



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

“DIVERSIDAD DE TARDÍGRADOS URBANOS EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA,
ARGENTINA”.

María Cecilia BAUDINO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2010

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciada en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el campo de enseñanza de la UNLPam, en el Pabellón de Biología, durante el período comprendido entre el 6 de Agosto de 2009 y el 10 de Mayo de 2010, bajo la dirección de la Lic. Rocha Alejandra Mariana; y bajo la codirección del Lic. Peluffo Julio Ricardo.”

Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa por brindar la infraestructura edilicia, el equipamiento y el aporte económico necesario para llevar a cabo la Tesina. Quiero agradecer en especial a mi Directora Mariana Rocha y a mi Codirector Julio Peluffo, por el aporte de conocimiento invaluable que me han brindado a lo largo de toda la Carrera.

Quiero agradecer además, a todas aquellas personas que mostraron una excelente predisposición desde la colaboración en la realización de los muestreos; en este sentido agradezco principalmente a mi familia, hasta la enseñanza en la identificación y preparación de los ejemplares en el laboratorio; en este sentido le agradezco fundamentalmente a Irene Doma.

En fin, a todos aquellos que de una u otra manera acompañaron y colaboraron para que la realización de la presente Tesina sea posible.

12 de Mayo de 2010

María Cecilia Baudino

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

En el trabajo de Tesina se propuso estudiar la fauna de tardígrados de cinco ciudades, situadas dentro de las distintas regiones fisiográficas de la provincia de La Pampa: Región Occidental, Región Central, Región Oriental y Región Meridional.

Se seleccionó en cada ciudad una plaza central en la que se realizaron muestreos en tres árboles ubicados en el interior de la misma, y en árboles situados en la vereda de una calle circundante a la plaza, que presentara un mayor tránsito vehicular.

Las muestras consistieron en almohadillas de líquenes y musgos que se desarrollan sobre los árboles. El tamaño de las muestras fue seleccionado siguiendo a Morgan (1977) y Steiner (1994a).

Se intentó determinar si el proceso de homogenización biótica desencadenado por la urbanización, se extiende a los tardígrados de estas ciudades de la Provincia. Las hipótesis que se plantearon en el proyecto permitieron predecir que las taxocenosis de tardígrados se diferenciarán más cuanto mayor sea la distancia que separe a las ciudades, y que tales diferencias serán menores entre los sitios de muestreo sometidos al tránsito vehicular. En todos los casos, la diversidad de tardígrados fue mayor en las plazas que en las calles sometidas al tránsito vehicular. La mayor riqueza de tardígrados se encontró en Santa Rosa y Alpachiri, mientras que en términos de abundancia de tardígrados, ésta fue mayor en Santa Rosa y Caleufú. En la ciudad de 25 de Mayo no se registraron tardígrados.

Palabras Claves: Tardígrados Urbanos, Homogenización Biótica, Urbanización.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Págs.5-9
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	Pág.9
2.1. Características y ubicación del área de estudio	Pág.11
3. RESULTADOS.....	Pág.13
3.1. Especies registradas.....	Pág.13
3.2. Diversidad de tardígrados.....	Pág.13
3.3. Análisis de Componentes Principales.....	Pág.15
3.4. Índices de diversidad.....	Pág.16
CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN.....	Págs.17-19
BIBLIOGRAFÍA.....	Págs.17-23

INTRODUCCIÓN

Los tardígrados se conocen desde el año 1.773, pero han sido reconocidos como Phylum a partir del año 1.968. Su posición filogenética ha sido objeto de muchas controversias, debido a que presentan características en común con los artrópodos y al mismo tiempo comparten características con los asquelmintos. Actualmente se ubican en el clado de los Ecdisozoos (Aguinaldo *et al.*, 1997), junto con otros invertebrados que mudan, como nematodos, onicóforos, quinorrincos, nematomorfos, artrópodos, loricíferos y priapúlidos.

Los tardígrados, también conocidos con el nombre libresco de “osos de agua”, término introducido en el año 1.773 por el naturalista J. A. E. Goeze en relación a su morfología externa, son metazoos que poseen un tamaño corporal entre 50 y 1200 μm . Pueden encontrarse en una gran diversidad de hábitats, en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres, donde el agua libre esté disponible: en la tierra, en musgos, líquenes, hojarasca y suelo, y como parte del zoobentos, viviendo sobre sedimentos, matas de algas y plantas sumergidas y en los intersticios de la arena (Ramazzotti & Maucci 1983). Muchas especies tienen una distribución cosmopolita, algunas son endémicas.

Tienen simetría bilateral y poseen cuatro pares de patas ubicadas en posición latero-ventral que usualmente terminan en uñas. El cuerpo puede dividirse en cinco regiones: una cefálica en la que se sitúa la boca, tres regiones en el tronco correspondientes a los primeros tres pares de patas, y una región caudal que incluye el cuarto par de patas. Los tres primeros pares de patas contribuyen a la locomoción, mientras que el cuarto es útil para mantener al animal en posición sobre el sustrato (Claps *et al.*, 2002).

Desde un punto de vista práctico, y no taxonómico, se pueden diferenciar dos grupos de tardígrados; aquellos que poseen armadura y los que no la poseen, es decir, los desnudos. Los primeros incluyen a las familias Stygarctidae (marinos) y Echiniscidae (terrestres), en los cuales la cutícula se encuentra dividida en placas, mientras que las demás familias incluyen a los organismos recubiertos por una fina cutícula quitinosa, la cual es lisa, o puede presentar ornamentaciones tales como poros, áreas cribosas o gránulos que pueden conformar patrones definidos. En general, la cutícula es permeable al agua, iones, gases y colorantes.

La mayoría de los tardígrados dulceacuícolas son blancos, mientras que muchos tardígrados terrestres exhiben distintos colores (marrón, naranja, rosa, amarillo o verde) debido a los contenidos intestinales, o a la pigmentación de la hipodermis y cutícula.

Los tardígrados son hidrobiontes, es decir que necesitan del ambiente acuático para vivir, ya sea en forma permanente, denominándose hidrobiontes estrictos o monohidrobiontes o en determinados períodos, denominándose entonces hidrobiontes alternativos. Dentro de estos últimos pueden distinguirse los heterohidrobiontes, que son aquellos que según las circunstancias pueblan las aguas dulces o los ambientes terrestres, y los oligohidrobiontes, llamados comúnmente “terrestres” que pueden desarrollarse en las almohadillas de musgos o líquenes de los árboles, o en la hojarasca del suelo. Diversos son los factores abióticos que pueden influir sobre las poblaciones de tardígrados: temperatura, lluvia, humedad, fuente de oxígeno, pendiente, exposición (sol o viento), tipo de sustrato, altitud, contaminación del aire, entre otros.

El hermafroditismo ha representado una estrategia válida para la propagación en ambientes inestables, debido al lento movimiento de estos organismos y a su necesidad de una diseminación pasiva. La amplia dispersión de una especie estaría vinculada con su capacidad de transporte pasivo (Bertolani, 1990). La inseminación puede ser interna o externa (en la exuvia), mientras que la fertilización es interna. El desarrollo del embrión requiere entre tres y cuarenta días, al cabo de los cuales emergen los juveniles que luego de seis a trece mudas alcanzarán el máximo tamaño. Antes de la muda (que puede durar entre cuatro y diez días), los tardígrados expulsan su aparato bucal (tubo y estiletes). Durante la muda, dicho aparato se reconstituye por medio de las glándulas salivales, mientras que las uñas lo hacen a partir de las glándulas pediales, para luego expulsar la vieja cutícula que recubre el cuerpo (Claps *et al.*, 2002).

El phylum Tardigrada está integrado por tres clases: Heterotardigrada, Mesotardigrada y Eutardigrada. La clase Heterotardigrada incluye principalmente a los tardígrados marinos y terrestres que con armadura. La clase Eutardigrada, incluye principalmente a los tardígrados dulceacuícolas y terrestres. Mientras que la clase Mesotardigrada está basada en una única especie, *Thermozodium esakii*, hallada en Japón (Nelson, 1991). La taxonomía del grupo se basa principalmente en la morfología de las uñas, del aparato bucal, la cutícula, y en algunas familias en la ornamentación del huevo (Claps *et al.*, 2005, Nelson *et al.*, 2002).

En la actualidad se considera que la estructura de la uña es un rasgo más conservativo que el aparato bucal por lo cuál es un carácter fundamental para distinguir a las diferentes familias de heterotardígrados marinos y de eutardígrados (Claps *et al.*, 2005).

Los heterotardígrados muestran apéndices sensitivos que incluyen un par de cirros bucales situados a los lados de la boca, otro par lateral y entre ambos una papila cefálica. A continuación de estas estructuras se observa un cirro de mayor tamaño (cirro A) y en su cercanía una clava (Claps *et al.*, 2002). Los adultos de Echiniscidae tienen cuatro uñas colocadas en forma simétrica alrededor del eje de la pata; estas uñas son lisas o presentan una espina ventral ubicada a distintas distancias desde la base en las dos uñas internas o centrales. De modo excepcional muestran una o más espinas en las proximidades de las bases de las uñas externas. Los especímenes jóvenes (larvas) presentan dos uñas con espinas, que corresponden a las uñas internas o centrales de los adultos (Claps *et al.*, 2002).

Respecto al aparato bucofaríngeo, no muestran otras estructuras además de los cirros y las papilas. Los heterotardígrados presentan una cutícula dorsal y a veces también la ventral, formada por placas, cuyo número y distribución constituyen características con valor taxonómico (Nelson 1991).

La mayoría de los eutardígrados no presenta órganos sensoriales; excepto el orden Apochela en el cual existen papilas laterales y en el caso de *Milnesium* que presenta además seis papilas bucales (Claps *et al.*, 2002).

Los eutardígrados tienen cuatro uñas en cada pata y están unidas de a pares por lo que se las denomina diplouñas. Cada diplouña está compuesta por una rama terminal o principal, con dos pequeños dientes en el ápice, denominados puntas accesorias, y una rama basal o secundaria que es más externa y no lleva puntas accesorias (Claps *et al.*, 2002). El aparato bucal es una estructura compleja con significado taxonómico altamente considerado en los eutardígrados (Nelson, 1991). La boca puede estar rodeada de lamelas, pápulas y/o lóbulos e incluso papilas, y se continúa con el tubo bucal cuyo diámetro puede variar desde 1 μm hasta 25 μm (Claps *et al.*, 2002). Presentan una faringe muscular succionadora en la cual existen pequeñas estructuras esclerotizadas denominadas macroplacoides y microplacoides cuyo número y disposición, junto con el diámetro del aparato bucal, son caracteres diagnósticos, que permite diferenciar a los distintos géneros de tardígrados.

Los tardígrados que habitan ambientes terrestres presentan una propiedad fisiológica denominada criptobiosis que posibilita su supervivencia a condiciones ambientales desfavorables. En este estado, la reproducción, la alimentación, el movimiento se reducen o cesan temporariamente, y el metabolismo puede disminuir hasta un 0,01% del normal, siendo prácticamente imperceptible. El proceso de criptobiosis comienza con la contracción de la cabeza y de las patas, se produce una pérdida lenta del agua corporal, glucógeno y lípidos, mientras que aumenta la cantidad de glicerol. En esta condición, los

tardígrados pueden sobrevivir a condiciones extremas como la acción de temperaturas extremas (-272°C hasta 150°C), ácidos, radiaciones ultravioleta, entre otros (Claps *et al.*, 2002). En el mismo sentido, se han realizado experimentos en los cuáles tardígrados de las especies *Richtersius coronifer* y *Milnesium tardigradum* han sido llevados al espacio para ser sometidos a radiaciones UV-A y UV-B, a la radiación cósmica solar y galáctica y a la presión de vacío, comprobándose su capacidad de supervivencia a condiciones extremas (Jönsson *et al.* 2008).

En las últimas décadas se han incrementado los estudios relacionados con la biodiversidad en ambientes urbanos y se ha observado que los disturbios provocados por la presencia humana han modificado enormemente la biota. Como consecuencia de ello, se producen extinciones locales y se posibilita la expansión de especies foráneas, lo cuál conduce a lo que se denomina “homogenización biótica” (Mckinney & Lokwood, 1999, Olden & Poff 2003, Olden, J.D., & Rooney, T.P., 2006). Este proceso adquiere su máxima intensidad y extensión con la urbanización, considerada una de las más homogenizantes de las actividades humanas (Mckinney, 2006).

Muestreos de ciudades argentinas de diferentes zonas, tamaño y antigüedad del asentamiento humano (Salta, La Plata), (comunicación personal, Julio Peluffo), han revelado la presencia de especies de tardígrados distintas a las de las ciudades de la región central de Argentina (Peluffo *et. al.*, 2002, Moly de Peluffo *et. al.*, 2006, Peluffo *et. al.*, 2007). Ello indicaría que la homogenización de las taxocenosis de tardígrados alcanzaría el nivel taxonómico a escala regional, en la que las ciudades comparten las mismas especies.

La urbanización provoca la remoción de estructura, funciones y cambios controlados por la naturaleza a procesos desencadenados por la sociedad, aunque sus efectos sobre los primeros sean inadvertidos (Figuroa & Simonetti 2003). Esta actividad humana, modifica el clima preexistente mediante la generación de islas de calor, islas de humedad e islas de ventilación, causando profundos impactos negativos sobre la salud de los ecosistemas (Figuroa & Simonetti 2003). Las islas de calor pueden dar origen a áreas locales de convergencia de masas de aire provenientes de otros lugares relativamente más fríos, que pueden estar contaminadas, trasladando de esta forma, la polución hacia áreas que al mantenerse exentas de contaminación, poseían o generaban aire limpio (Figuroa & Simonetti 2003). La ciudad también ejerce un "efecto de rugosidad" sobre los flujos de aire, es decir que los obstaculiza o los frena, como consecuencia de las construcciones y edificios que bloquean el viento o bien lo orientan en diferentes direcciones (Figuroa & Simonetti 2003).

En varios países se han detectado cambios faunísticos relacionados con la contaminación del aire, observando una mayor presencia de especies de tardígrados xerófilas y eurítocas de distribución cosmopolita con amplia tolerancia y elevada resistencia, que reemplazan a otras especies no tolerantes (Vargha, 1998). También se ha observado una simplificación de comunidades de tardígrados expresada por pérdida de especies, como consecuencia de un incremento de la polución del aire, pudiéndose tomar a los tardígrados como potenciales indicadores de la calidad del aire (Steiner, 1994). En el mismo sentido, Vargha (2002) ha demostrado que a medida que aumenta el contenido de metales pesados en el aire, disminuye el número de especies de tardígrados presentes en los musgos expuestos.

A nivel mundial, el estudio de la fauna de tardígrados urbanos registra pocos antecedentes (Séméria, 1981 y 1982; Meininger *et al.*, 1985, Utsugi, 1986; Steiner, 1994a, 1994b y 1994c). En Sudamérica este tipo de estudios también es escaso (Claps & Rossi, 1997; Pilato *et al.*, 2003). En Argentina a partir del año 1999, comenzaron a estudiarse de manera sistemática, los tardígrados urbanos (Moly de Peluffo *et al.*, 1999, 2003, 2006; Peluffo *et al.*, 2000, 2002, 2006 a y b, 2007; Rocha *et al.*, 2002, Fernández *et al.*, 2003 y 2006).

La importancia de realizar un relevamiento de animales que habitan en áreas urbanas puede, entre otras cosas, contribuir al conocimiento de rangos de tolerancia de las especies a determinadas condiciones ambientales (Seméria 1981). Al mismo tiempo es necesario indagar acerca del rol que desempeña la urbanización sobre la biota que habita ecosistemas urbanos.

En este trabajo se propuso estudiar las taxocenosis de tardígrados de comunidades epifíticas de ciudades de la provincia de La Pampa, seleccionando para cada una de ellas una plaza central en la que se realizaron los muestreos en árboles situados en el interior de la misma y en árboles situados en la vereda de la calle circundante a la plaza, que presentara un mayor tránsito vehicular, correlacionando la riqueza y la abundancia de tardígrados en cada una de las ciudades involucradas con variables de tipo ambiental y demográfico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en cinco ciudades de la provincia de La Pampa; Alpachiri, Caleufú, Victorica, Santa Rosa y 25 de Mayo (fig. 1).

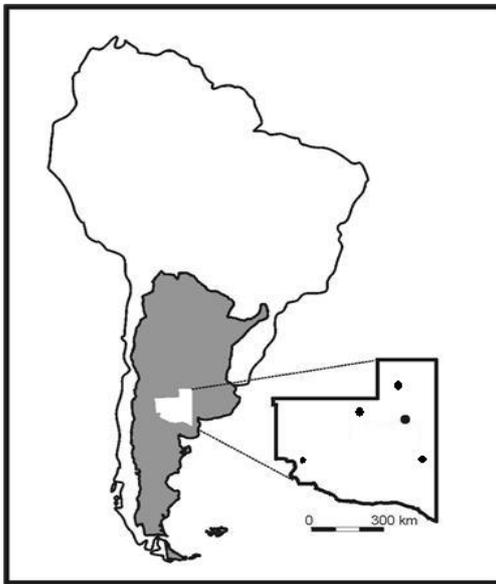


FIGURA 1. Mapa de América del Sur, Argentina y La Pampa, indicando la ubicación de las ciudades muestreadas.

Para cada ciudad se muestrearon comunidades epifíticas de un sitio periférico de una plaza, y un sitio central de la misma. Para cada sitio se muestrearon tres árboles, alcanzando un total de treinta muestras (seis por cada una de las cinco ciudades). En cada árbol se tomaron muestras que consistieron en 9 submuestras de almohadillas de musgos y/o líquenes. Las mismas se tomaron con un sacabocados circular de 11mm de diámetro interno a 1,40 m de altura y abarcaron 8 cm².

El tamaño de las muestras y submuestras se seleccionó siguiendo a Steiner (1994a). Las muestras se guardaron en bolsas de papel, registrándose el lugar, sustrato y fecha. Se realizó un registro de las condiciones meteorológicas, altitud, latitud, región fisiográfica y número de habitantes de cada ciudad, para analizar la relación entre esas variables y la estructura de la comunidad de tardígrados.

En el laboratorio se procedió a la rehidratación de las muestras; colocándolas en tamices de 1.5mm de abertura de malla, suspendidos en agua dentro de cápsulas de Petri. Transcurrido como mínimo 24 hs. se observaron los especímenes en vivo bajo lupa. Los tardígrados y su fauna acompañante (rotíferos, nematodos) se extrajeron de las muestras con micropipetas. Luego se provocó la muerte por asfixia, llevándolos a estufa a 50°C durante 25 minutos. A continuación y corroborando que los especímenes estuviesen totalmente relajados se colocaron en formol 10% neutralizado y posteriormente se realizó un montaje en medio de Faure o Polivinil Lactofenol. Por último se observaron con un microscopio binocular.

La identificación de los tardígrados se realizó siguiendo el esquema propuesto por Ramazzotti & Maucci (1983) y con trabajos actualizados de otros autores.

Para analizar los datos obtenidos, se utilizaron los programas estadísticos BioDiversity PRO y PAST para realizar un análisis descriptivo (media, desviación estándar, coeficiente de variación, matriz de correlación), Análisis de Componentes Principales, determinar Índices de Diversidad de Shannon-Wiener's, y Simpson (1/D) (Magurran 2004), efectuar Análisis de Clusters para clasificar los sitios de acuerdo a la composición de las taxocenosis de tardígrados y se utilizó el Método de Hutcheson para comparar la diversidad entre los sitios analizados y entre las ciudades.

Características y ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en cinco ciudades de la provincia de La Pampa: Alpachiri, Caleufú, Victorica, Santa Rosa y 25 de Mayo, ubicadas en las distintas regiones fisiográficas (fig. 2), y presentan las siguientes características:

La ciudad de **Alpachiri** (37°22'00"S 63°46'00"O), se encuentra a una altitud de 145 msnm. Pertenece a la Región Oriental de la provincia de La Pampa. De acuerdo a los últimos datos censales del año 2.001, la ciudad cuenta con 1.793 habitantes. Se caracteriza por su clima sub-húmedo - seco, con un promedio anual de precipitaciones de 821 mm. (Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa).

La ciudad de **Caleufú** (35°07'60"S 64°31'60"O), se encuentra situada a una altitud de 178 msnm. Pertenece a la Región Central de la provincia de La Pampa. De acuerdo a los últimos datos censales del año 2.001, la ciudad cuenta con 2.121 habitantes. Se caracteriza por su clima semi-árido, con un promedio anual de precipitaciones de 982 mm. (Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa).

La ciudad de **Victorica** (36°13'00"S 65°27'00"O), se sitúa a 278 msnm. Pertenece a la Región Central de la provincia de La Pampa. De acuerdo a los últimos datos censales del año 2.001, la ciudad cuenta con 5.432 habitantes. Se caracteriza por su clima semi-árido, con un promedio anual de precipitaciones de 684 mm. (Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa).

La ciudad de **Santa Rosa** (36°37'00"S 64°16'60"O), se sitúa a 175 msnm. Pertenece a la Región Oriental de la provincia de La Pampa. De acuerdo a los últimos datos censales del año 2.001, la ciudad cuenta con 94.340 habitantes. Se caracteriza por su clima sub-húmedo - seco, con un promedio anual de precipitaciones de 761 mm. (Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa).

La ciudad de **25 de Mayo** (37°47'60"S 67°41'00"O), se encuentra a una altitud de 320 msnm. Pertenece a la Región Occidental de la provincia de La Pampa. De acuerdo a los últimos datos censales del año 2.001, la ciudad cuenta con 5.948 habitantes. Se caracteriza por su clima árido - semi-árido, con un promedio anual de precipitaciones de 257,12 mm. (Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa).

Las regiones fisiográficas de la provincia mencionadas más arriba, se diferencian por características de clima, geomorfología, edafología y vegetación.

En la **Región Central**, el clima (régimen hídrico) es semiárido. El paisaje se compone de médanos, planicies y cordones arenosos intercalados con mesetas residuales, se originó como consecuencia de la acción fluvial de los ríos Atuel y Salado y la intensa

acción eólica sobre la primitiva pediplanicie. Los suelos formados a partir de sedimentos arenosos son algo más evolucionados, observándose cierta diferenciación de horizontes. En el sector vinculado con las planicies aluviales es común la presencia de sales (predominan Entisoles). La vegetación está compuesta de pastizales sammófilos, matorrales halófilos, arbustales perennifolios y bosques abiertos caducifolios. .
<http://www.lapampa.edu.ar/recursosnaturales/pdfs/regiones.pdf>

La **Región Oriental**, posee un clima subhúmedo seco. El paisaje actual modelado por acciones hídricas y eólicas sobre la pediplanicie, originó mesetas, valles, colinas y planicies. Los suelos tienen una mayor evolución, sus horizontes están claramente diferenciados y se aprecia una ganancia en el contenido de materia orgánica. La vegetación está compuesta de cultivos, pastizales bajos, bosques abiertos caducifolios y pastizales sammófilos. (<http://www.lapampa.edu.ar/recursosnaturales/pdfs/regiones.pdf>)

En la **Región Meridional**, el clima es semiárido. El paisaje es heterogéneo; en la parte Este se presentan mesetas, pendientes, depresiones y salitrales o lagunas; en la parte Centro-Oeste son comunes los afloramientos rocosos y áreas afectadas por diseños de drenaje dendrítico; por último en el SE predominan mesetas y bajos sin salida. Los suelos están asociados entre los poco evolucionados (Entisoles) con evolucionados (Molisoles). La vegetación se compone fundamentalmente de arbustales perennifolios, pastizales bajos, pastizales sammófilos y bosque abierto caducifolio. (<http://www.lapampa.edu.ar/recursosnaturales/pdfs/regiones.pdf>).

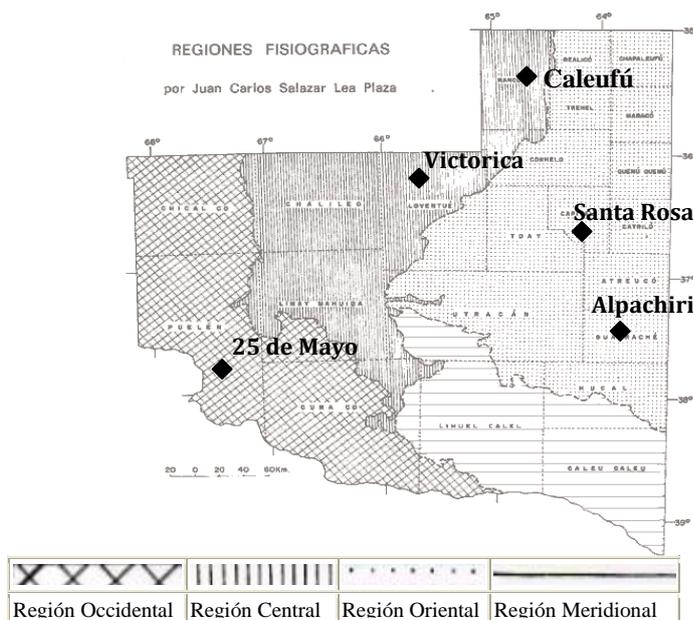


FIGURA 2. Regiones fisiográficas de la provincia de La Pampa y ciudades muestreadas.

Por último, la **Región Occidental**, se caracteriza por tener un clima de árido a semiárido. Su paisaje está compuesto por amplias planicies recortadas y controladas por sedimentos superficiales bien consolidados (costras calcareas, basaltos y rodados).

Superficialmente esta región está cubierta por una delgada capa arenosa que constituye, en términos generales, el material originario de los suelos; los mismos son muy poco desarrollados y

no tienen diferenciación apreciable de horizontes (predominan Aridisoles). La vegetación se compone de arbustales abiertos bajos y matorrales semidesérticos.

RESULTADOS

De un total de 30 muestras analizadas, la presencia de tardígrados se evidenció en 16 de ellas (53,3 %). Se registraron 495 tardígrados, distribuidos en 4 géneros y 4 especies. Los géneros encontrados fueron *Echiniscus* (heterotardígrado), *Macrobotus*, *Milnesium* y *Ramazzottius* (eutardígrados). Las especies encontradas fueron: *Milnesium cf. tardigradum*, *Ramazzottius oberhaeuseri*, *Macrobotus sp.* y *Echiniscus rufoviridis*.

Especies registradas

I- Echiniscus rufoviridis

Presente en 7 de las 30 muestras analizadas, encontrándose sólo en árboles situados en las plazas, siendo el único género que se encuentra solamente en las plazas.

II- Macrobotus sp

Presente en 7 de las 30 muestras analizadas, encontrándose principalmente en árboles situados en las plazas.

III- Milnesium cf. tardigradum

Presente en 12 de las 30 muestras analizadas, tanto en plazas como en calles.

IV- Ramazzottius oberhaeuseri

Presente en 4 de las 30 muestras analizadas, presentando una mayor abundancia en árboles situados en las plazas, con respecto a aquellos situados en las calles.

Diversidad de tardígrados

En todos los casos, la riqueza de tardígrados fue mayor en las plazas (Tabla N°1). Respecto a la abundancia, ésta también fue más alta en las plazas, excepto para el género *Milnesium*, el cual presentó una mayor abundancia relativa en las calles. Los géneros más abundantes, teniendo en cuenta el total de los muestreos realizados, fueron *Echinischus* (248) y *Milnesium* (121) (Tabla N°2).

TABLA N° 1. Riqueza y abundancia de tardígrados en plazas y calles de cada ciudad analizada.

Ciudades/especies	<i>Echiniscus</i>		<i>Macrobiotus</i>		<i>Milnesium</i>		<i>Ramazzotius</i>		Total	Riqueza
Alpachiri	TP	2	TP	1	TP	36	TP	10	49	4
	TC	0	TC	0	TC	7	TC	1	8	2
Caleufú	TP	2	TP	54	TP	0	TP	0	56	2
	TC	0	TC	0	TC	1	TC	0	1	1
Santa Rosa	TP	177	TP	7	TP	6	TP	6	196	4
	TC	0	TC	6	TC	69	TC	0	75	2
25 de Mayo	TP	0	TP	0	TP	0	TP	0	0	0
	TC	0	TC	0	TC	0	TC	0	0	0
Victorica	TP	65	TP	0	TP	2	TP	41	108	3
	TC	2	TC	0	TC	0	TC	0	2	1

TABLA N° 2. Abundancia relativa de tardígrados en las distintas ciudades y sitios

Ciudades/Géneros	<i>Echiniscus</i>	<i>Milnesium</i>	<i>Macrobiotus</i>	<i>Ramazzotius</i>
Alpachiri Plaza	4,1	73,5	2,0	20,4
Alpachiri Calle	0,0	87,5	0,0	12,5
Caleufú Plaza	3,6	0,0	96,4	0,0
Caleufú Calle	0,0	100,0	0,0	0,0
Santa Rosa Plaza	90,3	3,1	3,6	3,1
Santa Rosa Calle	0,0	92,0	8,0	0,0
Victorica Plaza	60,2	1,9	0,0	38,0
Victorica Calle	100,0	0,0	0,0	0,0

En la ciudad de 25 de Mayo no se registraron tardígrados por lo que dicha localidad queda excluida de los análisis estadísticos.

La ciudad que presentó mayor diversidad de tardígrados fue Santa Rosa. En la misma se encontraron representados los 4 géneros, siendo predominante *Echiniscus*, mientras que el resto de los géneros fueron hallados en cantidades relativamente bajas y similares entre sí.

La ciudad de Victorica, presentó una alta abundancia relativa de tardígrados, distribuidos en 3 géneros, de los cuáles *Echiniscus*, al igual que en la ciudad Santa Rosa, fue el más abundante.

En lo que respecta a la ciudad de Caleufú, presentó una abundancia total de tardígrados relativamente menor, teniendo en cuenta las localidades mencionadas anteriormente, y casi en su totalidad predomina el género *Macrobiotus*.

Por último, la localidad de Alpachiri presentó una abundancia de tardígrados similar a la encontrada en Caleufú, pero en este caso, predomina el género *Milnesium*. La riqueza de tardígrados fue similar a la encontrada en la ciudad de Santa Rosa.

De lo anterior se desprende que la mayor riqueza de tardígrados se encontró en las ciudades de Santa Rosa y Alpachiri, ambas ciudades situadas en la misma región fisiográfica, mientras que en términos de abundancia de tardígrados, ésta fue mayor en Santa Rosa y Caleufú.

Los resultados obtenidos con el método denominado PAST sugieren que la presencia del género *Echiniscus* parece estar más relacionado con variables como la antigüedad y el número de habitantes de las ciudades, ya que su abundancia es relativamente mayor en Santa Rosa y Victorica, ciudades que presentan el mayor número de habitantes y la mayor antigüedad, mientras que la presencia del género *Macrobotus* parece estar más relacionada con las precipitaciones, ya que se encuentra principalmente en Caleufú, ciudad que presenta el mayor promedio anual de precipitaciones.

En el caso de *Milnesium*, su presencia parece ser independiente de las variables antes mencionadas, mientras que *Ramazzottius* tendría un comportamiento similar al de *Echiniscus* (Fig. 3).

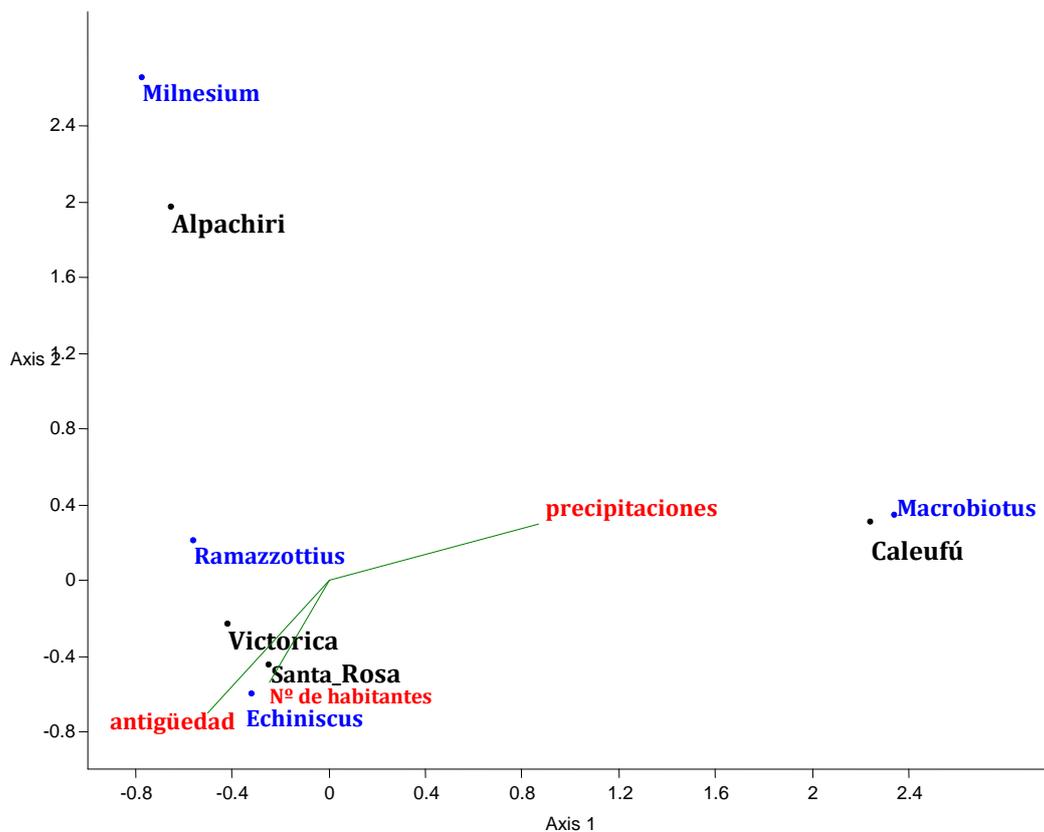


FIGURA 3. Análisis de Correspondencia Canónica utilizando distintas variables ambientales.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El primer componente principal (CP1) tiene la mayor correlación positiva con *Milnesium* y *Echiniscus*, mientras que tiene correlación negativa con *Macrobiotus*. Es decir, que los géneros mejor representados en este componente son *Milnesium* y *Echiniscus*. En cuanto al segundo componente principal (CP2), tiene la mayor correlación positiva con *Milnesium* y *Macrobiotus*, siendo éstos, los mejores representados en el CP2, mientras que tiene correlación negativa con *Ramazzottius* (Tabla 3).

TABLA N° 3. Componentes principales para las distintas variables.

Variable	PC1	PC2	PC3
Milnesium	0,57883	0,42677	0,35741
Macrobiotus	-0,53235	0,45338	-0,51163
Echiniscus	0,59717	0,19116	-0,72645
Ramazzotius	0,15793	-0,7588	-0,28768
Variable	PC1	PC2	PC3
Alpachiri	27,28906	10,84023	10,23968
Caleufú	-26,97351	25,29145	-28,72366
Victorica	47,64331	-17,44951	-59,7522
Santa Rosa	143,67194	66,73077	-109,64088

Índices de Diversidad

Los valores de los índices de diversidad coincidieron en señalar a la ciudad de Santa Rosa como la más diversa, y la ciudad de Caleufú como la ciudad menos diversa (Tabla N° 4). Al comparar estadísticamente la diversidad observada entre ambos sitios (plaza y calle) de una misma ciudad, se detectó que en la ciudad de Alpachiri y en la ciudad de Santa Rosa, no hay diferencia entre la diversidad de tardígrados en árboles situados en la plaza con respecto a la que se encuentra en árboles situados en la calle. En cambio, en las ciudades de Caleufú y Victorica, la diversidad de tardígrados presente en la plaza no es la misma que la diversidad que se encuentra en árboles situados en la calle de dichas ciudades (Tabla N° 5).

Al comparar la diversidad observada entre las distintas ciudades, se detectó que no existe diferencia entre la ciudad de Alpachiri y la ciudad de Victorica, mientras que sí existe diferencia entre Alpachiri y el resto de las ciudades muestreadas.

En la ciudad de Santa Rosa, la diversidad de tardígrados es distinta de la que se encuentra en las ciudades de Victorica y Caleufú. A su vez, al comparar estas dos últimas ciudades entre sí, se observa que existen diferencias en la diversidad presente en las plazas de dichas ciudades (Tabla N° 6).

TABLA N° 4. Diversidad de tardígrados para cada ciudad muestreada, calculada con los índices de Diversidad de Simpson y de Shannon

Ciudades	Alpachiri	Caleufú	Victorica	Santa Rosa
Riqueza	4	3	3	4
Simpson	1,664	1,115	1,977	1,97
Shannon	0,312	0,104	0,323	0,372

TABLA N° 5. Comparación de los valores de Hutcheson obtenidos entre ambos sitios de muestreo de una misma ciudad.

Sitios	t ^a H	gl ^b	Probabilidad ^c
A p /A c	1,486	974	n.s.
Cp /C c	1,885	56	n.s.
SR p /SR c	1,402	934	n.s.
V p/ V c	15,600	108	n.s.

a Estadístico Hutcheson (Hutcheson, 1970).

b grados de libertad.

c n.s. P>0,05

A: Alpachiri, C: Caleufú, SR: Santa Rosa, V: Victorica

TABLA N° 6. Comparación de los valores de Hutcheson obtenidos entre distintas ciudades.

Ciudades	t H	gl	Probabilidad
A_p/C_p	4,124	102,5	n.s.
A_p/SR_p	2,383	86,7	n.s.
A_p/V_p	0,104	65,1	n.s.
C_p/SR_p	-2,508	169,6	n.s.
C_p/V_p	-6,260	101	n.s.
SR_p/V_p	-3,790	419,8	n.s.

n.s. P>0,05

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten inferir que la presencia de tardígrados en ciudades pampeanas estaría relacionada con variables de tipo ambiental y demográfico.

En cada una de las ciudades muestreadas, se observó un mayor número de especies de tardígrados en los árboles situados en el interior de las plazas con respecto a aquellos situados en las calles. Ello sugiere que el efecto del tránsito vehicular decrece abruptamente a medida que aumenta la distancia desde la calle. Los gases presentes en el combustible de calentadores domésticos y automóviles (SO₂ y el NO) pueden modificar la estructura de las comunidades, generando un cambio en la proporción de los grupos tróficos dentro de las comunidades de los musgos, afectando posiblemente a la diversidad de tardígrados presentes en dichas comunidades.

El hecho de que en las plazas se encuentre una mayor riqueza de tardígrados, coincide con resultados obtenidos por diversos autores, según los cuales se produce una simplificación de comunidades de tardígrados medidas como una pérdida de especies, en respuesta a un incremento en la polución del aire. Así, los tardígrados podrían ser considerados importantes indicadores potenciales de la calidad del aire.

La ausencia de tardígrados en la ciudad de 25 de Mayo, podría ser consecuencia de las bajas precipitaciones que ocurren (promedio anual de 257 mm). Sin embargo, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones, se encuentran presentes tardígrados tolerantes a la desecación, constituyéndoles dicha tolerancia una gran ventaja, debido a que se encuentran libres de posibles competidores y predadores no tolerantes a la desecación, e incluso de hongos que pueden infectarlos, la ausencia total de tardígrados en 25 de Mayo, estaría más relacionada con otros factores, sean estos bióticos o ambientales.

La presencia de tardígrados del género *Milnesium* tanto en plazas como en calles, y su abundancia en las distintas ciudades, podría ser consecuencia de una alta tolerancia a las condiciones ambientales.

Si bien la presencia de la especie *Echiniscus rufoviridis* parece estar más relacionada con variables de tipo demográfico, como la antigüedad y el número de habitantes de las ciudades, que con variables de tipo ambiental, la gran cantidad de tardígrados de esta especie en las plazas podría deberse a la mayor humedad relativa que presenta dicho sitio, con respecto a los árboles situados en las calles, los cuales se encuentran expuestos a una mayor desecación y polución del aire.

En el caso de la ciudad de Santa Rosa, hay una gran cantidad de tardígrados pertenecientes a la especie *Echiniscus rufoviridis* en la plaza, estando totalmente ausente en las calles, mientras que los tardígrados de la especie *Milnesium cf. tardigradum*, son relativamente escasos en la plaza, siendo más abundantes en la calle en donde además la presencia de otras especies es muy escasa. Ello podría deberse a que *M. cf. tardigradum*

podría ser una especie capaz de sobrevivir en hábitats en donde otras especies menos tolerantes a determinadas condiciones abióticas. En relación a ello, los cambios en la densidad de población han sido correlacionados con factores ambientales, como la polución del aire y la disponibilidad de alimento, y factores bióticos, como la competencia, la depredación y el parasitismo. En este sentido, puede ocurrir que alguno de estos factores esté influenciando la presencia casi exclusiva de *Milnesium* en las calles de la ciudad de Santa Rosa.

La similitud en la diversidad de tardígrados entre algunas de las ciudades estudiadas, sugiere que éstos podrían ser útiles para poner en evidencia la existencia del proceso de homogenización biótica vinculado a la urbanización.

Sólo la especie *Milnesium cf. tardigradum* podría ser considerada tolerante a la polución debido al tránsito vehicular, ya que sus poblaciones aumentan en sitios de alto tránsito en la ciudad de Santa Rosa. En cambio, las especies *Ramazzottius oberhaeuseri*, *Macrobotus sp.*, y *Echiniscus rufoviridis*, parecen ser afectadas por un relativamente alto tránsito, aunque, debido a las interacciones existentes entre la polución del aire y las variables naturales y antropogénicas, es difícil definir el rol para un único factor.

De las cuatro especies registradas, una de ellas (*Macrobotus sp.*) es probable que sea nueva para la ciencia, por lo que seguirá siendo estudiada para su identificación.

El presente trabajo representa una pequeña contribución al conocimiento de la tolerancia de las especies a determinadas condiciones ambientales, constituyendo un análisis exploratorio a partir del cual se generan una serie de interrogantes, por lo que se requerirá de futuras investigaciones para responder a ellos. Asimismo, es necesario indagar acerca del rol que desempeña la urbanización sobre la biota que habita ecosistemas urbanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguinaldo, A.M.A., Turbeville, J.M., Linford, L.S., Rivera, M.C., Garey, J.R., Raff, R.A. & Lake, S.A. 1997 Evidence for a clade of nematodes, arthropods and other moulting animals. *Nature*, 387, 489–493.
- Bertolani, R. 1990. Tardigrada. Pp. 49-60. In: K.G. & R. Adiyodi (Eds.), *Reproductive biology of invertebrates, Vol. IV, Part B, Fertilization, development and parental care*. Oxford & IBH Publ. Oxford.

- Claps, M. C. & G. C. Rossi. 1984 a. Contribución al conocimiento de los Tardígrados de Argentina. IV. *Acta Zool. Lilloana* 38 (1), 45-50.
- Claps, M.C. & G. C. Rossi. 1984 b. Contribución al conocimiento de los tardígrados de Argentina. II. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 40 (1-4), 107-114
- Claps, M.C. & G.C. Rossi. 1997. Tardígrados de Uruguay, con descripción de dos nuevas especies (Echiniscidae, Macrobiotidae). *Iheringia*, Sér. Zool. Porto Alegre 83, 17-22.
- Claps, M. C. & G. C. Rossi. 2002. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. III. *Universidad Nacional Autónoma de México* 171-185
- Claps, M. C. & G. C. Rossi. 2005. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, Vol. 2.
- Fernández, M.L., J.R. Peluffo & M.C. Moly de Peluffo. 2003. Population Dynamycs of *Dactylobiotus grandipes* Schuster *et al.*, 1977 (Tardigrada) in a Neotropical Eutrophic Pond. *Abstracts of 9th International Symposium on Tardigrada*, St. Pete Beach, Florida, USA, p. 21.
- Fernández, M.L., J.R. Peluffo & M.C. Moly de Peluffo. 2006. Lista preliminar de tardígrados de las ciudades de Salta, Trenque Lauquen y Bahía Blanca. *Resúmenes de las IX Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*, septiembre de 2006, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, p. 35.
- Figuroa E & J Simonetti (eds) (2003). Biodiversidad y globalización. *Editorial Universitaria*, Santiago, Chile. 327 pp.
- Jönsson, K.I., et al., 2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Curr Biol*. 2008 Sep 9;18 (17):R729-R731.
- Kinchin, I. 1994. *The Biology of Tardigrades*. Portland Press, 186 p., Londres.
- Magurran, A.E. 2004 *Measuring Biological Diversity*. Ediciones Blackwell. Oxford.
- Mckinney, M.L. & Lokwood, J.L., 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends Ecol. Evol.* 14, 450-453.
- McKinney, M.L., 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biol. Conserv.* 127, 247-260.
- Meininger, C. A., Vetz, G.W. & Snider, J. A., 1985. Variation in epiphytic microcommunities (tardigrade-lichen-bryophyte assemblages) of the Cincinnati, Ohio area. *Urban Ecology*, 9 (1), 45-61.

- Moly de Peluffo, M.C, J.R. Peluffo, A.M. Rocha & M.I. Santa Juliana. 1999. Tardígrados muscícolas de la ciudad de Santa Rosa y alrededores (La Pampa, Argentina). *Actas de las VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*, Santa Rosa, p. 50.
- Moly de Peluffo, M.C, J.R. Peluffo, A.M. Rocha & I.L. Doma. 2003. Tardigrade Distribution in a Medium-sized City of Central Argentina. *9th International Symposium on Tardigrada*, St. Pete Beach, Florida, USA, p. 47.
- Moly de Peluffo, M.C., J.R. Peluffo, A.M. Rocha & I.L. Doma. 2006. Tardigrade Distribution in a Medium-sized City of Central Argentina. *Hydrobiologia*, 558, 141-150.
- Nelson, D.R. 1991. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Tardigrada. Ch. 15. In: J.H Thorp and A.P. Covich, eds *Academic Press*, Inc. pp. 501-521.
- Nelson, D.R. & McInnes S. J. 2002. Tardigrada. *Freshwater Meiofauna: Biology and Ecology*, pp. 177-215.
- Olden, J.D., & Poff, N.L., 2003. Toward a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. *Am. Nat.* 162, 442-460.
- Olden, J.D., & Rooney, T.P., 2006. On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecol. Biogeogr.* 15, 113-120.
- Peluffo, J.R., M.C. Moly de Peluffo, I.L. Doma & A.M. Rocha. 2002. Distribución y abundancia de organismos meiofaunales muscícolas de la ciudad de General Pico (La Pampa, Argentina). *VIII Jornadas de Ciencias Naturales*: 171-174. Santa Rosa, La Pampa.
- Peluffo, J.R., M.C. Moly de Peluffo & A.M. Rocha. 2006^a Comparative morphometrics of populations of *Macrobiotus areolatus* Murray (Eutardigrada, Macrobiotidae) from two neotropical cities. “*X Symposium International of Tardigrada*”. Catania (Italia).
- Peluffo, J.R., M.C. Moly de Peluffo, A.M. Rocha & I. L. Doma. 2006 b. Variación espacio-temporal de ensambles de tradígrados de una ciudad mediana de la Región Neotropical. *XXII Reunión Argentina de Ecología*, Córdoba.
- Peluffo, J.R., A.M. Rocha & M.C. Moly de Peluffo. 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., M. G. Binda & Oscar Lisi. 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. Terza edizione riveduta e corretta. *Memorie dell'Isituto Italiano di Idrobiologia Dott. Marco De Marchi*, 41, 1–1012.
- Rocha, A.M., M.F. Izaguirre, M.C. Moly de Peluffo, J.R. Peluffo & V.H. Casco. 2002. Ultraestructura de la cutícula de *Echiniscus rufoviridis* du Bois-Raymond Marcus, 1944 (Tardigrada). *VIII Jornadas de Ciencias Naturales: 195-197*. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Resumen ampliado.
- Séméria, Y., 1981. Recherches sur la faune urbaine et sub-urbaine des tardigrades muscicoles et lichenicoles. 1. Nice-Ville. *Bul. Mensuel Soc. Linnéene de Lyon*, 50 (7), 231-237.
- Séméria, Y., 1982. Recherches sur la faune urbaine et sub-urbaine des tardigrades muscicoles et lichenicoles. 2. L'espace sub-urbain: les hauturs orientales de Nice-Ville. *Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon* 51 : 315-328.
- Steiner, W.A. 1994a. The influence of air pollution on moss-dwelling animals: 1. Methodology and composition of flora and fauna. *Revue de Zoologie*, 101(2), 533-556.
- Steiner, W.A. 1994b. The influence of air pollution on moss-dwelling animals: 2. Aquatic fauna with emphasis on Nematoda and Tardigrada. *Revue de Zoologie*, 101(3), 699-724.
- Steiner, W.A. 1994c. The influence of air pollution on moss-dwelling animals: 4. Seasonal and long-term fluctuations of rotifer, nematode and tardigrada populations. *Revue de Zoologie*, 101(4), 1017-1031.
- Utsugi, K., 1986. Urban tardigrades in Kyushu. *Zoological Science* 3: 1110.
- Vargha, B. 1998. Effect of the environmental change during a half century to the Tardigrada fauna of Tihany Pnninsula, Central Hungary. *Janus Pannonius Muz. Ev.*, 41-42: 27-36.
- Vargha, B., Otvos, E., & Tuba Z. 2002. Investigations on ecological effects of heavy metal pollution in Hungary by moss-dwelling water bears (Tardigrada) as bioindicators. *Ann. Agric. Envirom. Med.* 9, 141-146.

Wright, J.C., P. Westh and H. Ramlov. 1992. Cryptobiosis in Tardigrada. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 67: 1-29.

Wright, J.C. 2001. Cryptobiosis 300 Years on from van Leuwenhoek: What Have We Learned about Tardigrades? *Zoologischer Anzeiger*, 240(3-4):563-582.

<http://www.lapampa.edu.ar/recursosnaturales/pdfs/regiones.pdf>