

## Moluscos terrestres en áreas de deslizamientos y endicamientos de montaña (Tucumán, Argentina)

MARÍA J. MIRANDA<sup>1,2,✉</sup>; MARÍA DE LOS Á. TABOADA<sup>3,4</sup> & IGOR J. C. GAVRILOFF<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. <sup>2</sup>Instituto de Biodiversidad Neotropical, IBN (CONICET-UNT). <sup>3</sup>Instituto de Ecosistemas de Aguas Continentales, Fundación Miguel Lillo. <sup>4</sup>Unidad Ejecutora Lillo, UEL (CONICET-FML).

**RESUMEN.** La combinación del relieve montañoso y las precipitaciones intensas genera condiciones propicias para los movimientos en masa en las laderas. Estos movimientos juegan un papel clave en la naturaleza, con efectos sobre la función y la diversidad de los ecosistemas. Los gasterópodos son organismos excelentes para estudiar los efectos de las perturbaciones naturales y antropogénicas debido a su abundancia, diversidad, sensibilidad a factores ambientales y su baja capacidad de dispersión. Los objetivos de este estudio fueron realizar un relevamiento taxonómico de los gasterópodos terrestres en áreas sujetas a deslizamientos de laderas y endicamientos, y comparar la riqueza y la diversidad de especies con las de áreas circundantes de altura y vegetación similares, no sujetas a este disturbio. Se llevaron a cabo muestreos con recolección manual de especímenes y toma de muestras de suelo. Se identificaron un total de 22 especies pertenecientes a 18 géneros y 12 familias. En los sitios con deslizamientos se registró la menor riqueza y abundancia de especímenes, y la mayor diferenciación taxonómica. Los resultados obtenidos en este estudio sobre el posible efecto de los deslizamientos y endicamientos en la diversidad de este grupo deben considerarse preliminares, ya que es necesario continuar el monitoreo de las tendencias poblacionales a largo plazo.

[Palabras clave: gasterópodos, ecología, biodiversidad, Yungas, agente natural de disturbio]

**ABSTRACT.** Land snails in landslides-dammed mountain areas (Tucumán, Argentina). The combination of mountain landforms and heavy precipitations generates favorable conditions for landslides, which play an important role in nature, with effects on ecosystem function and diversity. Gastropods, due to their abundance, diversity, sensitivity to environmental factors and low dispersibility, are excellent organisms to study the effects of natural and anthropogenic perturbations. The objectives of this study were to conduct a taxonomic survey of terrestrial gastropods in areas subjected to landslides dam and to compare species richness and diversity with surrounding areas of similar height and vegetation, not affected by this disturbance. We conducted manual collection of specimens and sampled soil. A total of 22 species, belonging to 18 genera and 12 families were identified. The lowest richness and abundance of specimens, along with the highest taxonomic differentiation, occurred in the landslide sites. These results on the potential effect of landslides and embankments on the diversity of land snails should be considered preliminary due to the need to continue monitoring the long-term population trends.

[Keywords: gastropod, ecology, biodiversity, Yungas, natural disturbance agent]

### INTRODUCCIÓN

En la provincia de Tucumán, la selva de Yungas se extiende en forma de estrecha faja por el sector oeste, donde predominan el relieve montañoso y las precipitaciones intensas (900 a más de 2000 mm anuales). La combinación de estos factores genera condiciones propicias para el desencadenamiento de fenómenos geomorfológicos como los movimientos de remoción en masa en las laderas o deslizamientos (*landslides*). Este tipo de disturbio es frecuente en el bosque montano inferior, uno de los pisos altitudinales que componen las Yungas (Grau 2005; Fernández 2009). Los movimientos de remoción en masa son parte de los procesos erosivos que modelan el relieve de la superficie de

la Tierra. Éstos se originan por procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y actúan sobre las laderas, desestabilizándolas y cambiando el relieve hacia una condición más plana (Busnelli 2012). Se caracterizan por una remoción completa del suelo, roca, detritos y material vegetal, en la que el agente de transporte fundamental es la fuerza de gravedad; así se crea un ambiente con marcadas diferencias respecto al bosque circundante. Por tal motivo, suelen percibirse como amenazas naturales o ambientales y generalmente se estudian en relación con los riesgos que representan sobre la degradación de la tierra, daños materiales y víctimas humanas. Sin embargo, se ha

Editora asociada: Mariana Meerhoff

✉ [miramandajo@csnat.unt.edu.ar](mailto:miramandajo@csnat.unt.edu.ar)

Recibido: 1 de Enero de 2022

Aceptado: 11 de Mayo de 2022

prestado relativamente menos atención a los impactos que estos deslizamientos provocan en el medio ambiente natural y su papel en la ecología de perturbaciones (Schuster and Highland 2007).

Este tipo de proceso juega un papel importante en la naturaleza, con efectos negativos severos y duraderos sobre los ecosistemas, pero también puede influir de forma positiva sobre su función y su biodiversidad. Esto plantea interesantes interrogantes sobre su doble función en los paisajes montañosos (Restrepo et al. 2009). Si bien son agentes destructivos que cambian, perturban y modifican el paisaje, lo cual resulta costoso en términos de recursos naturales, su efecto positivo o negativo puede depender de la gravedad de la perturbación y de la heterogeneidad espacial resultante, así como de los ciclos de vida y las interacciones de las especies (Shiels and Walker 2013). Podemos mencionar ejemplos de efectos negativos, tales como la contaminación de cuerpos de agua con exceso de sedimentos o la generación de represamientos, lo que afecta la calidad del agua y el hábitat de la biota que allí se desarrolla. Asimismo, pueden arrasar grandes extensiones de bosque y eliminar los suelos productivos de las pendientes. Su ocurrencia, sin embargo, puede representar un aporte de sedimentos a los cursos de agua, lo que resulta importante en el ciclo de nutrientes, uno de los servicios ecosistémicos cruciales (efecto positivo). Además, son productores de heterogeneidad espacial a través de procesos erosivos y de deposición. Así se generan dos tipos de ambientes: una zona superior de remoción de material (escarpes de deslizamientos) y una inferior de acumulación. En la porción superior suele quedar expuesta la roca madre, sin suelo ni materia vegetal, con alta irradiación, déficit de humedad y mayores oscilaciones de temperatura y humedad. En la región inferior se produce la acumulación de material coluvial anegado y se encuentran semillas, suelo y material vegetal transportado desde el lugar de remoción y puede darse la formación de lagunas o endicamientos naturales (Grau 2005; Fernández 2009; Geertsema et al. 2009; Pop and Chitu 2013). El conjunto deslizamiento-endicamientos (*landslide-dams*) más el cuerpo de agua se estudian en la actualidad como una unidad geomorfológica individual destacada en los relieves montañosos (Cencetti et al. 2020; Fan et al. 2020). A nivel de paisaje, los deslizamientos actúan como factores de perturbación y tienen

un papel fundamental en la impronta de la estructura de la vegetación al crear hábitats discontinuos remanentes de pocos árboles aislados, rodeados de áreas de remoción; esto garantiza un aumento de la diversidad espacial y funcional (efecto positivo) (Grau 2005; Alexandrowicz and Margielewski 2010; Pop and Chitu 2013). Asimismo, los cambios en la topografía, en las propiedades del suelo y en la vegetación dan forma a una brecha entre los deslizamientos y el hábitat circundante, con posibilidad de asentamiento para diferentes comunidades del suelo (Remelli et al. 2019). Sin embargo, el aumento de la heterogeneidad estructural no siempre se percibe como beneficioso para mantener una biodiversidad rica, ya que puede facilitar la instalación de especies exóticas invasoras y disminuir la diversidad.

Los moluscos son un componente destacado de la biodiversidad global, y representan el segundo grupo animal más importante en cuanto a número de especies descritas. Dentro de este grupo, los gasterópodos son excelentes indicadores biológicos, ideales para estudios de los efectos de los disturbios naturales y antropogénicos en ambientes terrestres. Esto se debe a que son sensibles y dependientes de los cambios ambientales, como ser en la disponibilidad de agua en el ambiente (Strom et al. 2009; Douglas et al. 2013). En particular, los micromoluscos parecen ser susceptibles a las perturbaciones debido a su capacidad de dispersión muy limitada y por depender de microhábitats específicos (Kappes et al. 2006). Si se alteran las condiciones locales, los gasterópodos deberían estar entre los primeros organismos en mostrar una respuesta medible (Meyer et al. 2013; Fortunato 2015). Las tendencias en abundancia pueden revelar cuán resistentes son las poblaciones de gasterópodos a las condiciones ambientales cambiantes y permitir predecir qué especies podrían ser más susceptibles a nuevas perturbaciones. En este contexto, los cambios en la diversidad ilustran cómo se ve afectado el conjunto de gasterópodos, lo que puede ayudar a predecir si es probable que futuras perturbaciones sean responsables de extinciones locales (Bloch 2012).

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto multidisciplinario que busca establecer la relación entre procesos geomorfológicos y bióticos, y también comparar la biota actual con la fósil (Holoceno)

presente en el área de estudio. Los objetivos de este estudio son 1) realizar un relevamiento taxonómico de los gasterópodos terrestres en áreas de Yungas sujetas a eventos de deslizamientos-endicamientos y de áreas circundantes de vegetación y altura similares, sin disturbios geológicos, 2) comparar la riqueza, la abundancia y la diferenciación taxonómica entre las áreas consideradas, y 3) examinar si hay diferencias en la composición de especies entre los ambientes estudiados. Este trabajo servirá como línea de base para futuros estudios de evaluación y monitoreo de tamaños poblacionales de moluscos, tendientes a analizar el efecto del disturbio en una escala temporal de varios años y contribuir con el planteamiento de estrategias de conservación de la biodiversidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

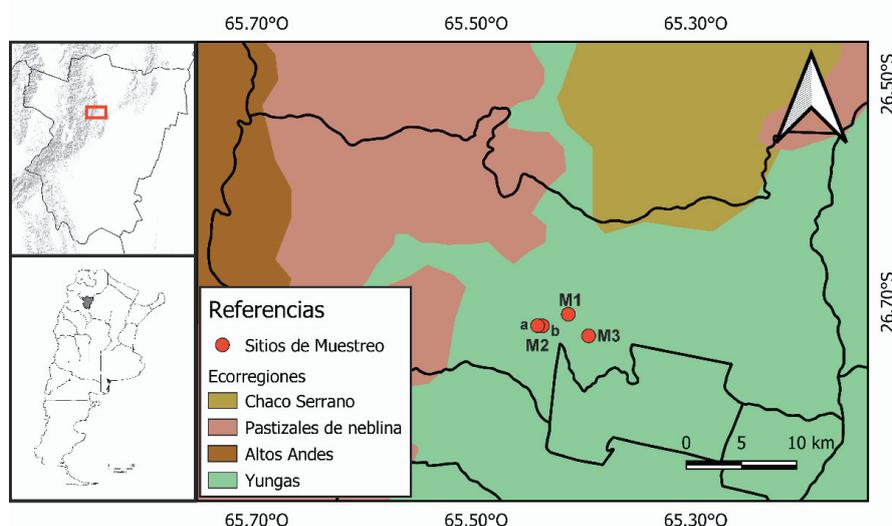
Se encuentra ubicada en el departamento Tafí Viejo, en la provincia de Tucumán (Figura 1). Abarca alturas comprendidas entre 1054 y 1266 m, correspondientes al piso de Selva Montana inferior (600-1400 m) de la ecorregión de Yungas (Olson et al. 2001) (Figura 1). Este piso altitudinal es el de mayor diversidad y abundancia de especies arbóreas; entre ellas, mirtáceas como *Cinnamomum porphyrium* (laurel del cerro), *Blepharocalyx salicifolius* (horco molle), *Juglans australis* (nogal), *Cedrela angustifolia* (cedro), *Parapiptadenia excelsa* (horco cebil), *Pisonia zapallo* (zapallo caspi), *Myrcianthes pungens* (mato), *Eugenia uniflora* (arrayán) y *Myrcianthes pseudomato*

(pseudomato), entre otras (Quiroga and Grau 2020).

Para evaluar el posible impacto de los deslizamientos de ladera sobre la riqueza y la diversidad de especies, los 6 sitios de muestreo (M) fueron agrupados en 3 categorías (ambientes): 1) áreas sujetas a deslizamiento de laderas recientes, responsables de la formación de endicamientos naturales como consecuencia del ingreso de grandes masas de sedimentos desplazadas de manera súbita dentro de los cauces (M1) (El Siambón, 26°42'38.64" S - 65°24'58" O; 1266 m) (Figura 2a); 2) áreas naturales no sujetas a deslizamientos (M2), de altura, características y vegetación similar a la de los sitios disturbados (M2a: Raco, 26°43'16.25" S - 65°26'38.04" O; 1100 m; M2b: El Siambón, 26°43'16.9" S - 65°26'24" O; 1190 m) (Figura 2b, c) (la selección de estos sitios se debe a que la biodiversidad debe ser evaluada contra una condición de referencia, invariable respecto a la variabilidad ambiental [los deslizamientos]), y 3) áreas contiguas a un deslizamiento-endicamiento fósil de edad holocena, representado por afloramientos de sedimentos lacustres, constituidos por capas de pelitas, pelitas bituminosas, carbonatos y materia orgánica, con gran cantidad de fósiles de vertebrados e invertebrados (Moyano 2006) (M3) (Valle de La Sala, 26°43'51.20" S - 65°23'51.11" O; 1054 m) (Figura 2d).

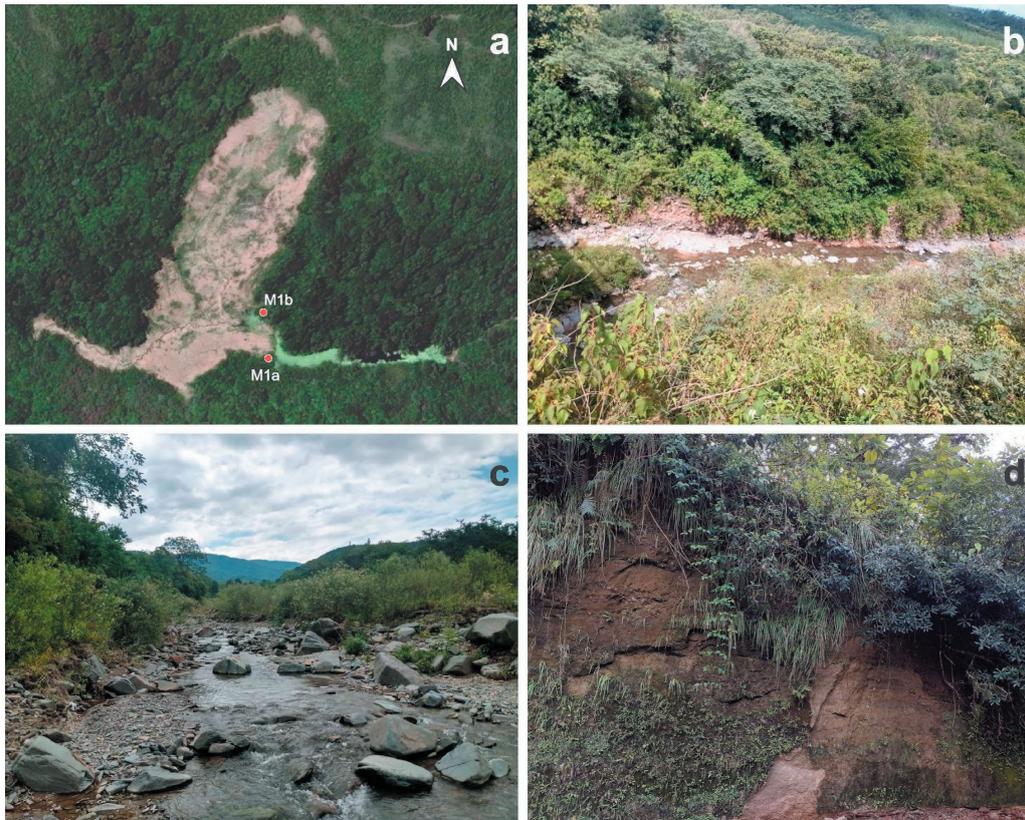
### Recolección de especímenes

Los muestreos fueron realizados entre noviembre de 2019 y marzo de 2021, coincidente con la época reproductiva de los gasterópodos terrestres. Para la recolección de



**Figura 1.** Área de estudio. Ubicación del departamento Tafí Viejo en la provincia de Tucumán. Localización de los sitios de muestreo en la ecorregión de Yungas (Olson et al. 2001).

**Figure 1.** Study area. Location of Tafí Viejo department in the province of Tucumán. Location of sampling sites in the Yungas ecoregion (Olson et al. 2001).



**Figura 2.** Sitios de muestreo. a) Imagen satelital mostrando la ubicación del área de muestreo, la remoción en masa en la ladera de montaña y el endicamiento formado como consecuencia del mismo (M1 a y b). b) Raco (M2a). c) El Siambón (M2b). d) Afloramiento de sedimentos lacustres de edad holocena, Valle de La Sala (M3).

**Figure 2.** Sites of sampling. a) Satellite image showing the location of the sampling area, the mass removal in the mountain side and landslide dams (M1). b) Raco (M2a). c) El Siambón (M2b). d) Outcrop of lacustrine sediments of the Holocene age, Valle de La Sala (M3).

especímenes se siguió la metodología adaptada por Miranda y Cuezco (2010). En cada punto de muestreo se estableció una parcela de 10x10 m, seleccionada sobre la base de recorridos y conocimiento de los requisitos ecológicos de los caracoles terrestres. En el caso del ambiente 1, los sitios de muestreo se localizaron en parches de vegetación remanentes situados a ambos lados del endicamiento. En cada parcela se llevó a cabo la búsqueda visual durante quince minutos y la recolección manual de micromoluscos (conchilla adulta de altura o diámetro inferior o igual a los 5 mm), macromoluscos (conchilla adulta mayor a 5 mm) y babosas (conchilla completamente perdida o tan reducida que no puede contener al animal). Dentro de cada parcela se determinaron además, tres cuadrantes de 50x50 cm, en lugares considerados propicios para el establecimiento de moluscos. De los mismos se extrajeron muestras de suelo de ~5 cm de profundidad, con la capa herbácea y hojarasca presentes en su superficie. Las

muestras fueron cernidas con dos tamices de 1 y 2 mm de malla y observadas bajo microscopio estereoscópico binocular Arcano, con la finalidad de separar los especímenes presentes en ellas.

La identificación taxonómica de los especímenes se realizó exclusivamente sobre la base de caracteres conquiológicos (micro y macromoluscos) y morfología externa (babosas). Se emplearon descripciones originales de las especies o revisiones taxonómicas recientes (Cuezco 2006; Miquel et al. 2007; Cuezco and Miranda 2009; Evangelista et al. 2013; Virgilito and Miquel 2013).

#### *Análisis de datos*

Se consideró el número total de especies/morfoespecies y el número total de especímenes de cada una de ellas, como la riqueza y abundancia, respectivamente, de cada sitio de muestreo. La rareza equivale

al número de especies raras (especies que se encuentran en un único sitio de muestreo) y la densidad fue expresada como el número total de especímenes/m<sup>2</sup>.

Para evaluar si existen cambios en la diversidad de especies entre los diferentes sitios considerados, se calculó la diferenciación taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ), que es independiente del esfuerzo de muestreo y de la riqueza de especies de cada sitio. Es una prueba de aleatorización para comparar el valor observado de  $\Delta^+$  con un valor 'esperado' derivado del inventario de especies obtenido de todas las muestras (Clarke and Warwick 1998). Se utilizan submuestras aleatorias (típicamente 1000) de un número fijo de especies, extraídas del grupo de especies, para calcular la distribución de los valores de  $\Delta^+$ , indicador en base al cual los valores esperados se representan como un embudo de probabilidad. El nivel de significancia en el embudo (5%), indica si una muestra tiene una dispersión taxonómica 'inferior a la esperada' (Clarke and Warwick 1998; Leonard et al. 2006). Esta medida está basada en la estructura filogenética del ensamblaje, ya que tiene en cuenta el grado en el que las especies están relacionadas evolutivamente entre sí. El índice de distinción taxonómica es apropiado como indicador de los efectos sobre la biodiversidad de eventos que operan en varias escalas espaciales y temporales (Leonard et al. 2006). Para calcular este índice se siguió la clasificación taxonómica adoptada por Dos Santos et al. (2020), que incluye 7 niveles taxonómicos: especies, géneros, familias, superfamilias, orden y clase, y se consideraron los valores de abundancia de especímenes por sitio de muestreo.

Dado que no sólo interesa comparar la similitud en la composición de especies entre sitios, se realizó un análisis de similitud considerando la abundancia de especímenes a través del índice de Bray-Curtis. Para determinar si existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo se hizo un análisis de similitud de la matriz de abundancia (ANOSIM) con los datos originales no transformados. Todos estos análisis fueron efectuados con el programa PRIMER 7 Ver 7.0.20 (Clarke and Gorley 2015).

## RESULTADOS

En el área de estudio se registró una riqueza de 22 especies, 16 de las cuales corresponden a micromoluscos, 5 a macromoluscos y una

especie de babosa, clasificadas en 12 familias y 18 géneros (Tabla 1). Un solo género registrado pertenece a Caenogastropoda (*Adelopoma tucma* Doering, 1884), mientras que los restantes correspondieron a Pulmonados Stylommatophora. Del total de especies identificadas en el área de estudio, 19 especies (86.4%) corresponden a especies nativas, mientras que los micromoluscos *Zonitoides arboreous* (Say, 1816) y *Opeas hannense*, y la babosa *Deroceras laeve* (Müller, 1774) son especies exóticas introducidas.

Las familias con mayor riqueza de especies fueron Charopidae Hutton, 1884 (tres géneros y cinco especies de micromoluscos) y Bulimulidae Tryon, 1867 (3 géneros y 3 especies de macromoluscos), representando el 36% del número total de especies registradas. Las especies de Charopidae estuvieron presentes en la mayoría de las muestras, mientras que los representantes de Bulimulidae sólo se registraron en pocos sitios de muestreo (M1a, M1b y M2a) (Tabla 1).

Se recolectaron un total de 1648 especímenes, 1594 de los cuales corresponden a micromoluscos (96.7%), 51 a macromoluscos y 3 a babosas. Del total de especies registradas, 3 fueron las dominantes: *A. tucma* (435 especímenes, 26.4% del total recolectado) (Figura 3a), seguida por *Scolodonta semperi* (Doering, 1874[1875]) (Figura 3b) y *Rotadiscus amancaezensis* (Hidalgo, 1869), con 342 (20.7%) y 214 (13%) especímenes, respectivamente. Estas tres especies reunieron el 60% de los especímenes registrados. Otras especies importantes en cuanto a su abundancia fueron *O. hannense* (147 especímenes) (Figura 3c), *Guppya aenea* Hylton Scott, 1948 (119) (Figura 3d) y *Gastrocopta* sp.1 (107). La menor abundancia fue para *Radiodiscus amoenus* (Thiele, 1927), *Gastrocopta* sp.2, *D. laeve*, *Z. arboreous*, *Epiphragmophora argentina* (Holmberg, 1909), *Drepanostomella tucma* Hylton Scott, 1948, *Drymaeus poecilus* (d'Orbigny, 1835) y *Lilloiconcha superba* (Thiele, 1927), representadas por menos de 5 especímenes cada una.

Las especies *G. aenea*, *Habroconus lilloana* (Hylton Scott, 1948), *Radiodiscus compactus* (Suter, 1900) y *S. semperi* fueron las más frecuentes, y se las registró en todos los sitios de muestreo. Contrariamente, *Bulimulus apodemetes* (d'Orbigny, 1835), *D. poecilus*, *Ceciloides (Karolus) consobrina* (d'Orbigny, 1841) (Figura 3e), *Gastrocopta* sp.1, *Gastrocopta* sp.2, *Lilloiconcha superba* (Thiele, 1927) y *D.*

**Tabla 1.** Riqueza específica, abundancia de especímenes, rareza y diferenciación taxonómica ( $\Delta+$ ) por sitio de muestreo (M1a y M1b: El Siambón, deslizamiento reciente; M2a: Raco, M2b: El Siambón, M3a y M3b: Valle de La Sala, contiguo a deslizamiento-endicamiento fósil del Holoceno).

**Table 1.** Specific richness, abundance of specimens, rarity and taxonomic differentiation ( $\Delta+$ ) in each sampling site (M1a y M1b: El Siambón, landslides dam; M2a: Raco, M2b: El Siambón, M3a y M3b: Valle de La Sala, adjacent to Holocene lacustrine sediments).

Especie	M1a	M1b	M2a	M2b	M3a	M3b
<i>Adelopoma tucma</i> Doering, 1884	3	60	0	200	47	125
<i>Epiphragmophora argentina</i> (Holmberg, 1909)	0	0	1	0	1	0
<i>Epiphragmophora tucumanensis</i> (Doering, 1874)	1	0	1	1	1	3
<i>Scutalus tupacii</i> (d'Orbigny, 1835)	2	3	0	0	1	0
<i>Bulimulus apodemetes</i> (d'Orbigny, 1835)	0	0	35	0	0	0
<i>Drymaeus poecilus</i> (d'Orbigny, 1835)	0	0	1	0	0	0
<i>Guppya aenea</i> Hylton Scott, 1948	4	13	30	31	21	20
<i>Habroconus lilloana</i> (Hylton Scott, 1948)	1	8	2	2	1	1
<i>Cecilioides</i> ( <i>Karolus</i> ) <i>consobrina</i> (d'Orbigny, 1841)	0	0	98	0	0	0
<i>Pupisoma cornicolense</i> Baker, 1927	0	0	16	0	5	6
<i>Gastrocopta</i> sp1	0	0	106	0	0	0
<i>Gastrocopta</i> sp2	0	0	3	0	0	0
<i>Lilloiconcha gordurasensis</i> (Thiele, 1927)	0	4	1	0	3	10
<i>Lilloiconcha superba</i> (Thiele, 1927)	0	0	0	0	0	1
<i>Radiodiscus compactus</i> (Suter, 1900)	10	11	12	2	1	23
<i>Radiodiscus amoenus</i> (Thiele, 1927)	2	0	0	3	0	0
<i>Rotadiscus amancaezensis</i> (Hidalgo, 1869)	25	10	0	162	4	13
<i>Drepanostomella tucma</i> Hylton Scott, 1948	0	2	0	0	0	0
<i>Scolodonta semperi</i> (Doering, 1874[1875])	13	4	96	81	43	105
<i>Opeas hannense</i> (Rang, 1831)	0	0	0	147	0	0
<i>Deroceera laeve</i> (Müller, 1774)	0	1	0	0	2	0
<i>Zonitoides arboreous</i> (Say, 1816)	0	0	0	3	0	0
Riqueza	9	10	13	10	12	10
Abundancia	61	116	402	632	130	307
Rareza	0	1	5	2	0	1
Diferenciación taxonómica ( $\Delta+$ )	55.29	54.39	44.75	54.92	53.68	52.7

*tucma* fueron registradas en un único sitio de muestreo (Tabla 1). Asimismo, a las especies exóticas *O. hannense* y *Z. arboreous* también se las registró en un solo sitio (Tabla 1).

Comparaciones a nivel de sitios de muestreo indicaron que la riqueza varió entre 9 (M1a) y 13 especies (M2a), y la abundancia entre 61 (M1a) y 632 especímenes (M2b). En los sitios M1a y M1b, se registró tanto la menor riqueza como abundancia de especímenes, mientras que la mayor riqueza corresponde a los sitios M2a y M3a, y la mayor cantidad de especímenes procedieron de los sitios M2a y M2b. Además, el sitio M2a resultó con mayor riqueza a nivel de familias (7) y géneros (11); sin embargo, resultó el de menor diferenciación taxonómica (Tabla 1).

La Figura 4 muestra las desviaciones de la diferenciación taxonómica promedio ( $\Delta+$ ). Los

6 sitios considerados se encuentran dentro de los límites del embudo de confianza del 95% de probabilidad, basado en el conjunto total de especies de gasterópodos registradas en el área de estudio. La mayoría de los sitios (M1a, M1b y M2b) tienen valores de  $\Delta+$  más altos que la media teórica determinada por el muestreo aleatorio de toda la fauna.

El análisis de similitud de Bray-Curtis evidenció que sólo en el caso del ambiente tres (M3), la composición de la malacofauna fue similar entre ambos sitios muestreados. Las menores similitudes se registraron entre el sitio M1a y ambos sitios del ambiente sin deslizamientos (M2a: 12.53 y M2b: 14.72) (Tabla 2). La prueba ANOSIM indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la composición de gasterópodos terrestres entre los sitios estudiados ( $R=0.22$ ).



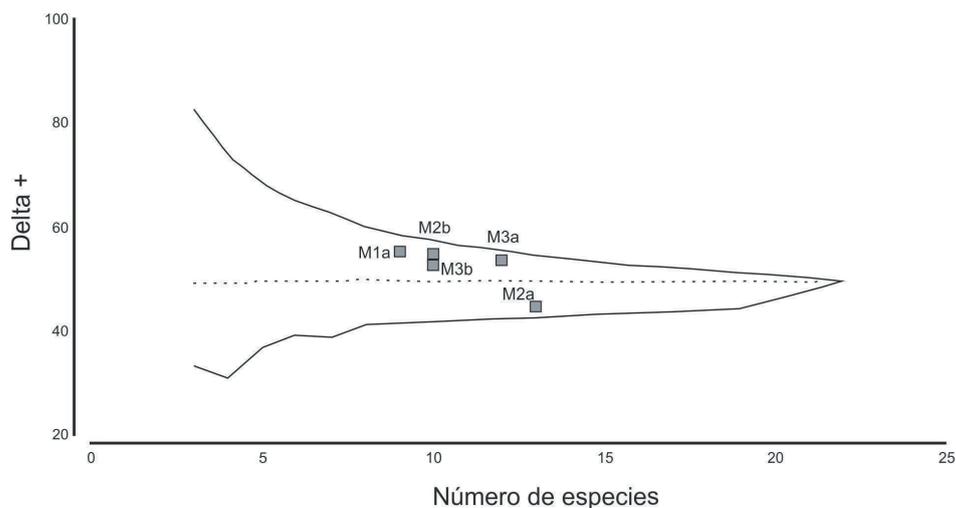
**Figura 3.** Especies registradas en el área de estudio. a) *Adelopoma tucma* Doering, 1884, b) *Scolodonta semperi* (Doering, 1874[1875]), c) *Opeas hannense* (Rang, 1831), d) *Guppya aenea* Hylton Scott, 1948, e) *Ceciliooides (Karolus) consobrina* (d'Orbigny, 1841), y f) *Lilloiconcha gordurasensis* (Thiele, 1927).

**Figure 3.** Species registered in the study area. a) *Adelopoma tucma* Doering, 1884, b) *Scolodonta semperi* (Doering, 1874[1875]), c) *Opeas hannense* (Rang, 1831), d) *Guppya aenea* Hylton Scott, 1948, e) *Ceciliooides (Karolus) consobrina* (d'Orbigny, 1841), and f) *Lilloiconcha gordurasensis* (Thiele, 1927).

## DISCUSIÓN

La malacofauna terrestre registrada en esta área de Yungas (600 m<sup>2</sup>) se compuso de un total de 22 especies que representan al 30% de las especies nativas y exóticas citadas para la provincia de Tucumán (Virgilito and Miquel 2013; Dos Santos et al. 2020). En la Argentina son escasos los estudios de diversidad de moluscos terrestres; se pueden mencionar los realizados por Salas-Oroño et al. (2007), Miranda y Cuezco (2010) y Gutiérrez Gregoric et al. (2013). Comparaciones con análisis previos llevados a cabo con la misma metodología de muestreo en áreas ampliamente superiores a las muestreadas en este estudio indican que la riqueza determinada en el presente trabajo es elevada. Salas Oroño et al. (2007) realizaron un estudio sobre diversidad de micromoluscos terrestres en selvas de montaña de diferentes sectores de Tucumán (2500 m<sup>2</sup>) y encontraron 18 especies (según sinonimia actual, 21 especies mencionadas en el trabajo). Luego, Miranda y Cuezco (2010) evaluaron la diversidad de gasterópodos en gradientes altitudinales de Yungas y Chaco serrano del Parque Biológico Sierra de San Javier, un área natural protegida de la provincia de Tucumán. El inventario realizado sólo en la ecorregión de Yungas (1400 m<sup>2</sup>) fue de 23 especies (3 de macromoluscos, 2 de babosas y 18 especies de micromoluscos).

En el área de estudio existe un alto porcentaje de especies nativas; del total recolectado sólo se registraron tres especies introducidas que corresponden a la babosa *D. laeve* (nativa



**Figura 4.** Gráfico de embudo para la diferenciación taxonómica. La media esperada (línea discontinua) y los límites de probabilidad del 95% (líneas continuas) se derivan del inventario completo de especies identificadas en el área de estudio.

**Figure 4.** Funnel plot for taxonomic differentiation. Expected mean (dashed line) and probability limits of 95% (continuous lines) are derived from the total inventory of species identified in the study area.

de Europa, con distribución actual casi cosmopolita y ampliamente distribuida en la Argentina) y a los micromoluscos *Zonitoides arboreus* (Say, 1816) (nativo de América del Norte) y *Opeas hannense* (Rang, 1831) (= *Opeas pumilum* [Pfeiffer, 1840]) (originaria de América tropical) (Virgilito and Miquel 2013). Todas ellas fueron previamente citadas para otras áreas de Yungas de Tucumán, lo que indica que lograron sobrevivir en estas nuevas regiones y evidencian su capacidad de reproducirse en el nuevo ambiente y ampliar sus distribuciones en la provincia, por lo que ya son consideradas especies establecidas (Salas Oroño et al. 2007; Miranda and Cuezco 2010; Keller et al. 2011). Respecto a *O. hannense*, Miquel y Jaime (2018) indican que es una de las especies de Subulínidos tropicales cosmopolitas que se extendió a través de la acción humana, y no está claro si es nativa de la Argentina. De acuerdo con Virgilito y Miquel (2013), el primer registro de *O. hannense* (= *O. pumilum*) para la Argentina data de 1967 y procede de Tucumán, sin datos precisos sobre la manera en la cual fue introducida en la provincia. Numerosos especímenes de *O. hannense* fueron registrados en un único sitio, M2b (El Siambón), el cual presenta mayor facilidad de acceso humano por su ubicación y uso como sitio de recreación. De acuerdo con Keller et al. (2011), en algunos casos, las regiones con un nivel relativamente alto de perturbaciones, en especial de tipo antrópico, suelen recibir más introducciones de especies que otras zonas y son más sensibles al establecimiento de especies no autóctonas ya que presentan más nichos disponibles en los que pueden habitar. Asimismo, la alta proporción de especímenes registrados de esta especie (23.26% de la abundancia total registrada en el sitio) haría que se lo considere un ecosistema altamente invasible. Cabe destacar que un gran porcentaje de los especímenes corresponden a juveniles, algunos hallados vivos y en actividad, lo que indicaría que es una población bien establecida, que se reproduce de manera adecuada. Salas Oroño et al. (2007) registraron a esta especie en una zona cercana de Tafí Viejo (Estancia San Javier, 1050 m), pero representada por sólo dos especímenes.

Existe una amplia predominancia en la riqueza de micromoluscos respecto a la de macromoluscos, de la misma manera que se registró en trabajos previos que demuestran la mayor diversidad que presenta este grupo de gasterópodos en Yungas de Tucumán.

Las familias con mayor riqueza en el área de estudio fueron Charopidae (micromoluscos) y Bulimulidae (macromoluscos), al igual que también fue reportado en otras áreas de la provincia (Salas Oroño et al. 2007; Miranda and Cuezco 2010).

La abundancia registrada fue de 1648 especímenes (densidad variable entre 61 y 632 especímenes por 100 m<sup>2</sup>). Ésta resultó baja en comparación con la de estudios previos: 7741 (densidad: 16-809 especímenes por 100 m<sup>2</sup>) y 9432 especímenes (densidad: 239-1009 especímenes por 100 m<sup>2</sup>) registrados en Salas Oroño et al. (2007) y Miranda y Cuezco (2010), respectivamente. Es destacable, sin embargo, la menor superficie muestreada en este estudio.

La especie con mayor abundancia relativa en el área de estudio fue *A. tucma*, seguida por *Radiodiscus compactus*, *Guppya aenea* Hylton Scott 1948 y *Scolodonta semperi*. Estas especies representan el 75.6% del total de especímenes recolectados y son muy frecuentes y abundantes en las Yungas de Tucumán (Salas Oroño et al. 2007; Miranda and Cuezco 2010). Entre los macromoluscos, *Bulimulus apodemetes* fue la especie de la que se registró la mayor abundancia de especímenes en un único sitio de muestreo (M2a, Raco). En el caso de los gasterópodos terrestres es interesante no sólo la similitud en la composición de especies entre sitios, sino también las diferencias en la abundancia en cada uno de ellos. Esto se debe a que muchas especies pueden ser muy abundantes en hábitats que resultan de su preferencia, mientras que son más raras o poco abundantes en otros hábitats de diferentes características.

De la comparación entre los sitios de muestreo surge que la riqueza específica fue bastante similar, destacándose la localidad de Raco (M2a) por tener una riqueza ligeramente superior, pero con mayor número de especies raras (recolectadas exclusivamente en ese sitio), tales como los macromoluscos *B. apodemetes* (d'Orbigny, 1835) y *Drymaeus poecilus* (d'Orbigny, 1835), representados principalmente por conchillas de especímenes juveniles y los micromoluscos *C. (Karolus) consobrina* (d'Orbigny, 1841) y dos morfoespecies de *Gastrocopta*. En los sitios M2a y b fue notable la mayor abundancia de especímenes, de la misma manera también resultó elevada la cantidad de especímenes vivos y juveniles registrados en ellos. En los sitios sujetos a deslizamientos-endicamientos

(M1a y b), la abundancia fue menor y se registró un efecto negativo marcado, ya que todos los especímenes recolectados correspondieron a conchillas vacías de ejemplares adultos, el único espécimen vivo registrado fue de la babosa *D. laeve*. En M3a y b, sitios colindantes a deslizamientos antiguos, se observaron especímenes vivos de micromoluscos y babosas, como así también abundantes conchillas juveniles, tanto de micro como de macromoluscos.

No se encontró relación entre el número total de especies en los sitios y su distinción taxonómica. El sitio M2a, con mayor riqueza a nivel de especies, géneros y familias presentó la menor distinción taxonómica. Esto se debe a que está representado por especies no tan distantes entre sí como las de las muestras aleatorias del grupo de especies del área de estudio. Cuatro de las familias registradas (Bulimulidae, Ferussaciidae, Gastrocoptidae y Scolodontidae) reúnen a 4 especies muy abundantes (83% del total de especímenes recolectados en ese sitio). El sitio M1a (deslizamiento-endicamiento), señalado como el de mayor diferenciación taxonómica, está compuesto por especies que son más distantes taxonómicamente. La familia Charopidae estuvo representada en este sitio por tres especies, mientras que las otras seis especies se clasifican en 5 familias diferentes.

De acuerdo con el análisis de similitud de Bray-Curtis, la composición de la malacofauna en ambos sitios muestreados en M3 fue similar, siendo *A. tucma* y *S. semperi* sus especies dominantes, las cuales representaron en M3a el 68.7% y en M3b el 74.9% del total de especímenes. Asimismo, estos sitios compartieron 9 de las 13 especies registradas en este ambiente. La mayor similitud se observó entre los sitios M1b y M3a, también con nueve especies compartidas y abundancias de especímenes aproximadamente similares. Los menores valores de similitud se registraron entre el sitio M1a y ambos sitios del ambiente sin deslizamientos de ladera (M2a: similitud de Bray-Curtis: 12.53, cuatro especies compartidas y M2b: similitud de Bray-Curtis: 14.72, siete especies compartidas y amplias diferencias de abundancia de especímenes). *R. amancaezensis*, *S. semperi* y *R. compactus* son las especies dominantes en M1a (78.7%); *A. tucma* en M1b (51.7%), *Gastrocopta* sp.1, *C. (K.) consobrina* y *S. semperi*, en M2a (74.6%) y *A. tucma*, *R. amancaezensis* y *O. hannense* en M2b (80.5%).

Si bien existen investigaciones sobre fauna de gasterópodos fósiles vinculada a eventos de deslizamientos y endicamientos (Wayne 1999; Moyano 2006), respecto a los posibles efectos que estos disturbios pudiesen tener sobre la diversidad de gasterópodos terrestres actuales desconocemos trabajos publicados. Por tal motivo, comparamos los resultados obtenidos en nuestro estudio con investigaciones basadas en otros disturbios naturales. Bloch (2012) evaluó el efecto de los huracanes sobre este grupo de invertebrados en Puerto Rico y determinó que, al igual que los deslizamientos, los huracanes no sólo causan los daños evidentes, sino también interrumpen las conexiones entre sitios. Además, encontró que las diferentes especies respondieron de maneras disímiles. Algunas disminuyen inicialmente su abundancia, pero logran recuperarse a lo largo del tiempo; otras son más abundantes dos o tres años después de los disturbios y luego disminuyen a su tamaño poblacional previo al huracán, mientras que otras no muestran ningún patrón diferente después de cada huracán. Otros estudios de las respuestas de los gasterópodos terrestres a perturbaciones citan a los cambios en las condiciones microclimáticas como impulsoras de los patrones espacio-temporales de abundancia y biodiversidad, ya que los especímenes evitan moverse a través de hábitats inadecuados y quedan restringidos a 'islas' de hábitat (Schilthuizen et al. 2005; Bloch and Willig 2006; Bloch and Stock 2014).

Las Yungas es una de las ecorregiones consideradas vulnerables o críticas/en peligro por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), y está siendo destruida a una de las tasas más rápidas del mundo (Olson et al. 2001). Los caracoles terrestres tienden a tener tamaños corporales pequeños y son propensos a la extinción por la destrucción del hábitat. Esto se ejemplifica por el hecho de que de las 693 extinciones de especies animales documentadas a nivel mundial, 260 fueron caracoles (Lydeard et al. 2004; Schilthuizen et al. 2005). Áreas dentro de la ecorregión de Yungas, coincidentes con el área de estudio del presente trabajo, fueron identificadas por Ovando et al. (2019) como regiones de alta prioridad para la conservación de gasterópodos terrestres. Por esto resulta esencial conocer la diversidad de especies en esta zona, amenazada actualmente por procesos geomorfológicos y antrópicos, a fin de iniciar estudios tendientes a planificar acciones de conservación.

Considerando la información obtenida en esta investigación, es necesario continuar el monitoreo de las tendencias poblacionales de abundancia y diversidad de gasterópodos en estos sitios. Es clave hacerlo a largo plazo para observar el cambio ambiental a largo del tiempo y determinar si los gasterópodos responden o no, y de qué manera, a las perturbaciones que causan estos procesos geomorfológicos. Esto se debe a que estos deslizamientos tienen efectos duraderos en la estructura de la vegetación, ya que generan grandes aberturas en el dosel y depositan gran cantidad de material orgánico ladera abajo, lo que afecta a los gasterópodos a lo largo del tiempo. Muchos trabajos que estudian las respuestas de los gasterópodos terrestres a las perturbaciones (Schilthuizen et al. 2005; Bloch and Willig 2006) citan a los cambios en las condiciones microclimáticas como impulsores de los cambios espaciales y temporales en la abundancia y la diversidad. Esto ocurre porque los gasterópodos son muy dependientes de las condiciones ambientales, mucho más que otros taxones con mayor capacidad de desplazamiento. La desecación es una de las principales responsables de la mortalidad, sobre todo de huevos y juveniles, y es un factor que cobra mucho interés en este contexto de cambio climático y de fenómenos geológicos como los mencionados en este trabajo. Es así que el microclima ayuda a explicar la tendencia de los gasterópodos terrestres a restringir sus movimientos a hábitats favorables y a reducir el tamaño poblacional en un entorno, posterior a la perturbación (Bloch 2012). A medida que pasa el tiempo y el dosel del bosque se regenera,

las condiciones mejoran y el movimiento entre sitios se vuelve más frecuente. De acuerdo con Bloch (2012), los gasterópodos necesitan unos 10 años para que sus poblaciones se recuperen. Asimismo, la investigación sobre la fauna fósil del área de estudio aportará nuevas evidencias que permitirán establecer un correlato entre la fauna del pasado y la posiblemente cambiante fauna actual. Esto permitirá tener, además, un conocimiento más amplio, a una escala temporal mayor, sobre los cambios faunísticos resultantes de la exposición a diferentes procesos.

Dada la escasa cantidad de muestreos realizados, así como de sitios seleccionados, los resultados obtenidos en este estudio sobre el efecto que los deslizamientos tienen sobre la diversidad de estos invertebrados son preliminares. Los análisis y proyecciones basadas en un solo período de tiempo y en pocas localidades (no seleccionadas al azar) pueden no caracterizar o brindar información certera sobre este aspecto. A pesar de ello, el presente estudio contribuye con el aporte de un inventario taxonómico y la información de diferentes parámetros de diversidad, los cuales serán fundamentales como base de futuros estudios de conservación y conocimiento de la biodiversidad de la malacofauna terrestre del NOA.

AGRADECIMIENTOS. Por la asistencia en el trabajo de campo a la Mag. Julieta Reyes y los Sres. Juan Arce y Juan Ignacio Arce. A los revisores del trabajo por las valiosas sugerencias realizadas.

## REFERENCIAS

- Alexandrowicz, Z., and W. Margielewski. 2010. Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Fylsch) Carpathians. *Geomorphology* 123:290-304. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.07.020>.
- Bloch, C. P. 2012. Why Snails? How Gastropods Improve Our Understanding of Ecological Disturbance. *Bridgewater Review* 31(2):8-13.
- Bloch, C. P., and M. R. Willig. 2006. Context-dependence of long-term responses of terrestrial gastropod populations to large-scale disturbance. *Journal of Tropical Ecology* 22:111-122. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002853>.
- Bloch, C. P., and M. Stock. 2014. Avoidance of Canopy Gaps by a Common Land Snail, *Caracolus caracolla* (L.), in Montane Forest in Puerto Rico. *Caribbean Naturalist* 8:1-13.
- Busnelli, J. 2012. Mapa de amenaza de remoción en masa de la provincia de Tucumán según diferentes escenarios de cambio climático. *Acta Geológica* 24(1-2):4-33.
- Clarke, K. R., and R. M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* 35:523-531. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.3540523.x>.
- Clarke, K., and R. Gorley. 2015. PRIMER version 7: User manual/tutorial. PRIMER-E. 192.
- Cencetti, C., P. De Rosa, and A. Freduzzi. 2020. Characterization of landslide dams in a sector of the Central-Northern Apennines (Centre Italy). *Helion* 6(6):e03799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03799>.
- Cuezzo, M. G. 2006. Systematic revision and cladistic analysis of *Epiphragmophora* Doering from Argentina and Southern Bolivia (Gastropoda: Stylommatophora: Xanthonychidae). *Malacologia* 49(1):121-188. <https://doi.org/10.4002/1543-8120-49.1.121>.
- Cuezzo, M. G., and M. J. Miranda. 2009. Systematic position and anatomy of *Drepanostomella tucma* Hylton Scott, 1948

- (Stylommatophora: Scolodontidae). *Journal of Conchology* 39(6):683-692.
- Dos Santos, D. A., E. Domínguez, M. J. Miranda, D. E. Gutiérrez Gregoric, and M. G. Cuzzo. 2020. The relevance of ecoregions and mountainous environments in the diversity and endemism of land gastropods. *Progress in Physical Geography*:1-27. <https://doi.org/10.1177/0309133320948839>.
- Douglas, D. D., D. R. Brown, and N. Pederson. 2013. Land snail diversity can reflect degrees of anthropogenic disturbance. *Ecosphere* 4(2):28. <http://doi.org/10.1890/ES12-00361.1>.
- Evangelista, M., M. Bodon, S. Cianfanelli, and S. Birindelli. 2013. *Zonitoides arboreus* (Say, 1816): un altro gasteropode terrestre introdotto in Italia (Pulmonata: Gastrodontidae). *Bollettino Malacologico* 49:18-25.
- Fan, X., A. Dufresne, S. S. Subramanian, A. Strom, R. Hermanns, et al. 2020. The formation and impact of landslide dams—State of the art. *Earth-Science Reviews* 203:1-28. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103116>.
- Fernández, D. S. 2009. Eventos de remoción en masa en la Provincia de Tucumán: tipos, características y distribución. *Revista de Asociación Geológica Argentina* 65:748-759.
- Fortunato, H. 2015. Mollusks: Tools in environmental and climate research. *American Malacological Bulletin* 33(2): 1-15. <https://doi.org/10.4003/006.033.0208>.
- Geertsema, M., L. Highland, and L. Vaugeouis. 2009. Environmental Impact of Landslides. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5_31).
- Grau, H. R. 2005. Dinámica de bosques en el gradiente altitudinal de las Yungas Argentinas. Pp. 1-30 *en* M. F. Arturi, J. L. Frangi and J. F. Goya (eds.). *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Gutiérrez Gregoric, D. E., V. Núñez, R. E. Vogler, A. A. Beltramino, and A. Rumi. 2013. Gasterópodos terrestres de la provincia de Misiones, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 61(4):1759-1768. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12849>.
- Kappes, H., W. Topp, P. Zach, and J. Kulfan. 2006. Coarse woody debris, soil properties and snails (Mollusca: Gastropoda) in European primeval forests of different environmental conditions. *European Journal of Soil Biology* 42:139-146. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.12.003>.
- Keller, R., J. Geist, J. Jeschke, and I. Kühn. 2011. Invasive species in Europe: Ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe* 23(1):23. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-23>.
- Leonard, D. R. P., K. R. Clarke, P. J. Somerfield, and R. M. Warwick. 2006. The application of an indicator based on taxonomic distinctness for UK marine biodiversity assessments. *Journal of Environmental Management* 78:52-62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.008>.
- Lydeard, C., R. Cowie, W. Ponder, A. Bogan, P. Bouchet, et al. 2004. The Global Decline of Nonmarine Mollusks. *BioScience* 321-330. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0321:TGDONM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2).
- Meyer, W. M., R. Ostertag, and R. H. Cowie. 2013. Influence of Terrestrial Molluscs on Litter Decomposition and Nutrient Release in a Hawaiian Rain Forest. *Biotropica* 45(6):719-727. <https://doi.org/10.1111/btp.12057>.
- Miquel, S. E., R. Ramírez, and J. W. Thomé. 2007. Biodiversidad y taxonomía de micromoluscos Punctoidea del sur de Brasil, con la descripción de una nueva especie de *Radiodiscus* de la Mata Atlántica (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 205 9(2):205-230. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.9.308>.
- Miquel, S. E., and G. L. Jaime. 2018. Subulinidae snails from northern Argentina with description of a new species of *Namobeliscus* Weyrauch. *Spixiana* 41(1):1-7.
- Miranda, M. J., and M. G. Cuzzo. 2010. Inventario y diversidad de gasterópodos terrestres (Mollusca) en el Parque Biológico Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 58(3):1009-1029. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i2.5260>.
- Moyano, E. N. 2006. Paleontología y Estratigrafía de Sedimentitas Lacustres Cuaternarias, Quebrada de la Hoyadita, Valle de La Sala, Tucumán. Seminario de la Carrera Geología Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina. Pp. 53.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, and G. V. N. Powell, et al. 2001 Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience* 51:933-938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2).
- Ovando, X. M. C., M. J. Miranda, R. Loyola, and M. G. Cuzzo. 2019. Identifying priority areas for invertebrate conservation using land snails as models. *Journal for Nature Conservation* 50(2019):125707. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.04.004>.
- Pop, D. A., and Z. Chitu. 2013. Landslides and biodiversity conservation: the importance of an integrated approach. A case study: the subcarpathian part of the Doftana watershed (Prahova County, Romania). *Revista de Geomorfologie* 15:57-68.
- Quiroga, P., and A. Grau, A. 2020. Caracterización de la vegetación de la sierra de San Javier. Pp. 10-13 *en* J. P. Julia, P. Quiroga and O. A. Barrionuevo (eds.). *Historia Natural de las Yungas de Tafí Viejo*. Tafí Viejo ediciones, Tafí Viejo. Libro digital.
- Remelli, S., E. Petrella, A. Chelli, F. D. Conti, C. Lozano Fondón, et al. 2019. Hydrodynamic and Soil Biodiversity Characterization in an Active Landslide. *Water* 2019 11(9):1882. <https://doi.org/10.3390/w11091882>.
- Restrepo, C., L. R. Walker, A. B. Shiels, R. Bussmann, L. Claessens, et al. 2009. Landsliding and Its Multiscale Influence on Mountainscapes. *BioScience* 59:685-698. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.8.10>.
- Salas Oroño, E., M. G. Cuzzo, and F. Romero. 2007. Land snail diversity in subtropical rainforest mountains (Yungas)

- of Tucumán, Northwestern Argentina. *American Malacological Bulletin* 22:17-26. <https://doi.org/10.4003/0740-2783-22.1.17>.
- Shiels, A. B., and L. R. Walker. 2013. Landslides cause spatial and temporal gradients at multiple scales in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Ecological Bulletins* 54:211-221.
- Schilthuizen, M., T. S. Liew, B. B. Elahan, and I. Lackman Ancrenaz. 2005. Effects of karst forest degradation on pulmonate and prosobranch land snail communities in Sabah, Malaysian Borneo. *Conservation Biology* 19:949-954.
- Schuster, R. L., and L. M. Highland. 2007. Overview of the effects of mass wasting on the natural environment, *Geological Society of America, Environmental and Engineering Geoscience* 8:25-44. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.13.1.25>.
- Strom, L., K. Hylander, and M. Dynesius. 2009. Different long-term and short-term responses of land snail to clear-cutting of boreal stream-side forests. *Biological Conservation* 142:1580-1587. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.028>.
- Virgillito, M., and S. E. Miquel. 2011. New records of exotic land snails and slugs in Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 15(2):295-303. <https://doi.org/10.22179/REVMACN.15.186>.
- Wayne, W. J. 1999. The Alemania rockfall dam: A record of a mid-holocene earthquake and catastrophic flood in northwestern Argentina. *Geomorphology* 27:3-4. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(98\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(98)00080-4).