiable (meq/100 g)      | 1.02        | 2.47 | 1.03    | 2.07 | 0.87       | 1.32 | 1.20       | 1.83 |
| Ca intercambiable (meq/100 g)     | -           | 7.6  | 6.4     | -    | -          | 2.7  | 12.6       | -    |
| Mg intercambiable (meq/100 g)     | -           | 3.0  | 2.2     | -    | -          | 1.0  | 5.4        | -    |
| Hidrocarburos totales pesados (%) | 0.34        | 0.10 | 0.05    | 0.17 | 0.07       | 0.08 | 0.10       | 0.04 |

con invasión es franco; este suelo presentó mayor pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total (Tabla 1). Se registró una baja riqueza de especies y un alto porcentaje de exóticas en la zona invadida (Tabla 2 y 3).

Los muestreos en La Pedrera se realizaron en dos zonas distantes 200 m entre sí. La zona no invadida fue, durante varios años, el vertedero de la ciudad. Actualmente se encuentra tapado y sus primeras especies colonizadoras fueron nativas (principalmente solanáceas). El río recibe descargas de los efluentes de las industrias del parque industrial, ubicado a unos 50 m al norte del sitio. El suelo es antrópico úrbico, pero en este caso de tipo gárbico (Larenas Parada 2002). La zona invadida presentó una incipiente colonización. El suelo se denomina phaeozem háplico (Nadir & Chafatinos 1990). Las dos zonas difieren notablemente en la textura. La zona invadida presentó menor pH, conductividad eléctrica y sodio (Tabla 1), y se registró poca cobertura vegetal, siendo la proporción de exóticas baja y la invasión incipiente (Tabla 2 y 3), debido al control que se realiza en dicha zona (remoción manual de la planta). La zona no invadida presentó una cobertura vegetal pobre y no se registraron especies exóticas (Tabla 2 y 3).

San Javier se encuentra al final del tramo urbano, cercano a la planta de tratamiento de líquidos cloacales y al vertedero San Javier. Presenta pequeños basurales en toda su extensión y abundante vegetación. Este suelo se denomina solonetz órtico (Ganam Maurell

1996). La zona invadida presentó mayor pH, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total (Tabla 1). Esta zona presentó la mayor riqueza y el mayor porcentaje de árboles. La invasión por pasto cubano es incipiente y se presenta solo en los bordes de caminos o en claros de vegetación; posee una baja proporción de especies exóticas (Tabla 2 y 3).

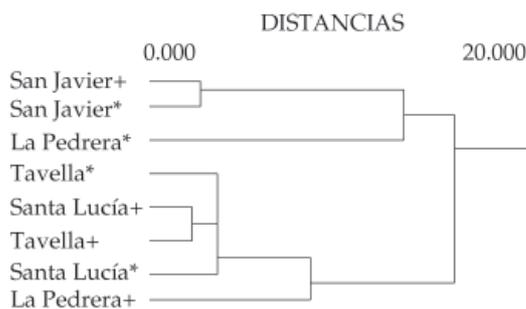
En ninguna de las muestras de los sitios de estudio se detectó plomo ni cinc (límite de detección: 5 ppm). Las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo variaron entre sitios, con la mayor proporción en la zona invadida de Tavella y la menor en la zona no invadida de Santa Lucía (Tabla 1). Todos los lugares invadidos presentaron mayores niveles de potasio (Tabla 4). Los sitios con mayor densidad de pasto cubano fueron los de Santa Lucía y Tavella (Tabla 2). En este último hay una dominancia del pasto cubano sobre las especies nativas y exóticas. En La Pedrera y en San Javier las densidades fueron bajas (Tabla 2).

El dendrograma general, incluyendo las características físico-químicas del suelo y la vegetación (riqueza de especies y proporción de exóticas), mostró una mayor similitud entre los sitios con mayor densidad de la invasora, los que se asemejaron a las zonas no invadidas de Tavella y Santa Lucía, todas cercanas geográficamente (Figura 3). La zona invadida de La Pedrera se separó de este grupo, principalmente debido a su textura. Este grupo difirió del segundo subgrupo, en el cual quedaron San Javier (con y sin invasión)

**Tabla 2.** Características de la vegetación en los sitios estudiados en el sistema ribereño del río Arenales, Salta, con y sin invasión.

**Table 2.** Vegetation characteristics of the studied sites in the riparian system of Arenales River, Salta, with and without invasion.

|  | Santa Lucía |              | Tavella |              | La Pedrera |                 | San Javier |                 |
|--|-------------|--------------|---------|--------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|  | Sin         | Con          | Sin     | Con          | Sin        | Con             | Sin        | Con             |
| Riqueza de especies                                    | 2           | 3            | 3       | 6            | 4          | 14              | 30         | 33              |
| Especies exóticas (%)                                  | 50          | 100          | 0       | 50           | 0          | 1               | 10         | 15              |
| Familias (número)                                      | 2           | 3            | 1       | 5            | 2          | 9               | 10         | 10              |
| Especies arbóreas (%)                                  | 0           | 0            | 0       | 16           | 0          | 7               | 6          | 6               |
| Pasto cubano (plantas/m <sup>2</sup><br>promedio ± EE) | 0           | 27.2±<br>4.8 | 0       | 26.4±<br>5.2 | 0          | 0.104±<br>0.042 | 0          | 0.134±<br>0.044 |



**Figura 3.** Agrupamiento de los sitios estudiados en el sistema ribereño del río Arenales, Salta, sobre la base de las características físico-químicas de los horizontes superficiales del suelo y de la vegetación. +: con invasión; \*: sin invasión.

**Figure 3.** Cluster of studied sites in the riparian system of Arenales River, Salta, based on physico-chemical characteristics of topsoil and on vegetation. +: with invasion; \*: without invasion.

y, con menor similitud, la zona no invadida de La Pedrera.

## DISCUSIÓN

Se ha sugerido que las invasiones están asociadas con ambientes ricos en nutrientes y que las complejas interacciones suelo-planta son las que podrían influenciar la invasibilidad (Ehrenfeld et al. 2001; Scott et al. 2001). En este trabajo sólo se encontraron diferencias en los niveles de potasio entre sitios con y sin invasión de pasto cubano. Resultados similares con relación a las concentraciones de potasio en el suelo fueron reportados para *Bromus tectorum* por Belnap & Phillips (2001). Sin embargo, es necesario destacar que debido al número de réplicas de los análisis físico-químicos, se agruparon los sitios con y sin invasión, lo que podría enmascarar o resaltar diferencias. Esto podría explicar, además, la ausencia de diferencias al analizar el pH, como fuera encontrado en los estudios realizados con las invasoras *Bromus tectorum*, *Hieracium* sp., *Pinus* sp., *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus calmadulensis*, en los que se observaron diferencias en los niveles de acidificación en los suelos que invadían. Pinos y eucaliptos produjeron, además de acidificación, una modificación del régimen hídrico (Richter et al. 1994; Mack et al. 2001; Scott et al. 2001). Otros estudios revelaron un aumento en la tasa de

nitrificación y del pH en sitios invadidos con *Berberis thunbergii*, *Microstegium vimineum*, *Gunnera tinctoria*, *Kochia scoparia* y *Melinis minutiflora* (Ehrenfeld et al. 2001). Sin embargo, en trabajos con la invasora *Alliaria petiolata* no se encontraron diferencias en el contenido de nitrógeno en sitios con y sin invasión (Meekins & McCarthy 2001), que es lo que se observa para el pasto cubano. Sin embargo, es necesario continuar los estudios con un número de réplicas adecuado y, además, incluir más sitios. La capacidad hídrica de saturación es mayor en los suelos con mayor contenido de arcilla. En este trabajo no fue posible relacionarla con la invasión, al igual que la relación carbono-nitrógeno.

La legislación nacional (Ley 24051) hace referencia a hidrocarburos en suelos, pero no a las concentraciones máximas permisibles, lo que sería de suma importancia reglamentar. Las cantidades de hidrocarburos encontradas en las distintas zonas se encuentran dentro de los límites establecidos por diversas entidades de Estados Unidos (0.01-0.2%) y México (0.1%) (PROFEPA, 1999). Si consideramos los valores menos exigentes (hasta 0.1%), la concentración detectada en la zona de Tavella con pasto indicaría un ambiente contaminado.

Con relación a la riqueza de especies en los sitios estudiados, encontramos que San Javier presentó los mayores valores en los sectores con y sin invasión, aunque la abundancia de la invasora fue baja. Los sitios con mayor densidad de la invasora presentaron los niveles más bajos de riqueza. Esto estaría de acuerdo con las formulaciones tradicionales que sugieren que las comunidades pobres en especies serían más propensas a las invasiones (Grime 1973; Colombo Speroni & de Viana 1999; Rejmánek 1999; Tilman 1999). Sin embargo, recientemente se ha cuestionado esta afirmación en trabajos realizados a distintas escalas espaciales en Estados Unidos, en los cuales se ha demostrado que muchas invasiones se dan en comunidades ricas en especies (Stohlgren et al. 2003). Además, sería importante realizar estudios sobre la meso y microfauna del suelo asociada con la invasión de pasto cubano, ya que se podrían encontrar indicadores.



**Tabla 3.** Continuación**Table 3.** Continued

| Especies                                  | Santa Lucía |     | Tavella |     | La Pedrera |     | San Javier |     |
|---|-------------|-----|---------|-----|------------|-----|------------|-----|
|   | Sin         | Con | Sin     | Con | Sin        | Con | Sin        | Con |
| <b>Poaceae</b>                            |             |     |         |     |            |     |            |     |
| <i>Bromus unioloides</i> H.B.K.           | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Cenchrus</i> sp.                       | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Eragrostis megastachya</i> Link.       | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Leptochloa virgata</i> (L.) P. Beauv.  | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Microchloa indica</i> (L.f.) P. Beauv. | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. *     | +           | +   | -       | -   | -          | -   | -          | -   |
| <b>Polygonaceae</b>                       |             |     |         |     |            |     |            |     |
| <i>Polygonum</i> sp.                      | -           | -   | -       | -   | -          | +   | -          | -   |
| <i>P. aviculare</i> L.                    | -           | -   | +       | -   | -          | -   | -          | -   |
| <i>P. hydropiperooides</i> Michaux        | -           | -   | +       | -   | -          | -   | -          | -   |
| <i>P. punctatum</i> Elliot.               | -           | -   | +       | -   | -          | -   | -          | -   |
| <b>Sapindaceae</b>                        |             |     |         |     |            |     |            |     |
| <i>Cardiospermum grandiflorum</i>         | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>Serjania fusciflora</i>                | -           | -   | -       | -   | -          | +   | -          | -   |
| <b>Solanaceae</b>                         |             |     |         |     |            |     |            |     |
| <i>Nicotiana glauca</i> Graham.           | +           | -   | -       | -   | +          | -   | -          | -   |
| <i>Solanum hieronymi</i> O. Ktze.         | -           | -   | -       | -   | +          | -   | +          | +   |
| <i>S. sisymbriifolium</i> Lam.            | -           | -   | -       | -   | -          | -   | +          | +   |
| <i>S. sinuatirecurvum</i> Bitt.           | -           | -   | -       | -   | +          | -   | +          | +   |

**Tabla 4.** Propiedades físico-químicas promedio ( $\pm$  EE) de los suelos en lugares con y sin invasión en el sistema ribereño del río Arenales, Salta.**Table 4.** Mean ( $\pm$  SE) physico-chemical properties of soils with and without invasion in the riparian system of Arenales River, Salta.

|                                   | Con invasión      | Sin invasión      | U   | P     |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-----|-------|
| Arena (%)                         | 43.7 $\pm$ 18.0   | 28.5 $\pm$ 19.2   | 12  | 0.243 |
| Limo (%)                          | 38.1 $\pm$ 10.5   | 46.0 $\pm$ 6.4    | 3.5 | 0.191 |
| Arcilla (%)                       | 18.1 $\pm$ 16.0   | 25.5 $\pm$ 15.6   | 4   | 0.248 |
| Capacidad hídrica                 | 41 $\pm$ 4        | 40 $\pm$ 5        | 7.5 | 0.880 |
| pH                                | 6.47 $\pm$ 0.62   | 7.60 $\pm$ 0.75   | 2.5 | 0.110 |
| Conductividad (mmhos/cm)          | 3.94 $\pm$ 2.63   | 3.50 $\pm$ 2.30   | 15  | 0.850 |
| Carbonato de Ca y Mg (%)          | 0.54 $\pm$ 1.27   | 1.90 $\pm$ 2.20   | 6.5 | 0.122 |
| C orgánico (%)                    | 2.50 $\pm$ 1.70   | 2.17 $\pm$ 0.98   | 3   | 0.149 |
| Materia orgánica (%)              | 4.32 $\pm$ 2.90   | 3.75 $\pm$ 1.71   | 3   | 0.149 |
| N total (%)                       | 0.26 $\pm$ 0.18   | 0.23 $\pm$ 0.11   | 2.5 | 0.108 |
| Relación C/N                      | 10.00 $\pm$ 0.41  | 9.75 $\pm$ 0.48   | 6.5 | 0.650 |
| Na intercambiable (meq/100 g)     | 1.4 $\pm$ 0.3     | 1.8 $\pm$ 0.8     | 8.5 | 0.880 |
| K intercambiable (meq/100 g)      | 1.90 $\pm$ 0.24   | 1.03 $\pm$ 0.06   | 0   | 0.021 |
| Ca intercambiable (meq/100 g)     | 6.6 $\pm$ 7.0     | 2.6 $\pm$ 3.6     | 18  | 0.430 |
| Mg intercambiable (meq/100 g)     | 2.2 $\pm$ 2.3     | 1.0 $\pm$ 1.4     | 18  | 0.430 |
| Hidrocarburos totales pesados (%) | 0.098 $\pm$ 0.027 | 0.097 $\pm$ 0.030 | 9   | 0.773 |

## BIBLIOGRAFÍA

- BAKKER, JP; P POSCHLOD; RJ STRYKSTRA; RM BEKKER & K THOMPSON. 1996. Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Bot. Neerl.* **45**:461-490.
- BELNAP, J & SL PHILLIPS. 2001. Soil biota in an ungrazed grassland: response to annual grass (*Bromus tectorum*) invasion. *Ecol. Appl.* **11**:1261-1275.
- BENZ, LJ; G BERCK; TD WHITSON & DW KOCH. 1999. Reclaimed Russian knapweed infested rangeland. *J. Range Manage.* **52**:351-356.
- BIANCHI, A & J YAÑEZ. 1992. *Las precipitaciones en el noroeste argentino*. Tomo 2. Estación Experimental Regional Agropecuaria Salta, INTA. Salta.
- BLOSSEY, B. 1996. Conference on biological control. URL:  
<http://www.BlosseyWeedsinNaturalAreas.htm>
- BOAG, B & GW YEATES. 2001. The potential impact of the New Zealand flatworm, a predator of earthworms, in western Europe. *Ecol. Appl.* **11**:1276-1286.
- COLOMBO SPERONI, F & M DE VIANA. 1999. Fruit and seed production in *Gleditsia triacanthos*. Pp. 155-160 en: U Starfinger; K Edwards; I Kowarik & M Williamson (eds). *Plant invasions: ecological mechanisms and human responses*. Backhuys. Leiden.
- D'ANTONIO, CM & PM VITOUSEK. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **23**:63-87.
- EHRENFELD, JG; P KOURTEV & W HUANG. 2001. Changes in soil functions following invasions of exotic understory plants in deciduous forest. *Ecol. Appl.* **11**:1287-1300.
- EVANS, RD; R RIMER; L SPERRY & J BELNAP. 2001. Exotic plants invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecol. Appl.* **11**:1301-1310.
- FAO. 1988. *Soil map of the world*. Technical Paper 20, ISRIC. Wageningen.
- FUENTES, ER & JC CASTILLA. 1991. Cambio global, desarrollo sustentable y conservación de la biodiversidad: ¿qué podemos hacer? *Rev. Chil. Hist. Nat.* **64**:171-174.
- GANAM MAURELL, CH. 1996. *Estudio aplicado de suelos en las zonas aledañas a los ríos Arenales y Arias, Provincia de Salta*. Tesis profesional, Escuela de Geología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta.
- GRIME, PJ. 1973. Control of species density in herbaceous vegetation. *J. Environ. Manage.* **1**:151-167.
- KIRBY, DR; RB CARLSON; KD KRABBENHOFT; D MUNDAL & MM KIRBY. 2000. Biological control of leafy spurge with introduced flea Beetles (*Aphthona* spp.). *J. Range Manage.* **53**:305-308.
- LARENAS PARADA, G. 2002. *Invasiones biológicas: banco de semillas del pasto cubano (Tithonia tubaeformis), características de los suelos y germinabilidad (Salta Capital)*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta.
- LIAO, JD; SB MONSEN; VJ ANDERSON & NL SHAW. 2000. Seed biology of rush skeletonweed in sagebrush steppe. *J. Range Manage.* **53**:544-549.
- LUBCHENCO, J; AM OLSON; LB BRUBAKER; SR CARPENTER; M HOLLAND et al. 1991. Iniciativa para una biósfera sustentable: una agenda de investigación ecológica. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **64**:175-226.
- MACK, MC; CM D'ANTONIO & RE LEY. 2001. Alteration of ecosystems nitrogen dynamics by exotic plants: a case study of C<sub>4</sub> grasses in Hawaii. *Ecol. Appl.* **11**:1323-1335.
- MEEKINS, JF & BC MCCARTHY. 2001. Effect of environmental variation on the invasive success of a nonindigenous forest herb. *Ecol. Appl.* **11**:1336-1348.
- NADIR, A & T CHAFATINOS. 1990. *Los suelos del NOA (Salta y Jujuy)*. Tomo 1 III. UNSa, SUBCyT y SEAA. Salta.
- NOVARA, LJ. 1997. Guías ilustradas de clases. Pp. 93-98 en: *Aportes Botánicos de Salta-Serie didáctica*. Herbario MCNS, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta.
- NOXIOUS WEED. 1993. URL:  
[http://www.snowyriver.nsw.gov.au/s9s\\_weed.htm](http://www.snowyriver.nsw.gov.au/s9s_weed.htm)
- ORTEGA, A & E CORVALÁN. 1992. *Diagnóstico de suelos*. Laboratorio Central de Análisis, INTA Cerrillos. Salta.
- PAUCHARD, A & P ALABACK. 2002. La amenaza de plantas invasoras. *Chile Forestal* **289**:13-15.
- PROFEPA. 1999. Restauración de suelos contaminados. URL:  
<http://www.profepa.gob.mx/>
- REJMÁNEK, M. 1999. Invasive plant species and invulnerable ecosystems. Pp. 79-102 en: OT Sandlund; JH Schei & Å Viken (eds). *Invasive species and biodiversity management*. Kluwer. Dordrecht.
- RICHTER, D; D MARKEWITZ; CG WELLS; H ALLEN; L APRIL et al. 1994. Soil chemical change during three decades in an old-field loblolly pine (*Pinus taeda* L.) ecosystem. *Ecology* **75**:1463-1473.
- SCOTT, NA; S SAGGAR & PD MCINTOSH. 2001. Biochemical impact of *Hieracium* invasion en New Zealand's grazed tussock grasslands: sustainability implications. *Ecol. Appl.* **11**:1311-1322.

- STOHLGREN, TJ; DT BARNETT & JT KARTESZ. 2003. The rich get richer: patterns of plant invasions in the United States. *Front. Ecol. Environ.* **1**:11-14.
- TILMAN, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* **78**:81-92.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Dispersal in higher plants*. 3ra edn. Springer. Berlin.
- DE VIANA, ML & F COLOMBO SPERONI. 1999. Invasión de *Gleditsia triacanthos* L. (Fabaceae) en el bosque de San Lorenzo, Salta, Argentina. Pp. 71-84 en: HR Grau & R Aragón (eds). *Ecología de árboles exóticos en las Yungas argentinas*. LIEY. San Miguel de Tucumán.
- WILLIAMSON, M. 1996. *Biological invasions*. Chapman & Hall. Londres.

