

Evaluación de la diversidad en comunidades de tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) en hábitats urbano y rural de la ciudad de Salta (Argentina)

Andrea González-Reyes¹, X. Acosta^{1,2}, J. Corronca^{1,2}, M. Rocha³, I. Doma³ & E. Y. Repp³

1. Instituto para el Estudio de la Biodiversidad de Invertebrados, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Código Postal 4400, Salta, Argentina. (andyximena@gmail.com.ar)
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Argentina.
3. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35, Km 334, Pabellón de Biología, Código Postal 6.300, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Recibido 24 Junio 2015.

Aceptado 22 Septiembre 2016.

DOI: 10.1590/1678-4766e2016026

ABSTRACT. Diversity assessment in tardigrades communities (Ecdysozoa, Tardigrada) in urban and rural habitats of the city of Salta (Argentina).

This work was carried out under the hypothesis that there is a growing loss of diversity in communities of tardigrades, from rural to urban areas, increasing the homogenization of its communities due to the urbanization. Samples were taken from the city of Salta in areas with high vehicular traffic and samples in surrounding rural areas. We identified a total of eight species/morphospecies. The inventory completeness was greater than 94%. The rural community was more diverse and structurally more uniform compared with the urban one, shown that both communities were different. *Macrobiotus hufelandi* Schultze, 1834 results as an indicator species, and *Milnesium* sp. as detector species from urban habitat; meanwhile *Paramacrobiotus areolatus* Murray 1907 was an indicator species for rural areas.

KEYWORDS. Urbanization, anthropic effect, alpha and beta diversity, Northwestern Argentina.

RESÚMEN. Este trabajo se realizó bajo la hipótesis de que existe una pérdida creciente de diversidad en las comunidades de tardígrados, desde las áreas rurales hacia las urbanas, incrementando la homogenización de sus comunidades producto de la urbanización. Para la ciudad de Salta, se tomaron muestras en áreas con tránsito vehicular alto y muestras en áreas rurales circundantes. Se identificaron en total ocho especies/morfoespecies. El inventario tuvo una completitud mayor al 94%. La comunidad rural fue más diversa y estructuralmente más uniforme que la comunidad urbana. *Macrobiotus hufelandi* Schultze, 1834 resultó especie indicadora y *Milnesium* sp. como detectora para el hábitat urbano, mientras que *Paramacrobiotus areolatus* Murray, 1907 resultó indicadora para el hábitat rural.

PALABRAS-CLAVE. Urbanización, efecto antrópico, diversidad alfa y beta, Noroeste argentino.

Existe una gran preocupación frente al impacto que tienen las actividades humanas sobre los componentes de la biodiversidad debido a la dependencia que el hombre tiene sobre los bienes y los servicios que le proveen los ecosistemas y la seria degradación de la que son objeto en la actualidad (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; HOOPER *et al.*, 2005). Como respuesta a los cambios y a su relación sinérgica con otros factores (cambios en el uso del suelo, cambio climático, especies invasoras, sobreexplotación y contaminación), algunas especies experimentan fluctuaciones en las tasas de crecimiento de sus individuos, en la capacidad reproductiva, en la duración de los períodos reproductivos, en los patrones de actividad y en el uso del microhábitat (URBINA-CARDONA *et al.*, 2011).

El avance de la urbanización impone condiciones peculiares a los organismos que viven en zonas urbanas, lo que se ha convertido en una preocupación importante para su conservación (SHOCHAT *et al.*, 2006). El desarrollo urbanístico provoca la completa transformación del hábitat

local a través de su impacto sobre la vegetación natural, el clima, la hidrología y la producción primaria. Esto tiene como consecuencia, cambios en la riqueza de especies, en la composición biótica y en la abundancia de especies individuales, pudiendo conducir a una disminución global de la diversidad y al incremento de la similitud de la biota entre ciudades (PELUFFO *et al.*, 2007), llevando a una homogenización biótica (OLDEN & ROONEY, 2006). De esa manera, especies nativas especializadas para un hábitat específico, son las más afectadas por la urbanización, mientras que las especies que sobreviven en estos nuevos hábitats tienen alta plasticidad ecológica y son generalistas (URBINA-CARDONA *et al.*, 2011).

La meiofauna se considera como una de las mejores herramientas para el estudio de las alteraciones ambientales y, en particular, para valorar los efectos de la contaminación (VINCX & HEIP, 1991). Los tardígrados, que miden entre 100-500 μm , son un componente común de la meiofauna limno-terrestre y viven en una gran variedad de hábitats

incluyendo briofitas, líquenes, algas, suelos y plantas que forman colchones, y dependen de la dispersión pasiva para colonizar nuevos hábitats (FONTANETO, 2011), siendo la producida por el viento la principal (BERTOLANI *et al.*, 2009), aunque también pueden hacerlo por el agua, los insectos y otros invertebrados.

El crecimiento urbanístico en las últimas décadas ha incrementado marcadamente en la ciudad de Salta, enclavada en el Valle de Lerma. Como consecuencia de este aumento de la población surgen asentamientos urbanos irregulares, principalmente en la periferia del núcleo urbano, lo que ocasiona impactos negativos sobre el hábitat tales como la destrucción de los ecosistemas, el uso abusivo de la energía y el aumento en la generación de efluentes domiciliarios (LÓPEZ, 2010).

El conocimiento de los tardígrados, a pesar de ser micro-metazoos muy interesantes (FONTANETO, 2011), es aún muy limitado (PILATO *et al.*, 2003), han sido poco estudiados (JOHANSSON *et al.*, 2011) y en muchos casos completamente ignorados (FONTANETO, 2011). Hasta la fecha se han descrito unas 226 especies para Sudamérica y de ellas, 115 se reconocen para la Argentina (KACZMAREK *et al.*, 2015; ROSZKOWSKA *et al.*, 2015, 2016). Estas especies en su gran mayoría se reportaron para el Centro-Sur del país (ROSSI & CLAPS, 1980, 1989; CLAPS & ROSSI 1984a, 1988; KACZMAREK & MICHALCZYK, 2009; ROSSI *et al.*, 2009; PELUFFO *et al.*, 2002, 2007; MOLY DE PELUFFO *et al.*, 2006; GUIDETTI *et al.*, 2013), desconociéndose aún la real fauna de tardígrados y su diversidad en las provincias biogeográficas de las Yungas, del Monte, Prepuneña y Altoandina correspondientes al Noroeste Argentino, donde se encuentra la provincia de Salta. El conocimiento de la fauna de tardígrados salteños es casi nulo, solo se conocen las especies reportadas por CLAPS & ROSSI (1984b).

Las comunidades urbanas de animales están generalmente caracterizadas por una baja diversidad de especies en comparación con las comunidades de áreas rurales no urbanas, pudiendo la urbanización causar una homogenización de la fauna en las ciudades (ADAMS, 2005). Por ello, el objetivo de este trabajo es comparar la comunidad de tardígrados en áreas urbanas y rurales de la ciudad de Salta, Argentina, para evaluar los efectos que las actividades antrópicas provocan sobre ellas, con el propósito que puedan ser utilizados como indicadores de calidad ambiental; probando si existe una pérdida de la diversidad de tardígrados en las comunidades urbanas de la ciudad de Salta, incrementando la homogenización de sus comunidades producto de la urbanización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y diseño del muestreo. El estudio se realizó en el área Central de la provincia de Salta, Argentina. Se seleccionaron dos áreas de muestreo con diferente alteración antrópica que se designaron como urbano (U) y rural (R). El hábitat urbano correspondió a sitios de la ciudad de Salta (Departamento Capital) con alto tránsito vehicular y densidad de construcciones, mientras que el rural fueron sitios en las afueras y áreas circundantes a la ciudad, caracterizados por un bajo y/o escaso tránsito vehicular y construcciones, pertenecientes a los departamentos de la Caldera, Cerrillos y Capital (Fig. 1). En cada área se consideraron cuatro sitios de muestreo en donde se seleccionaron al azar cuatro árboles, tomándose en cada uno de ellos una muestra consistente de nueve submuestras de almohadillas de líquenes y musgos, extraídas aproximadamente a la altura del pecho (1,3 m) con un sacabocados circular de acero de 11 mm de diámetro interno. El tamaño de las muestras y submuestras

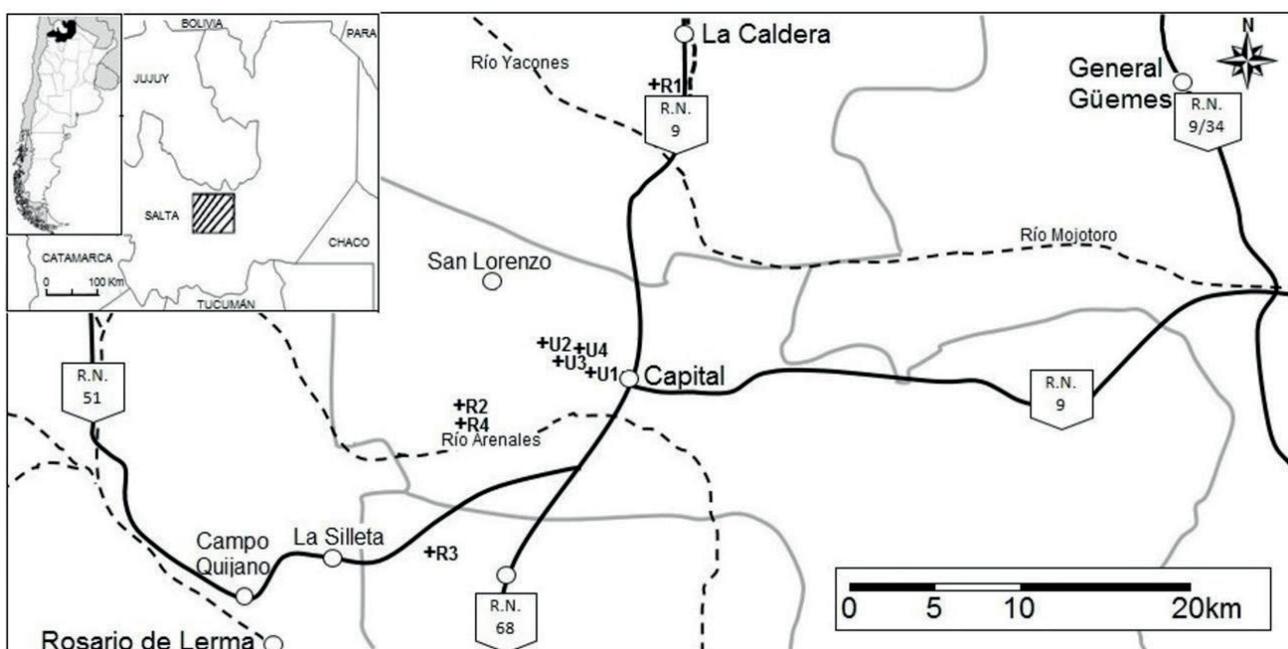


Fig. 1. Localización de los sitios de muestreo en la porción central de la provincia de Salta, Argentina.

fue seleccionado siguiendo la metodología o lo sugerido por MORGAN (1977) y STEINER (1994). Las muestras se colocaron en bolsas de papel a temperatura ambiente para su preservación y traslado, hasta su procesamiento en el laboratorio.

Tratamiento de las muestras. Las muestras se colocaron en tamices de 1,5 mm de abertura de malla, suspendidos en cápsulas de Petri con agua, las que fueron observadas luego de 24 horas bajo microscopio estereoscópico. Los tardígrados y su fauna acompañante se extrajeron de las muestras con micropipetas. Se provocó el pasaje al estado de anoxibiosis de los individuos activos, colocándolos sumergidos en una capsula con agua no clorada en una estufa a 60°C por un lapso de 40 minutos, luego se fijaron con formol al 10% neutralizado para ser montados, posteriormente, en solución de polivinil lactofenol. La identificación de los ejemplares se realizó bajo un microscopio óptico Carl Zeiss Primo Star y Leica DM 500, siguiendo el esquema propuesto por RAMAZZOTTI & MAUCCI (1983) y trabajos posteriores y específicos como los de PILATO & BINDA (2010), MOREK *et al.* (2016) entre otros autores. Las medidas se tomaron con ocular micrométrico.

Análisis de datos. El material recolectado fue registrado en planillas electrónicas e identificado hasta la menor categoría taxonómica posible (especies/morfoespecies), con las que se generó una base de datos de fotos digitalizadas de los caracteres distintivos con la aplicación web IEBIdata para reconocimiento de los taxones y su cuantificación.

Inventario y diversidad α : con el programa EstimateS 7.0 (COLWELL, 2004) se generaron curvas de rarefacción de la riqueza de especies basadas en individuos por hábitat (U y R) para compararlas. Por otro lado, se utilizaron las curvas de Whittaker para contrastar la estructura de la comunidad de tardígrados en los hábitats urbano y rural por medio del programa Biodiversity-Pro (MCALLEECE, 1997). Se utilizó el método de bootstrapping (KREBS, 1999) para estimar si hubo o no diferencias significativas entre los valores de riqueza y abundancia de especies por medio del software PAST ver.3.01 (HAMMER *et al.*, 2001). Con el mismo programa, se generaron los perfiles de diversidad para cada hábitat considerado, usando la familia de índices uniparamétrica de Renyi (Tóthmérész, 1998) que permite una comparación escalable de la diversidad de los ensamblajes. Con el programa SPADE (CHAO & SHEN, 2009) se estimó la “verdadera diversidad” (JOST, 2006; 2007) considerando los estimadores ACE (0D) para comunidades altamente heterogéneas ($CV_{rare} > 0.8$), MLE_bc (Bias-corrected Shannon diversity estimator) (1D) y MVUE (Minimum Variance unbiased Estimator) (2D) (MORENO *et al.*, 2011), como medidas de diversidad de orden cero, primer y segundo orden, respectivamente. La diversidad verdadera, medida a través de los números efectivos de especies, sirven para describir la diversidad de una comunidad ecológica y permiten comparar de forma clara y directa la magnitud de la diferenciación en la diversidad de dos o más comunidades (JOST, 2006; MORENO *et al.*, 2011). Esta es una medida que conserva las propiedades intuitivamente esperadas de la diversidad y se utiliza para

describir la diversidad de un ensamblaje (ELLISON, 2010). La completitud del inventario de cada hábitat y del total muestreado fue calculado como una proporción entre el valor del ACE con la riqueza de especies observada.

Diversidad β : Con el programa PAST ver.3.01 (HAMMER *et al.*, 2001) se realizó un Non-metric Multidimensional Scaling (NMS) de los sitios muestreados para analizar el grado de asociación o similitud en cuanto a sus ensamblajes de especies utilizando como distancia la medida de Sorensen (Bray-Curtis). Los grupos de sitios resultantes fueron sometidos a un procedimiento de permutación multidimensional (MRPP) por medio del programa PC-ORD ver.6 (MCCUNE & MEFFORD, 2011), utilizando igual medida de distancia, para evaluar si se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de similitud de la fauna de tardígrados entre hábitats urbanos y rurales. También se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) con el programa PAST ver.3.01 (HAMMER *et al.*, 2001), entre los ensamblajes de estos hábitats para detectar las especies que más aportaron a la disimilitud entre ellos. Un Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado con el programa PC-ORD ver.6 (MCCUNE & MEFFORD, 2011) permitió evaluar la relación de las especies con respecto al ordenamiento producto de la similitud de los ensamblajes registrados en los sitios muestreados en ambos hábitats.

Especies indicadoras: se utilizó el método del Valor Indicador (IndVal) propuesto por DUFRÊNE & LEGENDRE (1997) para encontrar especies/ensamblajes de especies indicadoras de cada hábitat (U y R). Este análisis se basa en el grado de especificidad (exclusividad a un hábitat particular), y el grado de fidelidad (frecuencia de ocurrencia dentro del mismo hábitat). Así, especies con un valor alto de indicación se consideran “especies indicadoras”, mientras las que tengan valores intermedios (50-70%) se las considera “detectoras” (MCGEOCH *et al.*, 2002). La significancia estadística de los valores indicadores se midió utilizando el test de Monte Carlo con 4999 permutaciones, tanto el IndVal como el test de significancia estadística se obtuvieron usando el programa PC-ORD ver.6 (MCCUNE & MEFFORD, 2011).

RESULTADOS

En este estudio se identificaron 1.608 tardígrados pertenecientes a ocho especies/morfoespecies, que se agrupan en seis géneros y cuatro familias (Tab. I). Dos de las especies de los géneros *Milnesium* y *Echiniscus* resultaron ser nuevas para la ciencia.

El hábitat U mostró una mayor abundancia de tardígrados ($N=1.256$), aunque la mayor riqueza de especies correspondió al hábitat R ($S=8$) (Fig. 2), mostrando diferencias estadísticamente significativas tanto para los valores de riqueza de especies como de abundancia entre hábitats ($p < 0.05$). Al contrastar la estructura de las comunidades, el hábitat U mostró una fuerte dominancia de unas pocas especies (Fig. 3), mientras que la comunidad R fue más equitativa. Los ensamblajes en ambas comunidades fueron diferentes en composición de especies como en abundancias

mostrando que *Macrobiotus hufelandi* (N=704) fue la especie dominante en el hábitat U (56.05%), seguida por *Milnesium* sp. (N= 328, 26%). En cambio, el hábitat R no registró una marcada dominancia de alguna especie, mostrando que la

especie de *Milnesium* sp. representó casi el 33% del total de individuos recolectados, seguidas por varias especies con valores intermedios de abundancia y una única especie rara (*Echiniscus manuelae*) (Fig. 4).

Tab. I. Especies de Tardigrada registradas en las comunidades de los hábitats Urbano y Rural en la provincia de Salta, Argentina.

Clase	Orden	Familia	Especie
Heterotardigrada	Echiniscoidea	Echiniscidae	<i>Echiniscus</i> sp.
			<i>Echiniscus manuelae</i> da Cunha & Nascimento Ribeiro, 1962
			<i>Echiniscus rufoviridis</i> du Bois-Reymond Marcus, 1944
Eutardigrada	Apochela	Milnesiidae	<i>Milnesium</i> sp.
	Parachela	Hipsibiidae	Hipsibiidae morfo 1
		Macrobiotidae	<i>Macrobiotus hufelandi</i> C.A.S. Schultzze, 1834
			<i>Minibiotus</i> sp.
			<i>Paramacrobiotus areolatus</i> (Murray, 1907)

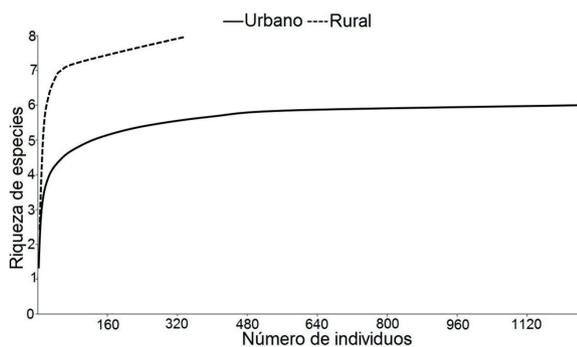


Fig. 2. Curvas de rarefacción basadas en individuos para los hábitats Urbano y Rural en la porción central de la provincia de Salta, Argentina.

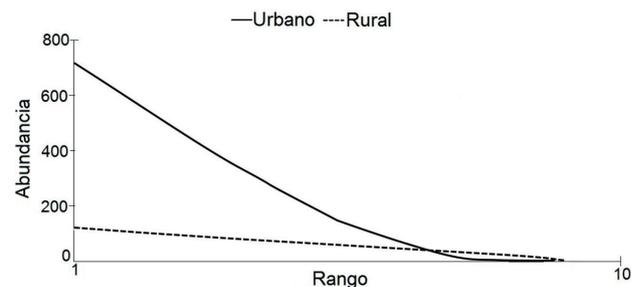


Fig. 3. Comparación de la estructura de las comunidades Urbana y Rural de tardígrados en la porción central de la provincia de Salta, Argentina, mostrando diferencias entre la composición de las especies dominantes y raras.

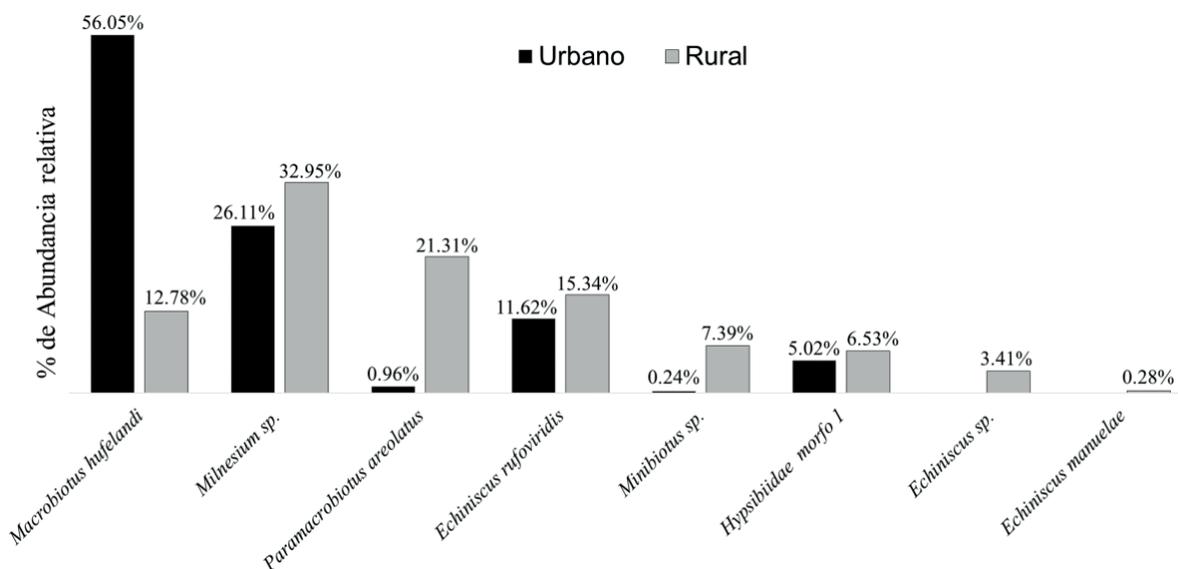


Fig. 4. Distribución de las abundancias relativas por hábitat de las especies de tardígrados en la porción central de la provincia de Salta, Argentina.

La completitud del inventario obtenido para todos los casos fue alto superando el 94% (Tab. II). Además, la comunidad R fue 1,85 veces más diversa que la U, teniendo en cuenta los valores de diversidad observada de primer orden.

El ordenamiento resultante del NMS (Eje 1= 0.677, Eje 2= 0.054, Stress=0.077) de los sitios muestrados en los

hábitats U y R muestran que sus ensamblajes fueron diferentes (Fig. 5), lo que fue corroborado por el MRPP ($A=0.2778$, $p=0.01$). Además, el PCA arrojó que las muestras de tardígrados del hábitat U se diferencian de las R principalmente sobre el primer componente (Eje1=24.8%) (Fig. 6), identificándose

Tab. II. "Verdadera diversidad" de Tardigrada en la porción central de la provincia de Salta, Argentina, considerando todos los inventarios, total y por habitat, mostrando los valores de la diversidad observada y estimada (0D , 1D , 2D) (la diversidad estimada acompañada con sus respectivos coeficientes de variación) y el porcentaje de completitud de inventario.

Hábitats	Diversidad Observada			Diversidad Estimada			% de completitud de Inventario
	0D (Sobs)	1D (Shannon entropy)	2D (Gini-Simpson Index)	0D (ACE)	1D (MLE_bc)	2D (MVUE)	
Urbano	6	3,10	2,50	6	3.11 ± 0.07	2.51 ± 0.34	100,00%
Rural	8	5,74	4,88	8 ± 0.50	5.75 ± 0.20	4.94 ± 1	94,12%
Total	8	4,04	3,17	8 ± 0.50	4.05 ± 1	3.18 ± 1.10	94,12%

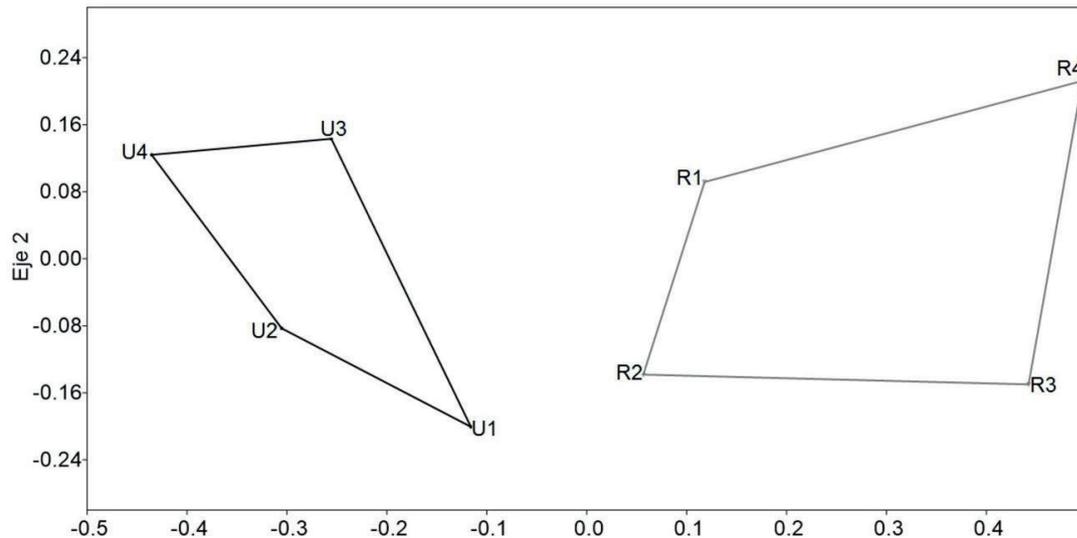


Fig. 5. NMS donde se observa el ordenamiento de las muestras, mostrando diferencias en la fauna de tardígrados por habitat en la porción central de la provincia de Salta, Argentina (Eje1=0.677, Eje2=0.054), con un Stress=0.077.

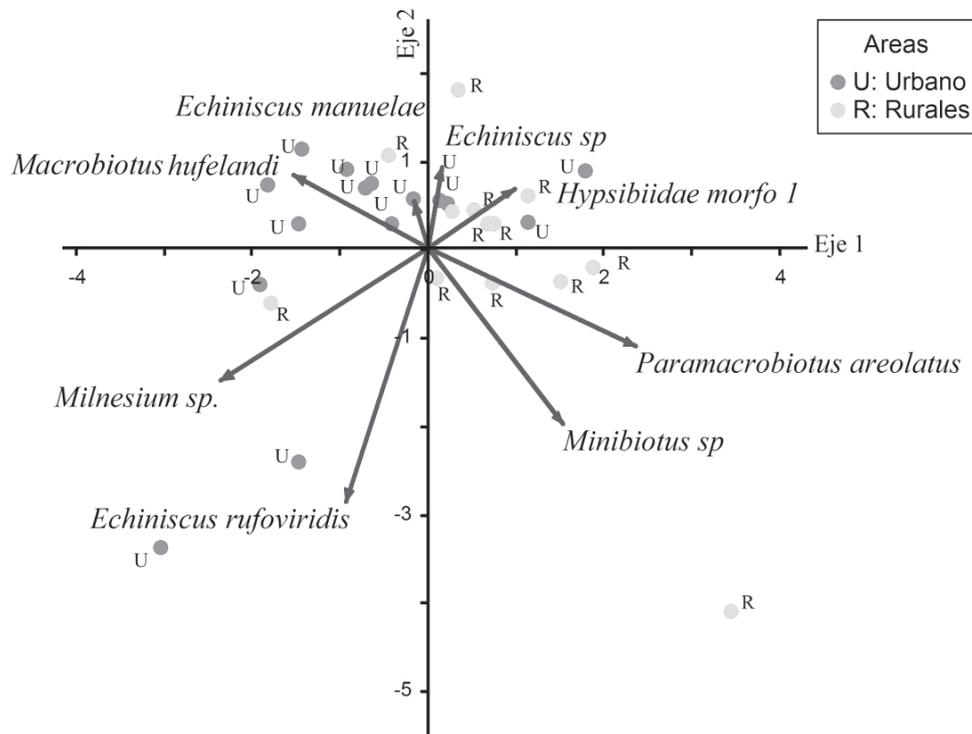


Fig. 6. Ordenamiento por medio de un PCA de las muestras, mostrando diferencias en la fauna de tardígrados por habitat en la porción central de la provincia de Salta, Argentina.

Por otro lado, las muestras urbanas son más similares entre sí que las muestras rurales (JOHANSSON *et al.*, 2011), atribuible al menor número de especies disponibles en las comunidades urbanas. Este efecto también es registrado en nuestro estudio donde las comunidades de los sitios rurales muestran un menor valor de similitud entre sus ensambles, aunque la composición de los mismos entre

hábitats es diferente como quedó comprobado cuando se contrastaron con el MRPP. Las similitudes entre taxones de tardígrados en las ciudades, sugieren que están en un proceso de homogeneización biótica vinculada a la urbanización (PELUFFO *et al.*, 2007), sumado a un empobrecimiento de sus ensambles (URBINA-CARDONA *et al.*, 2011), producto de las actividades humanas.

Tab. III. SIMPER, mostrando los aportes de cada especie a la disimilitud entre los ensambles de los hábitats Urbano y Rural en la porción central de la provincia de Salta, Argentina, medida de disimilitud (Bray-Curtis).

Taxon	Disimilitud promedio	Contribución (%)	Porcentaje acumulado (%)	Abundancia media en U	Abundancia media en R
<i>Macrobiotus hufelandi</i>	38.29	50.78	50.78	176	11.3
<i>Milnesium</i> sp.	16.44	21.8	72.58	82	29
<i>Echiniscus rufoviridis</i>	9.886	13.11	85.69	36.5	13.5
Hypsibiidae morfo 1	4.323	5.734	91.42	15.8	5.75
<i>Paramacrobiotus areolatus</i>	4.254	5.642	97.07	3	18.8
<i>Minibiotus</i> sp.	1.403	1.861	98.93	0.75	6.5
<i>Echiniscus</i> sp.	0.7384	0.9792	99.91	0	3
<i>Echiniscus manuelae</i>	0.07152	0.09485	100	0	0.25

Tab. IV. Resultados del análisis de IndVal de especies/morfoespecies para los dos hábitats, con sus valores indicadores $p \leq 0.05$, porción central de la provincia de Salta, Argentina.

Habitat	Tipo	Especies/morfoespecies	Valor Indicador	p*
Urbano	Especie indicadora	<i>Macrobiotus hufelandi</i>	81.1%	0.0010
	Especie detectora	<i>Milnesium</i> sp.	62.9%	0.0296
Rural	Especie indicadora	<i>Paramacrobiotus areolatus</i>	68.4%	0.0030

a *Milnesium* sp. ($r = -0,7003$) y *Macrobiotus hufelandi* ($r = -0,5495$) como especies que prefieren a los hábitats urbanos; mientras que *Paramacrobiotus areolatus* ($r = 0,8376$) y *Minibiotus* sp. ($r = 0,6108$), los rurales. Las otras especies no mostraron valores significativos en sus correlaciones, pero tienen una tendencia a desarrollarse más en un hábitat que en otro. El análisis de SIMPER evidencia que *Macrobiotus hufelandi*, *Milnesium* sp. y *Echiniscus rufoviridis* fueron las responsables de la mayor disimilitud entre los ensambles de los hábitats urbanos y rurales de tardígrados (Tab. III). El análisis de IndVal (Tab. IV) arrojó como especie indicadora a *Macrobiotus hufelandi* y como detectora a *Milnesium* sp. para el hábitat U, mientras que para el hábitat R, *Paramacrobiotus areolatus* resultó especie indicadora.

DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo donde se considera la fauna de tardígrados en la Provincia de Salta, analizando y comparando las comunidades en hábitats urbanos y rurales. Se reportan ocho especies indicando además que los inventarios obtenidos son completos, salvo en el hábitat rural donde podría registrarse alguna otra especie. Dos especies que podrían ser nuevas para la ciencia (necesitándose profundizar su estudio); una del género *Milnesium* recolectada en hábitats urbanos y otra de *Echiniscus* para los rurales. En general, la riqueza de especies observada está entre los números reportados para el país: cinco para la ciudad de General Pico (MOLY DE PELUFFO *et al.*, 2006) y Santa Rosa (PELUFFO *et al.*, 2007) ambas en la provincia de La Pampa.

Tres géneros (*Macrobiotus*, *Echiniscus*, *Milnesium*) y dos especies (*Macrobiotus hufelandi* y *Echiniscus rufoviridis*) reportadas para la provincia de La Pampa, por MOLY DE PELUFFO *et al.* (2006) y PELUFFO *et al.* (2007) son registrados también en nuestro estudio en el Noroeste de Argentina.

JOHANSSON *et al.* (2011) indicaron que la riqueza de especies en las zonas rurales es mayor que en las urbanas, coincidiendo con nuestros resultados que muestran que la fauna de tardígrados rural es 1.85 veces mayor. Posiblemente, la gran exposición y el calor de las ciudades conducen a una evaporación más rápida (GLIME, 2013) haciendo su microclima menos favorable para la fauna de tardígrados. A ello se le suma el avance de la urbanización que produce destrucción de microhábitats que reducen las poblaciones y la biodiversidad del grupo, ya que los tardígrados muestran una fuerte selección por el hábitat (GUIL *et al.*, 2009), pudiendo en algunos casos llegar a la extinción de algunas especies, incluso antes de que sean conocidas para la ciencia (VICENTE, 2010). Es decir, el decremento de la diversidad observada en los hábitats urbanos sería el producto directo de las actividades antrópicas que producen pérdida de riqueza de especies, y de la uniformidad de las comunidades (MAGURRAN & MCGILL, 2011). Nuestros resultados indican que además de una reducción en la riqueza de especies en el hábitat urbano, también se produjo un cambio en la estructura de las comunidades de tardígrados en comparación con las rurales. Así, los sitios urbanos se caracterizan por una marcada dominancia de algunas especies, como ser *Macrobiotus hufelandi* y *Milnesium* sp.; ya que las comunidades de animales en áreas urbanas muestran un incremento en la biomasa y densidad de especies generalistas (ADAMS, 2005).

Los tardígrados ya han sido usados como indicadores con cierto éxito en la evaluaciones de impacto en la calidad del aire en Missouri, USA (HOHL *et al.*, 2001). En la búsqueda de indicadores hay que tener en cuenta el papel de los microhábitats en la distribución de animales microscópicos, ya que microhábitats con condiciones ambientales aparentemente similares localizadas dentro de una misma región, a menudo exhiben poblaciones diferenciadas ya sea en términos de densidad y/o riqueza de especies (NELSON, 2002; GUIL *et al.*, 2009; BERTOLANI *et al.*, 2009). A partir de nuestro estudio, la presencia de *Macrobiotus hufelandi*, y posiblemente también *Milnesium* sp., en los hábitats urbanos y los cambios que puedan experimentar en sus densidades poblacionales nos permitiría monitorear variaciones en las condiciones ambientales de la ciudad. En cambio, *Paramacrobiotus areolatus* podría ser utilizada para monitorear los hábitats rurales por su capacidad indicadora por lo menos en la provincia de Salta.

Concluyendo, la diversidad de los tardígrados del área Central de la provincia de Salta es alta comparada con los de otras regiones del país. Las comunidades en los hábitats urbanos son menos diversas, mostrando una tendencia a la homogenización de su fauna con una marcada dominancia de algunos taxones, en particular *Macrobiotus hufelandi*, cuyas poblaciones podrían utilizarse para evaluar cambios en las condiciones urbanas de la ciudad. Por otra parte, plantear otros estudios permitiría arrojar luz sobre los cambios que ocurren en las comunidades de tardígrados en la ciudad bajo diferentes condiciones de presión antrópica. Así por ejemplo, qué modificaciones se producen en las comunidades de tardígrados en sitios con un menor tránsito vehicular ó menor densidad de edificaciones, entre otros factores que pueden producir cambios en los microhábitats donde viven los tardígrados.

Agradecimientos. Los autores quieren agradecer a la Dra. Verónica Olivo, Lic. Rubén Miraglio (UNSa) y Lic. Luciano Pardo por la colaboración prestada durante el desarrollo de este estudio. Este trabajo fué parcialmente subsidiado por la Universidad Nacional de La Pampa y CIUNsa. Además los autores agradecen al Dr. Sigmer Quiroga por sus valiosos comentarios y sugerencias en la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

- ADAMS, L.W.; VAN DRUFF, L. W. & LUNIAK, M. 2005. Managing urban habitats and wildlife. *In*: BRAUN, C. E. ed. **Techniques for Wildlife Investigation and Management**. Maryland, The Wildlife Society, p.714-739.
- BERTOLANI, R.; ALTIERO, T. & NELSON, D. R. 2009. Tardigrada (Water Bears). *In*: LIKENS, G. E. ed. **Encyclopedia of Inland Waters**. Oxford, Elsevier, p.443-465.
- CHAO, A. & SHEN, T. J. 2009. **Program SPADE (Species Prediction and Diversity Estimation)**. Disponible en <<http://chao.stat.nthu.edu.tw>>.
- CLAPS, M. C. & ROSSI, G. C. 1984a. Contribución al conocimiento de los Tardígrados de Argentina II. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** 40(1-4):107-114.
- CLAPS, M. C. & ROSSI, G. C. 1984b. Contribución al conocimiento de los Tardígrados de Argentina IV. **Acta Zoologica Lilloana** 38(1):45-50.
- CLAPS, M. C. & ROSSI, G. C. 1988. Contribución al conocimiento de los tardígrados de Argentina VI. **Iheringia, Série Zoologia** (76):3-11.
- COLWELL, R. 2004. **EstimateS 7.0b. Statistical estimation of species richness and shared species from simples**. Disponible en <<http://viveroy.eeb.uconn.edu/estimates>>.
- DUFRÈNE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs** 67(3):345-366.
- ELLISON, A.M. 2010. Partitioning diversity. **Ecology** 91:1962-1963.
- FONTANETO, D. 2011. **Biogeography of Microscopic Organisms, is Everything Small Everywhere?** Cambridge, Systematics Association & Cambridge University Press. 365p.
- GLIME, J. M. 2013. Tardigrade Ecology. *In*: GLIME, J. M. ed. **Bryophyte Ecology Vol. 2 Bryological Interaction**. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists, p.1-24. Disponible en <www.bryocoel.mtu.edu>.
- GUIDETTI R.; PELUFFO, J. R.; ROCHA, A. M.; CESARI, M. & MOLY DE PELUFFO, M. C. 2013. The morphological and molecular analyses of a new South American urban tardigrade offer new insights on the biological meaning of the *Macrobiotus hufelandi* group of species (Tardigrada: Macrobiotidae). **Journal of Natural History** 47:2409-2426.
- GUIL, N.; SÁNCHEZ MORENO, S. & MACHORDOM, A. 2009. Local biodiversity patterns in micrometazoans: Are tardigrades everywhere? **Systematics and Biodiversity** 7(3):259-268.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontología Electrónica** 4(1):9. Disponible en <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>.
- HOHL, A.; MILLER, W. R. & NELSON, D. R. 2001. The Distribution of Tardigrades Upwind and Downwind of a Missouri Coal-Burning Power Plant. **Zoologischer Anzeiger** 240:395-401.
- HOOPER, D. U.; CHAPIN, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETÄLÄ, H.; SYMSTAD, A. J.; VANDERMEER, J. & WARDLE, D. A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological Monographs** 75(1):3-35.
- JOHANSSON, C.; CALLOWAY, S.; MILLER, E. W. & LINDER, E. 2011. Are urban and rural tardigrade (Tardigrada) communities distinct and determined by pH: A case study from Fresno County, California. **The Pan-Pacific Entomologist** 87(2):86-97.
- JOST, L. 2006. Entropy and diversity. **Oikos** 113:363-375.
- JOST, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. **Ecology** 88:2427-2439.
- KACZMAREK, Ł. & MICHALCZYK, Ł. 2009. Two new species of Macrobiotidae, *Macrobiotus szepteykii* (harmsworthii group) and *Macrobiotus kazmierskii* (hufelandi group) from Argentina. **Acta Zoologica Cracoviensia-Series B: Invertebrata** 52(1-2):87-99.
- KACZMAREK, Ł.; MICHALCZYK, Ł. & MCINNES, S.J. 2015. Annotated zoogeography of non-marine Tardigrada. Part II: South America. **Zootaxa** 3923(1):1-107.
- KREBS, C. J. 1999. **Ecological Methodology**. Menlo Park, Benjamin Cummings. 607p.
- LÓPEZ, E. 2010. Efectos de la urbanización creciente y descontrolada en la zona norte de la ciudad de Salta y el municipio de Vaqueros, Argentina. **Revista Nodo** 5(9):127-137.
- MAGURRAN, A. E. & MCGILL, B. J. 2011. **Biological diversity**. Oxford, Blackwell Publishing. 345p.
- MCALICE, N. 1997. **Biodiversity PRO, Ver.2.0.0**. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science. Disponible en <<http://www.sams.ac.uk/peter-lamont/biodiversity-pro>>.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. 2011. **PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 6**. Gleneden Beach, MjM Software Design.
- MC GEOCH, M. A.; VAN RENSBERG, B. J. & BOTES, A. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of duna beetles in a savanna ecosystem. **Journal of Apply Ecology** 39:661-672.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington, World Resources Institute. 86p.
- MOLY DE PELUFFO, M. C.; PELUFFO, J. R.; ROCHA, A. M. & DOMA, I. L. 2006. Tardigrade distribution in a medium-sized city of central Argentina. **Hydrobiologia** 558(1):141-150.
- MOREK, W.; GAŚSIÓREK, P.; STEC, D.; BLAGDEN, B. & MICHALCZYK, Ł. 2016. Experimental taxonomy exposes ontogenetic variability and elucidates the taxonomic value of claw configuration in *Milnesium Doyère, 1840* (Tardigrada: Eutardigrada: Apochela). **Contributions to Zoology** 85(2):173-200.

- MORENO, C. E.; BARRAGAN, F.; PINEDA, E. & PAVÓN, N. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. **Revista Mexicana de Biodiversidad** **82**(4):1249-1261.
- MORGAN, C. I. 1977. Population dynamics of two species of Tardigrada, *Macrobotus hufelandi* (Schultze) and *Echiniscus (Echiniscus) testudo* (Doyère), in roof moss from Swansea. **Journal of Animal Ecology** **46**:236-279.
- NELSON, D. R. 2002. Current status of the Tardigrada: evolution and ecology. **Integrative and Comparative Biology** **42**:652-659.
- OLDEN, J. D. & ROONEY, T. P. 2006. On defining and quantifying biotic homogenization. **Global Ecology and Biogeography** **15**:113-120.
- PELUFFO, J. R.; MOLY DE PELUFFO, M. C. & ROCHA, A. M. 2002. Rediscovery of *Echiniscus rufoviridis* du Bois-Raymond Marcus, 1944 (Heterotardigrada, Echiniscidae). New contributions to the knowledge of its morphology, bioecology and distribution. **Gayana** **66**(2):97-101.
- PELUFFO, J. R.; ROCHA, A. M. & MOLY DE PELUFFO, M. C. 2007. Species diversity and morphometrics of tardigrades from a medium-size city in the Neotropical Region: Santa Rosa (La Pampa, Argentina). **Animal Biodiversity and Conservation** **30**(1):43-51.
- PILATO, G. & BINDA, M. G. 2010. Definition of families, subfamilies, genera and subgenera of the Eutardigrada, and keys to their identification. **Zootaxa** **2404**:1-54.
- PILATO, G.; BINDA, M. G. & LISI, O. 2003. Remarks on some species of tardigrades from South America with the description of *Minibiotus sidereus* n. sp. **Zootaxa** **195**:1-8.
- RAMAZZOTTI, G. & MAUCCI, W. 1983. Il Phylum Tardigrada. **Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia** **41**:1-1012.
- ROSSI, G. C. & CLAPS, M. C. 1980. Contribución al conocimiento de los tardígrados de Argentina. I. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** **39**(3-4):243-250.
- ROSSI, G. C. & CLAPS, M. C. 1989. Tardígrados de la Argentina. V. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** **47**(1-4):133-142.
- ROSSI, G.; CLAPS, M. C. & ARDOHAIN, D. M. 2009. Tardigrades from northwestern Patagonia (Neuquén Province, Argentina) with the description of three new species. **Zootaxa** **2095**:21-36.
- ROSZKOWSKA, M.; OSTROWSKA, M. & KACZMAREK, Ł. 2015. The genus *Milnesium* Doyère, 1840 (Tardigrada) in South America with descriptions of two new species from Argentina and discussion of the feeding behaviour in the family Milnesiidae. **Zoological Studies** **54**:12.
- ROSZKOWSKA, M.; STEC, D.; CIOBANU, D. A. & KACZMAREK, Ł. 2016. Tardigrades from Nahuel Huapi National Park (Argentina, South America) with descriptions of two new Macrobiotidae species. **Zootaxa** **4105**(3):243-260.
- SHOCHAT, E.; WARREN, P. S.; FAETH, S. H.; MCINTYRE, N. E. & HOPE, D. 2006. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. **Trends in Ecology and Evolution** **21**(4):186-191.
- STEINER, W. 1994. The influence of air pollution on moss-dwelling animals: 4. Seasonal and long-term fluctuations of rotifer, nematode and tardigrade populations. **Revue Suisse de Zoologie** **101**:1017-1031.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1998. On the characterization of scale-dependent diversity. **Abstracta Botanica** **22**:149-156.
- URBINA-CARDONA, J. N.; RUIZ-AGUDELO, C. A.; BEJARANO-MORA, P.; RODRÍGUEZ, R.; POLANCO MENDEZ, H.; GOMEZ PLATA, A. H.; GUALDRON DUARTE, J. E.; OLAYA-RODRIGUEZ, M. H.; KLAPPE, R. A.; RODRÍGUEZ-MAHECHA, J. V. & ARJONA-HINCAPIÉ, F. 2011. Reconocimiento de servicios ecosistémicos en las políticas ambientales urbanas. **Revista ambiental ÉOLO** **11**:154-167.
- VICENTE, F. 2010. Micro-invertebrates conservation: forgotten biodiversity. **Biodiversity and Conservation** **19**:3629-3634.
- VINCX, M. & HEIP, C. 1991. The use of meiobenthos in pollution monitoring studies: a review. **ICES Techniques in Marine Environmental Sciences** **16**:50-67.