



@archivos 7

de Ciencia y Tecnología



@RCHIVOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: REVISTA ACADÉMICA

Secretaría de Investigación y Posgrado Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT)

Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)

Correo electrónico: fcyt_revista@uader.edu.ar

Página Web: <http://fcyt.uader.edu.ar/web/RevistaFCYT>

ISSN: 2953-4852 (versión en línea)

@rchivos de Ciencia y Tecnología es un espacio de divulgación de trabajos científicos, ensayos, reseñas, avances de investigaciones, etc. producidos por docentes/investigadores de la FCyT y de otras facultades e instituciones académicas y/o de promoción científica del ámbito nacional e internacional. La revista no tiene una temática especial, sino que incluye e intenta articular una amplia gama de disciplinas que conforman la oferta académica de la FCyT: biología, gestión ambiental, geomática aplicada, producción agropecuaria, accidentología vial, criminalística, telecomunicaciones, sistemas de información, profesorados (física, educación tecnológica, matemáticas, química), entre otras. Su objetivo central es la difusión del conocimiento científico no sólo entre los miembros de la comunidad científica sino, también, entre otros sectores de la sociedad, procurando así contribuir a una mayor democratización y un mejor intercambio social del conocimiento. Resguardando criterios de calidad editorial, se procura sostener una publicación pluralista configurada, no obstante, sobre la base de estrictas normas éticas y dentro de ciertos límites intelectuales, a partir de los cuales excluye toda manifestación discriminatoria (de género, racial, ideológica), o neonazi, o fascista, entre otras expresiones autoritarias. Los trabajos que se publican en *@rchivos de Ciencia y Tecnología*, luego de ser seleccionados por el Director y el Comité Editorial de la revista, son sometidos a un sistema de arbitraje “doble ciego”. La Dirección, sin embargo, no se responsabiliza por las opiniones vertidas en los trabajos, los cuales, una vez editados, quedan protegidos por el Registro Nacional de Propiedad Intelectual, y su reproducción en cualquier medio, incluido el electrónico, debe ser autorizado por los editores.

@rchivos de Ciencia y Tecnología

Revista académica de la Secretaría de Investigación y Posgrado, Facultad de Ciencia y Tecno-logía (FCyT), Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER).

ISSN: 2953-4852 (*en línea*)

Edición N° 5 (correspondiente al segundo semestre de 2024)

Propietario: Facultad de Ciencia y Tecnología, UADER

Domicilio: Ruta Provincial N° 11, km. 10.5, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

Periodicidad: Semestral

Director: Dr. Ricardo Goñi

Coordinadora Editorial: Lic. Vanesa Cuello

Licencias, Indexadoras, Portales:



@rchivos de Ciencia y Tecnología by FCyT-UADER is licensed under a Creative Commons. Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual, 4.0 Internacional License.



Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal



Portal de Revistas de la Universidad Autónoma Entre Ríos
revista.uader.edu.ar

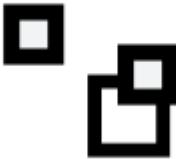


<https://openjournalsystems.com/>



Portal de revistas científicas de la Universidad de La Rioja (España)
<https://dialnet.unirioja.es/>





AUTORIDADES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ENTRE RÍOS

Rector: Abog. Luciano Daniel Filipuzzi

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Decano: Abog. Juan Pablo Filipuzzi

Vicedecana: Mgs. Adriana Gras

Secretario Académico: Prof. Alberto Lescano

Secretario Administrativo: Abog. Fabio Rodríguez Zanin

Secretario de Bienestar Estudiantil: Téc. Nicolás Guerra

Secretario Económico Financiero: Cr. Iván Maffey

Secretario de Modernización e Innovación Tecnológica: An. Alfredo Choternasty

Secretaría de Investigación y Posgrado: Mag. Mariela Uhrig

Secretario Legal y Técnico: Abog. Franco Birjan

Secretaría de Comunicación: Lic. Vanesa Cuello

Secretario de Extensión: Prof. Jonathan Medrano

Subsecretaria Económico-Financiera: Cra. Carolina Quintana

Subsecretaria de Extensión: Lic. Emilce Castillo

Subsecretaria de Investigación y Posgrado: Mgs. Adriana Gras

Subsecretaria de Gestión Académica: Mag. Diana Grinóvero

Subsecretario de Modernización e Innovación Tecnológica: Téc. Martín Valpondi

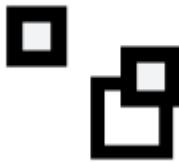


COMITÉ EDITORIAL

- Dra. Yamila Battauz
- Dr. Nahuel Escalada
- Mg. Adriana Gras
- Dr. Ernesto Klimovsky
- Lic. Oscar Pedersen
- Lic. Virginia Ramírez
- Prof. Natalí Reisenauer

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

- Dr. Pablo Aceñolaza (CONICET / Universidad Nacional de Entre Ríos - UNER)
- Dra. Sonia Berjman (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios - ICOMOS/ Comité Científico Internacional de Paisaje Culturales)
- Dr. Gonzalo Bermúdez (CONICET - Universidad Nacional de Córdoba)
- Dr. Miguel Augusto Carlín (Universidad Autónoma de Entre Ríos - UADER)
- Dr. Francisco Goin (CONICET / Universidad Nacional de La Plata - UNLP)
- Dra. Rosana Hammerly (Universidad Nacional del Litoral - UNL)
- Dra. Mirta Soijet (Universidad Nacional de Rosario - UNR)



ÍNDICE

Presentación / Ricardo Goñi	7-10
ARTÍCULOS	
1. ¿Abandonados en el borde?: Paranaenses desposeídos de suelo-viviendas propio/a, mudados al periurbano / <i>Arias, T. P.</i>	12-24
2. UADER, un modelo de inclusión social y desarrollo territorial / <i>Filipuzzi, J. P.</i>	25-39
3. Innovación curricular e innovación en la enseñanza de la Matemática / <i>Schneeberger, M.</i>	40-69
4. Modelos matemáticos y ciencias sociales: mitos y realidades / <i>Goñi, R. y G. N. Reisenauer</i>	70-83
5. Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos (Rodentia: Cricetidae): un estudio comparativo a partir de reconstrucciones 3D / <i>Vargas, R., et al.</i>	84-100
6. Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea para Entre Ríos / <i>Evequoz González Gamendia, A. et al.</i>	101-131
NOTAS	
1. Mi cuaderno de la huerta, una guía para aprender jugando / <i>Campos-Soldini et al.</i>	133-139
2. Protocolo de recolección y conservación entomológica forense en experiencias con <i>Sus Scrofa</i> (Linnaeus) / <i>Thomas, D. A.; Bordi, M. y M. P. Campos Soldini</i>	140-150
DESDE LOS BORDES	
1. El papel del armamento moderno español en la conquista de Hernán Cortés del Imperio Mexica / <i>Ismael Torres</i>	152-161

Presentación

Ricardo Goñi*

Cumpliendo con su periodicidad semestral, se presenta la edición número 7 de la revista *@archivos de Ciencia y Tecnología*. Como en los números anteriores, uno de los rasgos distintivos de la revista es la gran diversidad de “giros” disciplinares en sus contenidos, que van desde políticas habitacionales y urbanismo hasta innovaciones curriculares y metodológicas en la enseñanza de la Matemática, pasando neuro-anatomía, geoinformática y cartografía del carbono, estilos universitarios de producción científica, entomología forense, uso de modelos matemáticos en ciencias sociales y el papel de las armas en la conquista de Hernán Cortés del imperio mexica, entre otros. Así, la edición queda conformada por seis trabajos incluidos en la sección *Artículos*, dos en la sección *Notas* y uno en la sección *Desde los Bordes*. A continuación se presenta una síntesis de sus contenidos.

ARTÍCULOS

En el primer artículo, Tomás Arias analiza la política habitacional de la provincia de Entre Ríos (2007-2018) que dispuso la relocalización de un grupo de 1.400 familias fuera del área urbana consolidada donde residían con carencia crítica de terreno y/o vivienda propia. Para ello se construyeron nuevos barrios en el borde periurbano del conglomerado paranaense, donde se le asignó nuevas viviendas, por fuera de su hábitat original, en un espacio extremo y alejado. Esa política recayó sobre familias vulnerables que tuvieron que mudarse a unos 15 km del lugar en que el hasta entonces habitaron, trabajaron y desarrollaron sus vínculos sociales. En el marco de un proceso de expansión urbano-regional y de disputa por el suelo vacante, estas políticas estatales –en consonancia con operaciones es-

* Director de *@rchivos de Ciencia y Tecnología*.

peculatorias del mercado inmobiliario local- cambiaron las condiciones de vida de esos sectores, poniendo en evidencia la pugna subyacente entre dos sectores antagónicos: el de la hegemonía sociopolítica-económica del Estado/mercado y, por el otro, el no-hegemónico, el de la lógica ciudadana de “la necesidad”, el de los desposeídos de tierra y techo.

En el segundo artículo, Juan Pablo Filipuzzi reflexiona acerca del modelo de universidad con el que se vería identificado la UADER en cuanto al modo de producción de conocimientos en las universidades argentinas (y latinoamericanas), reflotando el viejo debate iniciado en la década de los años ’50 por un grupo de destacados científicos e intelectuales de las universidades nacionales argentinas sobre la puja entre dos modelos: el del “libre pensamiento” y el “desarrollista” (o del “conocimiento útil”). El autor plantea al respecto que, desde su fundación, la UADER se encuadró dentro del segundo modelo, no solo por haber orientado su producción científico-tecnológica hacia las necesidades de desarrollo social y productivo provincial, sino porque apuntó a romper la brecha de desigualdad en el acceso a la educación superior existente entre los deciles más bajos y más altos de ingreso de la población, política que se complementó con la puesta en marcha de un desarrollo territorial, probablemente único en la Argentina, que permitió que más del 70% de los entrerrianos pudieran contar en su localidad con una universidad “de cercanía”, y el 29% restante dentro de un radio que no supera los 100 km de distancia de su lugar de residencia.

Por su parte, Marino Schneeberger plantea en el tercer artículo que los procesos de cambio -denominados genéricamente innovaciones curriculares- que se vienen desarrollando en gran parte de las carreras universitarias deben ser acompañados por innovaciones pedagógicas. Ello implica la incorporación de estrategias y metodologías nuevas, tanto de enseñanza de los contenidos como de su evaluación. En ese marco, el autor aborda algunas conceptualizaciones teóricas referidas a estos temas a la vez que relata de manera sintética algunas consideraciones generales relacionadas específicamente con la enseñanza de la Matemática, que son el resultado de proyectos de investigación e innovación pedagógica desarrollados en los últimos diez años en las cátedras universitarias.

En el cuarto artículo se reflota una controversia de vieja data sobre el uso de modelos matemáticos en la representación y comprensión de la realidad social: ¿es la “cuantificación” de lo social la solución de los problemas metodológicos de las ciencias sociales o, por el contrario, no es más que una “mentira” (en el sentido empleado por el primer ministro británico Benjamin Disraeli), en tanto reflejan otra cosa distinta a la realidad que se intenta representar? Sobre esa base, los autores del trabajo, Ricardo Goñi y Gimena Reisenauer,

discuten el “mito de la objetividad” implícito en los MM, en tanto sus procesos de construcción conllevan un grado de subjetividad insoslayable. No obstante, rescatan su uso en ciencias sociales, siempre y cuando no se procure conseguir a través de ellos una representación fiel (“objetiva”) de la realidad. El trabajo se basa en el análisis de dos informes de la década de 1970 que utilizaron modelos matemáticos y que polarizaron el debate sobre el desarrollo a escala global: *Los Límites del Crecimiento* (Meadows, et al., 1972), elaborado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y auspiciado por el Club de Roma, y *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano* (Herrera et al., 1977), elaborado como respuesta al anterior desde la Fundación Bariloche.

En el quinto artículo, Rocío Vargas et al. dan a conocer una exploración preliminar de la variación del coeficiente encefalización (CE) y de la morfología del encéfalo en 21 especies pertenecientes a 9 tribus de roedores sigmodontinos (Cricetidae, Sigmodontinae), uno de los grupos más diversos de los cricétidos, considerando sus diferentes hábitos locomotores. Los resultados de la investigación muestran que las especies semiacuáticas y arborícolas presentan valores de CE relativamente mayores, quizás asociados a una mayor demanda sensorial y conductual en ambientes tridimensionales complejos. En contraste, las especies fosoriales muestran valores menores, lo que podría vincularse a una menor complejidad conductual y a una mayor inversión en masa muscular. En cuanto a la morfología encefálica, los sigmodontinos muestran una estructura conservadora, con variaciones más evidentes en el desarrollo relativo de los bulbos olfatorios.

Por último, Alan Evequoz González Garmendia et al. presentan una cartografía y un análisis de los patrones espaciales asociados al almacenamiento del carbono en la biomasa aérea en coberturas vegetales de la provincia de Entre Ríos, utilizando técnicas de procesamiento de datos en la nube. Cabe señalar que la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea es fundamental para evaluar el papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático. En este trabajo se analiza su distribución espacial mediante la integración de Biomass cci v5 (ESA, 2010–2021) y la cartografía de cobertura y uso del suelo de MapBiomas Argentina, sobre infraestructura de cómputo en la nube recomendada para el manejo de grandes volúmenes de datos. La información fue reclasificada y vinculada a ecorregiones, cuencas hidrográficas y departamentos, estimando el carbono como $C = B * 0,5$. Se compilaron 254 registros de campo y bibliografía regional para validar los resultados, a saber: menos del 2 % del territorio supera los 50 Mg C /ha, mientras que el 38 % presenta valores ≤ 5 Mg C /ha y el 21,18 % registra menos de 1 Mg C/ha. Las pruebas estadísticas

revelan discrepancias significativas entre Biomass_cci y los datos de campo, lo que subraya la necesidad de efectuar ajustes locales de los productos globales.

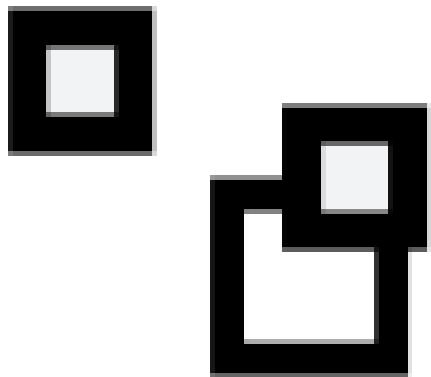
NOTAS

A cargo de María P. Campos-Soldini, Carlos E. Camaño Schettini y Sol Herbel, en la primera de las notas se presenta *Mi cuaderno de huerta, una guía para aprender jugando*, orientado a adquirir conocimientos a través de una serie de pautas didácticas para ser utilizada en el huerto y en el aula por docentes o un grupo de maestros, padres y miembros de la comunidad de las escuelas primarias del departamento Diamante.

En la segunda, Denise A. Thomas, Mario Bordi y María P. Campos Soldini presentan un protocolo de recolección y conservación entomológica forense en experiencias con *Sus Scrofa* (Linnaeus). La importancia estandarizar las recolecciones entomológicas forenses radica en que se asegura la calidad, la preservación y el análisis de los insectos para la determinación del tiempo transcurrido desde la muerte (intervalo post-mortem) y el lugar de deceso. Un protocolo resulta crucial para obtener evidencia científica confiable, garantizar la recolección correcta de muestras vivas y muertas, la documentación detallada de la escena y los hallazgos, y para permitir la reconstrucción de los hechos de manera precisa.

DESDE LOS BORDES

Para finalizar, Ismael Torres presenta un ensayo titulado “El papel del armamento moderno español en la conquista de Hernán Cortez (1519-1521) del imperio mexica”, en el que de manera preliminar concluye que el “éxito” de la campaña no parece haberse debido a la pólvora y la superioridad militar, como frecuentemente se señala, sino más bien a una serie de factores que confluyeron y que potenciaron el poder de las armas modernas, como las alianzas masivas con pueblos nativos que engrosaron el ejército de Cortés, la construcción y el uso de bergantines –una naves para batallas lacustres- la caballería, el acero, los colapsos políticos entre los mexicas y las epidemias, entre otros factores, que permitieron finalmente, la toma de Tenochtitlán y la conquista del Imperio Mexica (rebautizado por los españoles como “Azteca”).



ARTÍCULOS

¿Abandonados en el borde? Paranaenses desposeídos de suelo-vivienda propio/a, mudados al periurbano

Abandoned on the edge? Paranaenses residents dispossessed of their own land and housing, relocated to the peri-urban area

Tomás Pablo Arias*



Fecha de recepción: 28/08/2025

Fecha de aceptación: 03/10/2025

Resumen

Destinada a un grupo de familias de Paraná, entre 2007-2018, la política habitacional provincial dispuso la construcción de nuevos barrios en el borde periurbano del conglomerado paranaense, fuera del área urbana consolidada donde residían. Así, a ese grupo de 1.400 familias, con carencia crítica de terreno y/o vivienda propia donde residir de manera estable, se le asignó nuevas viviendas, desplazándoselo de su hábitat original hacia un ámbito extremo y alejado. La política recayó sobre familias socialmente vulnerables que, por alquilar o residir en viviendas precarias, tuvieron que mudarse a 15 km del lugar en que el hasta entonces habitaron, trabajaron y desarrollaron sus vidas comunitarias. En ese marco, las acciones fácticas de políticas estatales anómicas de relocalización –en concomitancia con operaciones especulativas del mercado inmobiliario local- supeditaron las condiciones de vida de esos sectores. Ello a su vez revela el accionar de las/los actores sociales en un entramado urbano-regional expansivo y de disputa por el suelo vacante, dejando al descubierto dos sectores en pugna: por una lado, el de la hegemonía sociopolítica-económica del Estado/mercado y, por el otro, como contrapartida no-hegemónica, el de la lógica ciudadana de “la necesidad”, el de los desposeídos de tierra y techo.

Palabras clave: “política”; “vivienda”; “desplazamientos”; “abandonados”; “periurbano”.

Abstract

Aimed at a group of families in Paraná, between 2007 and 2018, the provincial housing policy mandated the construction of new neighborhoods on the peri-urban fringes of the Paraná conglomerate, outside the consolidated urban area where they resided. Thus, this group of 1.400 families, critically lacking land and/or their own homes where they could reside permanently, were assigned new housing, displacing them from their original habitat to an extreme

* Arquitecto (UNR), Especialista en Planificación Urbano-Territorial (UNR), Magister en Desarrollo Territorial (UTN-FRR), Doctorando en Ciencias Sociales (UNER). Dirección de contacto: tomasparias@gmail.com

and remote area. The policy fell on socially vulnerable families who, due to renting or residing in precarious housing, had to move 15 km from the place where they had previously lived, worked, and developed their community lives. Within this framework, the actual actions of anomic state relocation policies -in conjunction with speculative operations in the local real estate market- subordinated the living conditions of these groups. This, in turn, reveals the actions of social actors in an expansive urban-regional framework and dispute over vacant land, exposing two sectors in conflict: on the one hand, that of the sociopolitical-economic hegemony of the State/market and, on the other, as a non-hegemonic counterpart, that of the citizen logic of “need”, that of those dispossessed of land and shelter.

Keywords: “politics”; “housing”; “displacements”; “abandonments”; “peri-urban”.

Introducción

Por acción de la política habitacional estatal, a una parte significativa de la ciudadanía de Paraná se le impone habitar en nuevos barrios construidos que se sitúan en el borde periurbano del conglomerado,¹ fuera del área urbana consolidada en la que reside. Por lo tanto, ese sector con carencia crítica de terreno y/o vivienda propia en donde residir de manera estable, es desplazado de su hábitat original, trasladado a un ámbito nuevo, extremo y alejado. Puede afirmarse consecuentemente que es otro sector vulnerable de la ciudad cuya fragilidad social y territorial, al tener la necesidad de alquilar y/o residir en una vivienda deficitaria, posee la inestabilidad propia de una “vida precaria” (Butler, 2006)² que lo obliga a tener que mudar la familia y prescindir del lugar vivido que lo identifica y radica. Así pues, tanto global como localmente, desde la “...universalización de la precariedad, el capitalismo financiarizado explota y expropia a casi todo el mundo...” (Fraser, 2023: 88), agudizando las carencias de una ciudadanía que no cuenta con los bienes económicos suficientes que la puedan arraigar en un lugar al que pertenece. Entonces, entre la precariedad, la carencia y la segregación, se constituye un grupo importante de familias paranaenses que termina siendo “... echado al bando (...) abandonado en un umbral donde se confunden (...) lo externo y lo interno” (Agamben, 2018: 53). Precariedad, carencia y segregación sistémicas de un “...capitalismo que designa un porcentaje cada vez más alto de abandonados crucificados y arrojados...” (González, 2021: 273).

¹ Conglomerado “Gran Paraná”: ciudades de Paraná, Colonia Avellaneda, San Benito y Oro Verde y la comuna de Sauce Montrul en el Departamento Paraná, de la Provincia de Entre Ríos, República Argentina.

² Existencias ciudadanas que no son consideradas “...vidas dignas de atención, vidas que valiera la pena preservar, vidas que merecieran reconocimiento.” (Butler, 2006: 61). Vidas “precarias”, sin arraigo definitivo, que aunque poseedoras de sentido de pertenencia local, tienen la fragilidad de situarse en un ámbito de origen en el que no permanecen con estabilidad al no ser propietarias de la vivienda donde residen.

En suma, es una conflictividad que -aun con tono reservado y silente- da cuenta de una situación problemática, hasta ahora invisibilizada,³ por la que atraviesa un estrato social local que, fácticamente, es impulsado a habitar los ámbitos de borde o de banda⁴ del conglomerado, en cercanías de los espacios rurales que entornan la región. Es decir, se configura así el contexto de vivencias de un grupo de familias que, desde la polis central hacia los márgenes distantes y desterritorializados, recorre el trayecto socioespacial donde “otra” vida “arranca de nuevo”, en una (otra) nueva vivienda, en un lugar desconocido. Queda constituido así, un trayecto colectivo e individual impuesto por el Estado, no convenido, sin participación democrática alguna.

La compleja situación problemática resulta, entonces, plena de significaciones. Significaciones centradas en la dinámica socioespacial en la que determinado sector de la población vulnerable de la urbe es desmembrado del ámbito común e inmerso en un proceso de desterritorialización⁵ / reterritorialización que expone la desigualdad social sistémica y su espacialización, la segregación territorial. En tal sentido dice Dubet: “Nada ilustra mejor (...) que la disposición social de la ciudad contemporánea en la cual (...) los pobres y las clases medias ocupan territorios cada vez más (...) separados: cuando las desigualdades sociales son concentradas y reagrupadas en el espacio, sus efectos sociales se ven acrecentados...” (Dubet, 2014: 37).

Más concretamente, la situación responde a procesos territorializados con relocalizaciones residenciales que, entre 2007 y 2018, supeditaron las condiciones de vida de sectores poblacionales carentes de terreno-vivienda propio/a producidas por acciones fácticas y coincidentes de políticas estatales y operaciones del mercado inmobiliario. Son, en rigor, procesos generados por la disputa socioterritorial,⁶ que al reflejar el accionar de las/los actores sociales, en el caótico contexto expansivo del conglomerado, revela la acción de la

³ Invisibilizada no sólo por las autoridades estatales, provinciales-municipales, que no regulan el uso del suelo, sino también por un entramado mediático en silencio y fundamentalmente también, por el análisis académico que todavía sostiene una importante vacancia en el tratamiento de la problemática.

⁴ Extremo territorial, banda o “bando”: según el término germánico que nombra, en parte, a la acción comunitaria de exclusión (Agamben, 2018: 52).

⁵ “Desterritorialización sería “... la territorialización extremadamente precaria a que están sujetas (...) las ‘aglomeraciones humanas’, de los sin-techo, sin-tierra y de tantos grupos minoritarios en su lucha por ‘el territorio mínimo’ de la protección y el amparo cotidiano” (Haesbaert, 2011: 2).

⁶ Ya Aristóteles se preguntaba y se respondía: “...qué es la ciudad. (...) es objeto de disputa” (Aristóteles, 2007: 117). Es la puja socioeconómico-territorial donde los/las agentes sociales se disputan la distribución/apropiación de los espacios vacantes en los que se propaga la mancha espacial mientras evoluciona hacia los bordes. Es una disputa que territorializa los intereses hegemónicos que se adueñan de esos espacios, en fracciones loteadas de poder, en tanto mercancías ofertadas como bienes de cambio y no como bienes sociales donde prima la necesidad de los desposeídos que ampara el derecho a la ciudad.

hegemonía sociopolítica-económica del par socio-actoral Estado/mercado y como contrapartida, la del obrar no hegemónico-sometido de la lógica ciudadana.⁷

Dentro de ese contexto, el enfoque de este ensayo busca problematizar ese trayecto socioterritorial que, en todo sentido, recorre un grupo de familias paranaenses -clase media y baja- que no tiene posibilidad alguna de construir un lugar para el hábitat propio que esté próximo a su lugar de procedencia original. Grupo social que además, es cautivo de las decisiones de residencia y pertenencia que no controlan por sí y que sólo responde a una resolución política de la que no participan como parte reconocida y, por ende, directamente involucrada en la problemática. En tal sentido, citando a Ranciere (1996), sobre esa divergencia puede decirse que "...para que las partes discutan (...) hace falta en primer lugar, que existan como partes, con la posibilidad de elegir entre dos maneras de elegir su parte" (Ranciere, op. cit.: 129-130). Se busca exponer las experiencias divergentes de un grupo social de desposeídos de "tierra y techo" que no cuenta con la legitimidad fáctica de poder "...ser contados (...) ser narrados, o mejor aún, a ser narrados a formar parte de esa conversación colectiva..." (Rinesi, 2019: 100). O sea, constituyen un grupo que, al ser carentes de su hábitat propio, no son considerados sujetos de necesidad y derechos al momento de debatir por la porción de espacio social o lugar legítimo que les correspondería tener en el territorio común. En consecuencia, son de hecho "restados" social y espacialmente (Rinesi, op. cit.). No sólo marginados del espacio compartido de pertenencia sino, asimismo, excluidos social y políticamente de poder opinar dónde y cómo vivir.

En suma, éste es un ensayo que busca visibilizar los "puntos ciegos" de la realidad socioespacial neoliberal local que, ocultos en la anárquica expansión urbana, y en la disputa por la distribución-apropiación de suelo vacante, en las últimas cinco décadas,⁸ evidenció una política estatal arbitraria y anómica que vulnera el derecho a la ciudad y a la vivienda digna. En consecuencia, es imprescindible dar cuenta de esa vulneración al visibilizar las fragilidades fácticas de un derecho humano que, originado en las necesidades de

⁷ Son dos agrupamientos temporales de lógicas urbanas antagónicas: 1) el de las lógicas hegemónicas integradas por un Estado "desentendido" que no ordena ni planifica los espacios urbano-regionales en expansión; también por la del mercado inmobiliario desregulado que organiza con criterio mercantilista la oferta de suelo vacante; y 2) el de la lógica de la necesidad (Pírez, 1995): ciudadanas/nos que pugnan por mejores localizaciones, el completamiento de servicios básicos, y la optimización ecológica de loteos aptos para ser habitados sin mayores riesgos socioambientales.

⁸ Desde la habilitación del túnel subfluvial (finales de 1969) que, además de romper con el aislamiento socio-territorial provincial-local, dio inicio al ritmo incremental y sostenido del proceso de expansión urbano-regional que agravó, localmente, las consecuencias socioespaciales que perjudicaron a la población vulnerable del conglomerado.

acceso al espacio vital, han sido históricamente insatisfechas y/o de cumplimiento deficitario. Más aún, en ese orden de ideas dice Butler: “...no podemos comprender la vulnerabilidad como privación sin entender qué necesidad permanece insatisfecha (...) desamparo y necesidad original por el que la sociedad debe responder” (Butler, 2006: 58).

¿Mudados por necesidad?

Al producirse las mudanzas-traslados de los grupos familiares seleccionados entre los postulantes a ocupar nuevas viviendas en las nuevas localizaciones, se desencadena un proceso complejo de subjetivación⁹ ambivalente de individuos y colectivos afectados. Proceso que es parte del inédito trayecto de reterritorialización que, individual y/o colectivamente, se recorre desde el centro a la periferia. Surge así en el análisis, por un lado, una ambivalencia latente de apariencia compensatoria, que aunque no es exteriorizada,¹⁰ es atravesada por una experiencia dual que a la vez que ocasiona el desarraigo del ámbito original, también cubre la necesidad básica de contar con un hábitat propio; por el otro lado, se analiza una ambivalencia velada, que a la vez que invisibiliza de ex profeso la decisión por la que a grupos oriundos de Paraná se les niega residir en la centralidad urbana, en el mismo acto, se los desplaza al margen periférico a habitar las viviendas estatales.

Se evidencia así, por una parte, una deslocalización pretendidamente compensada y, por la otra, una vulneración de derechos ciudadanos a pertenecer y residir en el hábitat de origen. Por tanto, se está ante una conjunción de ambivalencias no resuelta. Conjunción planteada en términos dispares, y quizás maniqueos, expuesta en un escenario de indecibilidad donde -según sea la interlocución- se evalúa, visibiliza u oculta una conflictividad que expresa una reterritorialización no suficientemente transparente ni tampoco inteligible. Más aún, como refiere Ranciere (1996), es el caso en que “...los interlocutores entienden y no entienden la misma cosa en los mismos términos” (Ranciere, op. cit.: 9). Ahí mismo, en el lugar donde se exponen las diferencias ético-políticas, socioculturales y de clase, y donde también coincidentemente se suman las imposiciones del poder hegemónico-

⁹ Subjetivación, definida como “...lo que podemos ser como sujetos (Deleuze 1987). (...) la lucha por la subjetividad moderna se presenta para este autor como derecho a pensar diferente sobre aquello que se habla, se ve, se hace, se hace frente y se vive” (Manzano y Ramos, 2015: 15).

¹⁰ Los adjudicatarios de nuevas viviendas en barrios construidos en el Gran Paraná, después de haberse mudado, no se expresan, al menos públicamente, sobre la ubicación en que recibieron la vivienda del plan estatal. Por ahora no hay registros conocidos. Hay “silencios” de distinta intensidad. No obstante, por otra parte, se supone que ser trasladados a 15km de distancia del centro urbano, constituye una acción, en parte perjudicial, que intenta ser compensada con el acceso a una vivienda que no se tenía.

co, en este caso, las disfrazadas de relatos reparadores de una necesidad vital.¹¹ Necesidad que es además dislocada, sólo resuelta parcialmente y en perjuicio de quienes se los obliga al desarraigo al no tener más opciones que acceder a la vivienda dada, aunque se localice en los extremos del conglomerado.

Lo que en realidad se muda, además del grupo familiar, es la necesidad vital de residencia materializada en una casa a estrenar, aunque el resto de las condiciones de habitabilidad que entornan esa unidad nueva queden dislocadas y sobre todo pendientes y por venir: por un lado, las de las cercanías interciudadanas y las del sentido de pertenencia al lugar de origen; y por otro lado, las de la dotación de servicios públicos básicos y del equipamiento comunitario como así también las de las conectividades físicas y virtuales. Es decir, la necesidad de vivienda constituida en derecho queda conformada sólo en parte ya que deja diferida *-sine die-* la necesaria construcción del entramado socioterritorial y ambiental. Así entonces, en cada barrio de viviendas situado en un nuevo loteo estatal del periurbano, donde antes era un campo yermo, faltará cubrir el resto de las condiciones de habitabilidad urbanas, de infraestructura y servicios, con las que en su mayoría, extendidas y consolidadas, ya se contaban en la centralidad paranaense.

Ser abandonados o sentirse beneficiados

La decisión inconsulta del Estado y la posible nocividad en las condiciones de arraigo, laborales y culturales, como las de una supuesta utilidad beneficiosa para familias afectadas que expresa el caso, quedan en un umbral de indecidibilidad con al menos dos miradas disímiles de visión ético-política. Dos miradas analizadas en las que aún queda opacada, o no dicha la diferencia “entre lo útil y lo nocivo” (Ranciere, 1996).

Desde la mirada crítica, la reterritorialización de esas familias pone en evidencia la construcción de una distancia socioterritorial nociva, que es discriminatoria y segregante y que no sólo expresa el abandono y la deslocalización fuera de Paraná sino también, y sobre todo, el acto de poder estatal autocrático que resuelve no co-participar con la ciudadanía las decisiones en torno a una política habitacional-locacional que la aleja de sus primigenios ámbitos residenciales, laborales y culturales, caracterizados por la cercanía sociote-

¹¹ Políticas públicas de supuestos “efectos no buscados o bien incluso, buscados pero inconfesables” (Rinesi, 2019: 119). En definitiva, “...políticas inspiradas en ‘el concepto bienintencionado de *inclusión*’ que con mucha frecuencia no hacen más que producir y reproducir lo contrario de lo que postulan y que en cualquier caso no pueden sino reforzar la naturalización de la desigualdad sobre la que se sostiene toda la estructura de la sociedad” (*Ibidem*, el subrayado me pertenece).

rritorial.¹² Así entonces, la problemática subsiste como cuestión inequitativa y latente, que además parece no poder ser contada¹³ en referencia a las circunstancias nocivas que caracterizan a los trasladados que mudan a las familias de un lugar a otro, habiendo aun suelo vacante cerca de donde se reside, se trabaja y se interrelaciona socialmente. Mudanzas, entonces, que hacen quienes todavía mantienen una reserva grupal y/o individual enunciativa, sin exponer los perjuicios –sociales y territoriales- por los que transcurren y sin por eso valorar suficientemente “...el derecho a narrar: a formar parte de esa conversación colectiva que es una sociedad...” (Rinesi, 2019: 100).

En suma, por el lado crítico queda en evidencia el poder estatal legalmente ejercido con una “legitimidad” que no considera necesaria la validación social del colectivo afectado en el derecho humano al arraigo y la convivencia de proximidad, el de la cercanía con el lugar de trabajo y con los ámbitos comunitarios cercanos. Legitimación que en rigor, deja expuesta una práctica de poder consuetudinaria que, al hacer una pretendida concesión a la ciudadanía carente de vivienda, se permite dejar en suspenso e incumplir con los derechos ciudadanos y con el contexto situacional problemático entramado en las condiciones socioterritoriales laborales y culturales adversas.

Así, desde un análisis crítico puede considerarse que el grupo de familias reubicadas han sido abandonadas. Aunque si bien no fueron gravemente perjudicadas en su necesidad habitacional básica, sí lo son a través de la política socioterritorial estatal enfocada en: (1) acordar con el mercado la ocupación de terrenos disponibles, en el margen del conglomerado, aun teniendo opciones de suelo vacante-disponible en la centralidad urbana; (2) no consultar a la ciudadanía afectada sobre las nuevas urbanizaciones en que residirán, localizadas lejos de los lugares de trabajo y de los ámbitos socioculturales de legítima pertenencia, y (3) intentar compensar la asignación de viviendas con estrategias sociourbanas poco transparentes, que política y socialmente son segregantes y deficitarias.

Por otro lado, hay también una mirada de tipo mayormente conformista, orientada a meritizar el beneficio social que tendrían las estrategias habitacionales del Estado provincial en el Gran Paraná. Estrategias sociopolíticas oficiales que las familias trasladadas aceptan supuestamente resignadas, posicionándose sobre una dinámica de reterritorialización

¹² Cercanía en tanto “...proximidad, no sólo de trato sino de acción recíproca, de intercambio, de relación o al menos de exposición mutua” (Espósito, 2012: 15).

¹³ Amplia polisemia que remite tanto a los verbos contar-numerar y relatar, más la noción “tener en cuenta”. Es decir, una explicación que cabe tanto para el grupo poblacional cuando no es tenido en cuenta al momento de reconocer sus derechos, como al no admitir, de hecho, que el colectivo afectado pueda contar su problemática en tanto relato integral que no narre solamente su necesidad habitacional.

que, sin plantear lo inconsulto de la decisión locacional, busca adaptarse intentando resignificar y situar una perspectiva vital, laboral y cultural que se renueva y adviene. Se conforma así, un posicionamiento subjetivante que, en determinados sectores, acompañan a la decisión política que no objeta el gesto autocrático y dominante del poder burocrático estatal, que aparece valorando positivamente la circunstancia de contar con una vivienda nueva y, sobre todo, un nuevo ámbito de desarrollo sociocomunitario a construir. Se establece así una conjunción público-privada de tipo circunstancial, sin mayores resistencias de la ciudadanía beneficiaria, ni discusiones sobre el desarraigó y la segregación a que están sujetos. No obstante, desde esta posición quizás pueda esbozarse "...la emergencia de nuevas formas de lucha (...) tanto de producción de nuevos conocimientos como de nuevas subjetividades políticas" (Manzano y Ramos, 2015: 15).

En ese contexto sociopolítico hay entonces un sector de ciudadanas/os paranaenses que, al habitar una casa nueva en el periurbano, consideran que los 15km de distancia promedio, entre centro y la periferia regional, es una separación situacional, laboral y cultural que, en esta coyuntura, quedaría morigerada por la expectativa de contar con un techo propio, circunstancia aprovechada como base sociocultural de un sentido y una perspectiva de comunidad¹⁴ que, con un criterio político utilitarista, admite la contingencia que indujo al Estado *-per se-* a poder decidir dónde y cómo se debe residir.

Así, desde la mirada consensual puede considerarse que el grupo de familias reubicadas, en cierto sentido, fueron beneficiadas. Aunque si bien el beneficio de acceder a una casa nueva tendría una importancia trascendental para cada miembro, ni el Estado ni el mercado le garantizan que ese consenso tácito –no escrito- les asegure, en una determinada temporalidad, la dotación completa de la infraestructura urbana y los servicios básicos. Más aún, tampoco les garantiza la posibilidad de constituir un nuevo ámbito comunitario con los sentidos y las perspectivas que, en tiempo y espacio, pueden construir en base a sus identidades y trayectos socioculturales como paranaenses.

Conclusiones

El fenómeno social, tal como está planteado, busca ser configurado dentro de un proceso de reterritorialización que adquiere significación por la falta de una conversación

¹⁴ "Llamamos comunidad a una relación social cuando y en la medida en que la actitud de la acción social –en el caso particular, por término medio o en el tipo puro- se inspira en el sentimiento subjetivo (afectivo o tradicional) de los partícipes de constituir un todo" (Weber, 1922: 33).

social común indispensable, pendiente y posiblemente tensa, en tanto diálogo sociopolítico truncó entre la ciudadanía plebeya y carente, y quien detenta la legalidad¹⁵ del poder estatal. Debate político subyacente que persiste, en el que las partes éticamente saben que tiene que ser enfocado no sólo en la construcción de una vivienda nueva, sino también en las mejoras necesarias de las condiciones generales del hábitat, y en una localización residencial que no resulte impostada ni sea territorialmente excéntrica. El mutismo político, por tanto, expresa un diálogo faltante capaz de interpelar una pertenencia urbano-cultural abandonada, que los grupos trasladados aún identifican como propia y ya construida como paranaenses. Pertenencia de lugar y costumbres sociourbanas propias que sobre todo, frente a la pérdida sufrida, actúa como merma colectiva en el seno de los afectados, evidenciándose en las prácticas adquiridas y en la construcción de la experiencia comunitaria. En rigor, hay en definitiva una espacialidad social que las y los ciudadanas/os, habitantes de un territorio urbano propio construían cotidianamente¹⁶ -con lazos intersubjetivos- a partir de sus lógicas situadas de acción y de poder. Lógicas colectivas no-hegemónicas y subjetividades, que al ser susceptibles de ser aviesamente condicionadas y puestas en el contexto de un conflicto “acallado”, quedan ubicadas sobre “...la línea de división entre la comunidad del Bien y el contrato utilitarista (que) parece aquí muy difícil de trazar” (Ranciere, 1996: 15). Entonces no sólo se plantea un conflicto silente, irresuelto y “difícil de trazar...” (*Ibidem*). Hay también una conflictividad latente, que persiste frente a la vigencia de los derechos humanos vulnerados de acceso a un hábitat de calidad –residencial y situacional-, por un lado; por el otro, hay una conflictividad velada frente al utilitarismo, estatal y/o ciudadano, centrado en el hecho parcial de asignar un techo-terreno por familia, que no explica el por qué ni cuál es el lugar donde se sitúan o situarán los nuevos barrios estatales del periurbano paranaense.

Vale entonces proponer/estudiar la necesidad de una resolución de carácter ético-política que esté planteada desde la singularidad del propio ámbito socioespacial del conglomerado. Ahí donde “...la política es el arte (...) de la construcción local y singular... (...) La política, en su especificidad... Siempre es local y ocasional” (Ranciere, 1996: 172-173). Una política y una ética que puedan desarmar localmente el estadio de indecidibilidad y

¹⁵ Legalidad basada “...en la orientación hacia la obediencia a las obligaciones legalmente establecidas; una dominación como la que ejercen el moderno servidor del Estado y todos aquellos titulares del poder que se asemejan a él” (Weber, 2005: 14). En este caso, legitimidad de una obediencia incuestionada.

¹⁶ “Lo cotidiano es el lugar donde se juega la socialidad de la alteridad (Lindón Villoria, 2000). Así es el lugar donde el individuo se enfrenta al otro, es el lugar “donde la alteridad es metabolizada (Pietro Bellasi, 1985)” (D’Angeli, 2011: 77).

de mutismo de una problemática que invisibiliza la decisión estatal aplicada a las familias carentes de vivienda/terreno propia/o. Decisión ético-política que, de exprofeso, además enmascara -a partir del otorgamiento de una nueva casa- la estrategia de no dar participación a las/los adjudicatarias/os para que opinen sobre dónde y cómo es el ámbito en que vivirán e integrarán una futura (otra) comunidad.

Se trata entonces de determinar una estrategia de política local-provincial que integre en la decisión faltante a la ciudadanía paranaense, haciéndola copartícipe de la disponibilidad de lotes urbanos vacantes y disponibles que sean aptos para emplazar, en ámbitos de una cercanía urbana original, nuevos conjuntos habitacionales. En suma, la propuesta consiste en constituir y coparticipar, dialogar y poder disentir sobre una política estatal del hábitat integral. Democracia participativa, al fin, donde básicamente quede esclarecido que “...lo impropio no sólo permite que la comunidad exista por su solidez sino por su ‘plebiscito cotidiano’...” (González, 2021: 271). Así pues, sin utilitarismos ni nocividades comunitarias impropias en las que políticamente dejen “...de equilibrarse pérdidas y ganancias [y] donde la tarea consiste en repartir las partes de lo común, en armonizar según la proporción geométrica las partes de comunidad y los títulos para obtener esas partes, las *axiāi* que dan derecho a la comunidad” (Ranciere, 1996: 18, el subrayado es mío).

En ese orden, por lo tanto, este artículo propone la problematización inicial de una temática socialmente sensible e intenta poner en crisis una acción ético-política originada en el Estado provincial, contradictoria, poco transparente y autocrática. Más aún, en ese contexto se torna necesario dejar expuesta, en una primera instancia, la explicación de los posibles posicionamientos que subyacen y están ínsitos en el seno del colectivo social y las individualidades afectado/as. Explorados como posturas disímiles en construcción, aunque no únicas, esos posicionamientos estarían expresando un fenómeno social vigente que en base a una dinámica de desplazamientos poblacionales inéditos aún se mantiene poco indagada por la academia local y sin repercusión comunitaria alguna que permita cuestionar o avalar los criterios adoptados.

Se pretende así, darle continuidad al análisis de un fenómeno social de matriz conflictiva sin procesar, originada en una política habitacional del Estado municipal-provincial –individual o conjunta- que aún persiste. Se trata de un análisis socioespacial en el que es necesario interpelar la decisión política estatal que oculta una problemática contenida, cuya dinámica específica se enfoca en: (1) el impulso sostenido de la reterritorialización que continúa sin ser revisada ni explicada, ética y/o políticamente, por quienes detentan

el poder gubernamental; (2) la obstinación de haber licitado durante 16 años¹⁷ la construcción de cinco barrios en dos ciudades conurbadas y el periurbano local, habiendo terrenos vacantes, aptos y con servicios, dentro la centralidad de la ciudad de Paraná; (3) la ausencia de política habitacional y de planificación conjunta -municipal-provincial- que garantice la inclusión territorial y el arraigo residencial de las/los paranaenses en ámbitos urbanos de cercanías, dándoles el lugar que por derecho propio les corresponde tener dentro del ejido;¹⁸ (4) el desentendimiento de las gravosas consecuencias socioespaciales que sobre la población vulnerable produce la expansión sociourbana descontrolada y la disputa socioeconómica-territorial desregulada, y (5) la ausencia de una coparticipación estatal-comunitaria que impide la posibilidad de debatir-discutir¹⁹ racionalmente con los funcionarios que deciden la política habitacional, y determinan autocráticamente las críticas condiciones de vida del amplio sector social carente de “techo y tierra”.²⁰ En rigor, es este un entramado político que, básicamente, oculta un conflicto social en cierres, no por ello es menos intenso. Conflicto que, aunque confuso, deja velada la política habitacional estatal sesgada que decidió: (1) desplazar población segregándola en diferentes lugares de la periferia urbano-regional; (2) la preservación de suelo urbano vacante para su mayor apreciación económica que especula obstinadamente y a la vez maximiza ganancias, y (3) la aún ventajosa disposición en favor del mercado, de terrenos libres, con y sin servicios, en el periurbano local.

En ese contexto, vale interrogarse por qué aún persiste la ausencia de una agitación social que supuestamente diluye y oculta el conflicto y a la vez parece evitar la confrontación-división entre los que deciden y las/los que están afectadas/os por una reterritorialización injusta. Sin embargo, intentando una primera respuesta, lo cierto es que a pesar de

¹⁷ Período 2007-2018: 1.400 viviendas construidas y entregadas a través del IAPV provincial en Colonia Avellaneda, San Benito y periurbano de Paraná.

¹⁸ Aunque también puede decirse que “...no hay sociedad que no anuncia que no hay lugar para todos y no que emita todo el tiempo órdenes de exilio, no sólo (...) expulsando gente fuera de sus territorios, sino confinando a muchas personas dentro mismo de sus fronteras...”, (Rinesi, 2019: 117 - 118).

¹⁹ Sobre derechos ciudadanos y particularmente sobre el debate-discusión público-privado, Hegel enuncia este concepto: “La discusión permite que la opinión pública alcance (...) el verdadero pensamiento, la inteligencia de la situación y del concepto del Estado y de sus problemas, y (...) por lo tanto, una capacidad de juzgar más racionalmente acerca de él; y (...) aprenda a conocer y a apreciar también las funciones, las capacidades, las virtudes y las aptitudes de las autoridades del Estado y los funcionarios...” (Hegel, 1968: 263).

²⁰ “Tierra y techo”, dos de los elementos político-discursivos por los que luchan los movimientos sociales a los que le agregan “trabajo”, constituyendo así “Tierra, Techo y Trabajo”, la triada reivindicativa que enarbola los “...tres derechos básicos para el Desarrollo Humano Integral...” Fuente: página web del MTE (Movimiento de trabajadores Excluidos), <https://mteargentina.org.ar/tierra-techo-trabajo/>

los silencios de las partes, subsiste aún un proceso inevitable en el que “... si no hay agitación, hay división. O también sin conflicto habrá división” (Loraux, 2008: 108). Es decir, la hendidura política, la división subyacente que persiste entre decisores políticos y ciudadanía carente –colectivos e individuos- que existe y divide, aunque sea opacada por un ardid que es poco ético y una política estatal que tampoco tiene transparencia. En síntesis, con división y conflicto sin resolver faltará la política. Una política local que permita integrar socialmente y resolver, aunque sea transitoriamente, el conflicto que subsiste aunque exprese relaciones sociales de fuerza en permanente tensión.

En conclusión, puede considerarse que la clave de este artículo consiste en problematizar un fenómeno social que aunque aparenta mantenerse oculto, es analizado desde una multiplicidad de variables con el foco puesto en la posición ético-política de los actores sociales directamente involucrados. Además, sobre ese foco analítico a desbrozar, asimismo, se propone *en continuum* y a la par, desplegar el estudio concomitante del contexto problemático que da sentido, en tiempo-espacio, al fenómeno que suma la expansión urbano-regional descontrolada -demográfica y territorial- y la disputa socioterritorial anómica por el suelo vacante en el Gran Paraná. Se trata así, de poder analizar las relaciones de poder que facilitan la comprensión social y la visibilización de prácticas ético-políticas circunstancialmente hegemónicas y no-hegemónicas, como asimismo, los acompañamientos potenciales o las rebeldías ciudadanas en acción que pueden dar cuenta de los diversos sentidos y las perspectivas que subyacen en la vida sociocomunitaria.

Bibliografía citada

- ❖ Agamben, G., 2018. *Homo sacer. El poder soberano y la vida desnuda*. Adriana Hidalgo editora, Buenos Aires.
- ❖ Aristóteles, 2007. *Política*. Losada, Buenos Aires.
- ❖ Bellasi, P., 1985. “Evénement et quotidien”, *Sociétés: la rhétorique du quotidien*, Vol. 1, Nº 3, Paris.
- ❖ Butler, J., 2006. *Vida precaria*. Paidos, Buenos Aires.
- ❖ D'Angeli, L., 2011. “Configuraciones sociales en el hábitat. Reflexiones en el marco de la trialéctica espacial” (pp. 71-84). En: Kollmann, M. I. (Coord.), *Espacio, espacialidad y multidisciplinariedad*, Eudeba, Buenos Aires.

Artículos

T. P. Arias, ¿Abandonados en el borde? Paranaenses desposeídos de suelo-vivienda propio/a, mudados al periurbano

- ❖ Deleuze, G., 1987. *Foucault*, Ed. Paidos, Barcelona, Buenos Aires, México, 161 pp.
- ❖ Dubet, F., 2014. *Repensar la justicia social*. Siglo XXI, Buenos Aires.
- ❖ Espósito, R., 2012. *Communitas. Origen y destino de la comunidad*. Buenos Aires: Amorrortu editores, Buenos Aires.
- ❖ Fraser, N., 2023. *Capitalismo caníbal*. Siglo XXI, Buenos Aires.
- ❖ González, H., 2021. *Humanismo, impugnación y resistencia*. Colihue, Buenos Aires.
- ❖ Haesbaert, R., 2011. *El mito de la deterritorialización. El fin de los territorios*. Siglo XXI, México.
- ❖ Hegel, F., 1968. *Filosofía del derecho*. Editorial Claridad S.A., Buenos Aires.
- ❖ Lindón Villoria, A. (coord.), 2000. *La vida cotidiana y su espacio-temporalidad*, Anthropos, México.
- ❖ Loraux, N. 2008. *La ciudad dividida. El olvido en la memoria de Atenas*. Katz Editores, Buenos Aires.
- ❖ Manzano, V. y A. Ramos, 2015. “Procesos de movilización y de demandas colectivas: estudios y modos de abordar ‘lo político’ en la vida social” pp. 1-25). *Revista Identidades* Nº 8.
- ❖ Pérez, P., 1995. “Actores sociales y gestión de la ciudad. Ciudades latinoamericanas: modernización y pobreza. XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología, México.
- ❖ Ranciere, J., 1996. *El desacuerdo. Política y Filosofía*. Ediciones Nueva Visión, CABA.
- ❖ Rinesi, E., 2019. *Restos y deshechos. El estatuto de lo residual en la política*. Caterva, Buenos Aires.

Cita: Arias, T. P., 2025. “¿Abandonados en el borde? Paranaenses desposeídos de suelo-vivienda propio/a, mudados al periurbano” (pp. 12-24), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

UADER, un modelo de inclusión social y desarrollo territorial

UADER, a model of social inclusion and territorial development

Juan Pablo Filipuzzi*



Fecha de recepción: 24/09/2025

Fecha de aceptación: 07/11/2025

Resumen

¿Con qué modelo de universidad se identifica a la UADER en cuanto al modo de producción de conocimientos en las universidades argentinas (y latinoamericanas)? ¿Con el del “libre pensamiento” o con el “desarrollista” y del “conocimiento útil”? En este artículo se postula que la UADER, desde su fundación, se encuadró dentro del modelo desarrollista, no solo por haber orientado su producción científico-tecnológica hacia las necesidades de desarrollo social y productivo provincial, sino porque apuntó a romper la brecha de desigualdad en el acceso a la educación superior existente entre los deciles más bajos y más altos de ingreso de la población. Concomitantemente puso en marcha un desarrollo territorial, probablemente único en la Argentina, que le permitió a más del 70% de los entrerrianos contar en su localidad con una universidad “de cercanía”, y al 29% restante dentro de un radio que no supera los 100 km de distancia de su lugar de residencia.

Palabras clave: “Universidad”; “desigualdad”; “inclusión social”; “desarrollo territorial”.

Abstract

With which university model does UADER identify in terms of the mode of knowledge production in Argentine (and Latin American) universities? With the one “free-thinking” or with the “developmentalist” and “useful knowledge” one? This article posits that, since its founding, UADER has adhered to the developmentalist model, not only because it oriented its scientific and technological production toward the needs of provincial social and productive development, but also because it aimed to close the inequality gap in access to higher education existing between the lowest and highest income deciles of the population. Concomitantly, it launched a territorial development, probably unique in Argentina, which allowed more than 70% of the people of Entre Ríos to have a "nearby" university in their locality, and the remaining 29% within a radius of no more than 100 km from their place of residence.

* Decano Facultad de Ciencia y Tecnología - UADER. Dirección de contacto: fcyt_decanato@uader.edu.ar

Keywords: “University”; “inequality”; “social inclusion”; “territorial development”.

Introducción

“Queremos que un joven de esta provincia empiece la primaria en una escuela pública y termine con su título universitario en un establecimiento de su misma provincia, de su misma tierra” (Sergio A. Montiel, 2000, Gobernador de la Provincia de Entre Ríos: 1983-1987; 1999-2003)

En el aproximadamente cuarto de siglo que tuvo lugar entre el final del primer gobierno de Perón (1946-1952) y el golpe de estado cívico-militar del año 1976, un grupo de destacados científicos e intelectuales de las universidades nacionales argentinas -como Jorge Sabato, Amílcar Herrera, Manuel Sadosky y Oscar Varsavsky, entre otros referentes del pensamiento nacional- comenzó a reflexionar sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, dando lugar -a partir de la década de los años '60- a la conformación de la corriente denominada “Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad” (PLACTS; Dagnino et al., 1996). El propósito era encontrar respuestas a los siguientes interrogantes: ¿cómo se relacionan la ciencia y la política?, ¿cómo poner la ciencia y la tecnología al servicio del desarrollo social de un país periférico? y ¿qué lugar debe ocupar la universidad en ese proceso?, a la vez que ponía en consideración algunos instrumentos analíticos como “demanda social por CyT”, “política científica implícita y explícita” y “estilos tecnológicos”, entre otros. Es de destacar que tales interrogantes e instrumentos fueron formulados como herramientas para comprender el cambio en términos regionales (América Latina y el Caribe) y aun globales, y no solamente en clave nacional. De hecho, el grupo también estaba integrado por intelectuales y científicos de otros países de la región, como José Leite Lopes de Brasil, Francisco Sagasti de Perú; Máximo Halty Carrere de Uruguay y Marcel Roche de Venezuela, por solo mencionar algunos. Si bien en PLACTS convivió una amplia gama de posturas ideológicas –que abarcó tanto al “pragmatismo” de Sábato como al “radicalismo” de Varsavsky (Dagnino et al., op. cit.)-, hubo consensos tanto en relativizar el carácter intrínsecamente positivo de la ciencia -como lo consideraba el discurso “corporativo” de la corriente del “libre pensamiento” entonces dominante- así como en el planteo de la necesidad de “acoplar la infraestructura científico-tecnológica a la estructura productiva de la sociedad” (Sábato y Botana, 1975: 218).

Desde entonces se ha generado un debate -aún inconcluso- en torno al perfil que deben adoptar las universidades en la producción de conocimientos científicos y tecnoló-

gicos. En términos generales, ese debate quedó signado por dos enfoques antagónicos: por un lado, el de las universidades como centros de “libre pensamiento”, un espacio social reservado a “entornos de creatividad” y a la producción de “novedades disruptivas” (Hurtado y Zubeldía, 2017: 26), basado en la lógica de amparar la producción de conocimiento “puro”, “básico” o “de frontera”¹ y donde la investigación científico-tecnológica se desarrolla sin ningún tipo de condicionamientos, lo que dio lugar a la metáfora de la “universidad isla”. Por el otro, el enfoque de las universidades como generadoras de “conocimiento útil” (que, por lo general, no es conocimiento de frontera), con un perfil más desarrollista, lo que supone instituciones con capacidad de producir ciencia y tecnología en respuesta a las necesidades y los desafíos de las políticas locales de desarrollo económico y social (Hurtado y Zubeldía, op. cit.).

Sin pretensión de analizar cómo evolucionaron a lo largo de la historia ambos posicionamientos (que suelen representarse bajo un formato poco rígido, no esquemático e, incluso, a veces “híbrido”), volviendo al cuarto de siglo mencionado en el primer párrafo de esta introducción, valga señalar a grandes rasgos que a fines de la década de los ’40 y comienzos de los ’50 dominaron los modelos de universidad del tipo “desarrollista” (e.g., Universidad Nacional de Tucumán, la Universidad Obrera Nacional -hoy Universidad Tecnológica Nacional- y el Instituto de Física de Bariloche -hoy Instituto Balseiro-, entre otras instituciones véase Álvarez, 2000 y Tagashira, 2008, citados por Hurtado y Zubeldía, op. cit.), hasta que a partir del golpe militar de 1955 pasan a hegemonizar los modelo del “libre pensamiento”, que se fortalecieron con la sucesión de gobiernos de facto que tuvieron lugar a partir de entonces y, de fundamental importancia, con la prácticamente inexistente demanda de ciencia y tecnología tanto del Estado como del sector productivo, público y privado, en el marco de un modelo económico y productivo reprimarizados al extremo.

Dado que en este trabajo se procura dilucidar cuál fue el posicionamiento que adoptó la UADER al respecto, o lograr una aproximación, no está de más destacar que los dos modelos de universidad antes sintetizados no solo se caracterizaron conceptualmente por la modalidad de producción científica, sino que además ello tuvo un correlato en otros aspectos tanto académicos –e.g., el diseño curricular- como en aquellos relativos a la organización territorial y la inserción social de la institución. En términos generales puede de

¹ El “conocimiento de frontera” es el que surge de investigaciones de vanguardia, generalmente destinadas a la generación de nuevos conocimientos, el abordaje de problemas complejos y la utilización de metodologías innovadoras.

cirse que el modelo “desarrollista” estuvo más asociado al desarrollo territorial (e.g., UTN) y a una mayor accesibilidad en términos de inclusión social, mientras que el modelo del “libre pensamiento” se presentó con menos vinculaciones con el territorio y bajo una concepción más elitista de la educación superior y, por ende, más restringida socialmente. En ese sentido, la UADER abandonó claramente la matriz del libre pensamiento para orientarse hacia el modelo desarrollista, conforme lo revelan las palabras de su propio fundador, el gobernador de la Provincia de Entre Ríos, Dr. Sergio Montiel, al sintetizar su idea sobre las diferentes dimensiones del conocimiento puestas en igualdad de condiciones con la creación de la universidad provincial: “Tenemos la aspiración legítima de que esta Universidad marque rumbos, señale en la investigación científica y técnica, filosófica, humanística y social todo lo que hace nuestra sociedad (...) Queremos una Universidad que nos impulse hacia las profundas transformaciones” (UADER; 2025: 14). De allí surge un modelo de universidad en donde se alinearon las actividades de investigación científico-tecnológica con las necesidades provinciales (económicas, sociales, productivas, etc.), que posteriormente -sea por circunstancias históricas o por necesidad- siguieron quienes estuvieron a cargo de su conducción, tal como se sintetiza en el libro *Una universidad que transforma: 25 años, 2000-2025*: “No se hace ciencia de cualquier modo: la mirada está puesta en el desarrollo local” (UADER, 2025: 97). Es así que, a lo largo de su historia, la UADER se fue perfilando como una institución promotora de un carácter inclusivo y de una notable descentralización territorial, probablemente únicos, que no solo distingue en la actualidad a este institución sino que, además, transformó radicalmente las posibilidades de acceso a la educación superior de los habitantes de la provincia de Entre Ríos.

El derecho a la educación superior, razón fundacional de la UADER

La UADER ha cumplido 25 años crecimiento y consolidación institucional, si se quiere -desde la perspectiva histórica de una institución- una breve historia, pese a lo cual los resultados obtenidos son muy relevantes a la luz de uno de sus desafíos más importantes en el momento de su creación por Ley 9550, sancionada el 8 de junio de 2000, desafío magníficamente sintetizado en la siguiente cita: “... esta universidad nació de una idea, pero sobre todo, de una convicción: la educación pública es un derecho y sigue marcando el camino” (UADER, 2025: 11). Y agrego, aunque esté implícito: un derecho *para todos y todas*, con lo cual la UADER logra plasmar su propia identidad, que se consolida al adquirir jerarquía constitucional con la reforma de la carta magna entrerriana de 2008 (Artículo 269 de

la Constitución de la Provincia de Entre Ríos), garantizándose así la plena vigencia y permanencia en el tiempo de este derecho. Cabe señalar que tal reconocimiento constitucional se dio de manera genérica, a la “Universidad Pública Provincial”, y no a la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), lo cual parece pertinente dado que el nombre puede mantenerse o modificarse sin que ello ponga en riesgo las garantías constitucionales establecidas (Filipuzzi, 2023).

La creación de la UADER se produce durante la segunda gobernación de Sergio Alberto Montiel (1999-2003), un período signado por la crisis económico-financiera desatada por el colapso del modelo menemista de la convertibilidad de fines de los '90 y su continuidad durante la presidencia de Fernando De la Rúa (1999-20 de diciembre de 2001), que afectó tanto a la provincia como al país y cuyo corolario fueron los conocidos acontecimientos (protestas, saqueos, muertes) del 19-20 de diciembre de 2001 que finalmente sellaron la renuncia del entonces presidente de la Nación. No es casual entonces -y acaso premonitorio- que el 12 de noviembre 2021 el Diario *Uno Entre Ríos* haya titulado “UADER: hija de la crisis y madre de nuevos mundos”.²

En los años que se sucedieron el despegue de la UADER se dio en el marco de un “viento de cola” que venía desde la Nación. A partir de 2003, el nuevo gobierno nacional se había propuesto reorientar la educación superior hacia un desarrollo inclusivo, alejándose del modelo del “libre pensamiento” de IyD de las universidades, aunque sin cuestionar a fondo la matriz neoliberal. En ese marco, entre 2003 y 2015, se produce lo siguiente:

... el CONICET pasó de alrededor de 3.600 investigadores y 2.800 becarios en 2003 a 9.200 investigadores y 10.000 becarios en 2015; el presupuesto del INTA pasó de 200 millones a 3.300, el del INTI de 30 a 943 millones y el de CNEA de 100 a cerca de 4.000 millones; y los aportes al sector universitario pasaron del 0,5% del PBI en 2003 al 1% de un PBI que en 2015 se había duplicado (...) Esta inversión creciente hizo posible la creación de quince universidades públicas de acuerdo a criterios de federalización y apoyo a los desarrollos regionales e impactó en las actividades de I+D en las universidades (Hurtado y Zubeldía, 2017: 30-31).

Sin perjuicio del contexto favorable de las universidades y el sector Ciencia y Técnica en el cual la UADER desarrolló sus primeros 15 años de actividades, desde su creación o, quizás mejor, desde el 22 de junio de 2001 cuando el Poder Ejecutivo Nacional –tras la recomendación de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)³- le otorga el reconocimiento (Decreto Nº 806/01) en los términos del artículo 69,

² <https://www.unoentrerios.com.ar/uader-hija-la-crisis-y-madre-nuevos-mundos-n2699961.html>

inciso a) de la Ley Nacional N° 24.521 (ley de Educación Superior), las autoridades provinciales, tanto de los poderes ejecutivo como legislativo (hubo una Comisión Bicameral de seguimiento desde la fundación de la UADER que se disolvió en 2012 al consagrarse la plena autonomía de la institución mediante la primera elección democrática de sus autoridades) como las de la propia universidad en todo su recorrido institucional (organización, intervención y normalización) no ahorraron esfuerzos en el fortalecimiento de la Universidad Pública Provincial (en los términos de la Constitución Provincial), impulsando diversas estrategias de inclusión social y de "enraizamiento" de la misma en el territorio provincial, rasgos que hoy caracterizan y distinguen el modelo de gestión universitaria de la UADER.

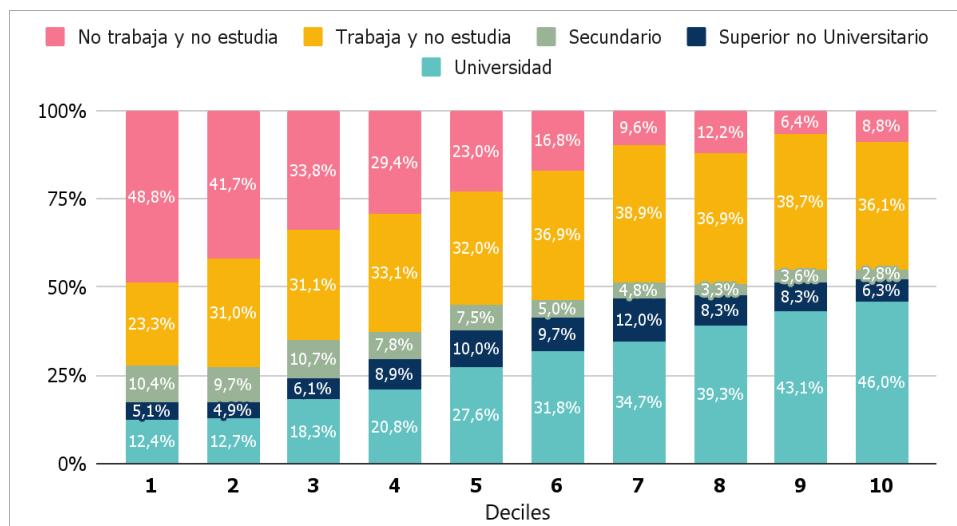
Desafiando la desigualdad

“Pero cómo? ¿Cómo que habría un derecho a la Universidad?” (Rinesi, 2015: 57). Luego invierte la pregunta: “¿cómo que ese derecho a la Universidad al que acá le estamos dando, al parecer, tanta importancia, constituiría una *novedad*? ” (Rinesi, op. cit.: 57, el subrayado me pertenece). La pregunta tiene una carga irónica interesante: ¿cómo podría ser una “novedad”? , plantea, si la Constitución y las leyes argentinas –he aquí la ironía–señalan la existencia de un derecho a la educación en general y –sugiere– a la educación universitaria como parte de ella. La segunda pregunta que se hace Rinesi es si *hoy* existe ese derecho de manera “más-que-declarativa”. Según el autor, en la Argentina existen dos condiciones, entre otras, que permiten pensar ese derecho como algo cierto y concreto, ya no como meramente especulativo o abstracto: en primer lugar, la obligatoriedad de la escuela secundaria (Artículo 16º de la Ley de Educación Nacional N° 26.206/06), sin perjuicio de que de allí “... no se desprende que la escuela secundaria se haya vuelto, ni mucho menos, *efectivamente obligatoria para todos y, de ahí, efectivamente universal*” (*Ibidem*: 58). La segunda condición es el gran número de instituciones que conforman el sistema de universidades públicas y gratuitas del país, cuyo crecimiento (y expansión geográfica) ha sido muy significativo, quintuplicándose en menos de cincuenta años a través de tres oleadas principales: la primera, a fines de los años ’60 y comienzos de los ’70; la segunda, en la primera mitad de los años ’90, y la tercera, en la primera quincena de los años 2000 (*Ibidem*).

³ La CONEAU también realizó recomendaciones al Ministerio de Educación para el reconocimiento oficial y la validación nacional de los títulos, conforme lo establece el artículo 41 de la Ley N° 24.521, a la vez que sugirió diferir tal reconocimiento hasta tanto la UADER presentara la documentación de respaldo.

Sin embargo, y aun compartiendo las condiciones favorables señaladas por Rinesi para pensar en un “derecho a la universidad” universal y efectivo en la Argentina, no se deben soslayar algunos problemas realmente existentes que actúan como escollos para su consecución. Uno de ellos es que la desigualdad en los ingresos de la población tiene su correlato en la desigualdad en el cumplimiento de la educación secundaria completa, no obstante que su obligatoriedad fue establecida hace más de quince años. En efecto, es de hacer notar que en el decil más alto de la población los jóvenes finalizan sus estudios secundarios en porcentajes comparables a los de los países desarrollados, en tanto que en los deciles más bajos solo menos de un tercio logra ese cometido (Templado, et al., 2021). Obviamente, ese problema se traslada a la educación superior a la que -según los datos de la Encuesta Permanente de Hogares- solo accede menos del 30% de los jóvenes de entre 19 y 25 años pertenecientes a los dos deciles más bajos de la población. Ese porcentaje, como contracara, se va incrementando a medida que los deciles suben, hasta casi duplicarse (55%) en los dos más altos (Templado, et al., 2022, véase el Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de asistentes a nivel superior por decil para personas entre 19 y 25 años

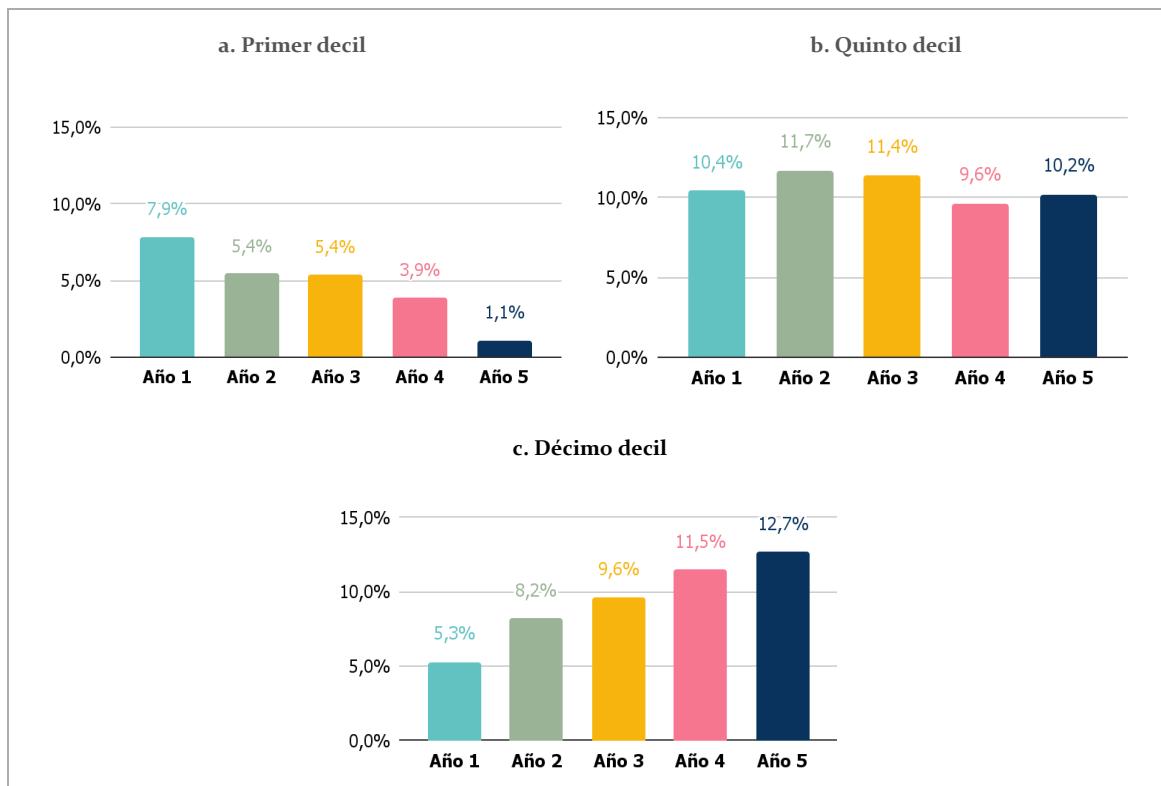


Fuente: Observatorio de Argentinos por la Educación - Encuesta Permanente de Hogares (en: Templado et al., 2022)

Hay que resaltar que en el nivel de educación superior las desigualdades se acentúan aún más en lo que concierne a la permanencia y finalización de los estudios universitarios: a medida que avanzan los años de las carreras, el número de alumnos de los deciles inferiores va disminuyendo, y la distribución tiende a concentrarse en los deciles superiores. En el Cuadro 2 se muestran los deciles 1, 5 y 10 (sectores bajos, medios y altos respectivamente), pudiéndose observar cómo varía la proporción de jóvenes en cada año, en particu-

lar, cómo disminuye para el decil 1 a medida en que avanzan los años de la carrera. Así, los y las estudiantes del primer decil representan un porcentaje cada vez menor de la población universitaria: del 7,9% en el primer año se reduce al 1,1% del total en el 5º año de la carrera (Cuadro 2.a.), al tiempo que los del decil 5 se mantienen más o menos constante en todos los años de la carrera (Cuadro 2.b.), y los del decil más alto aumenta de un 5,3% en el primer año a un 12,7% en el 5º año (Cuadro 2.c., Templado, et al., 2022).

Cuadro 2. Proporción de jóvenes, por decil, en cada año de la universidad



Fuente: Observatorio de Argentinos por la Educación - Encuesta Permanente de Hogares (en: Templado et al., 2022)

Esto refleja que, si bien se ha dado un proceso de democratización en las universidades argentinas, en cuanto a que el ingreso de estudiantes pertenecientes a los deciles de población más bajos se ha incrementado, las desigualdades persisten –o se agudizan aún más– en relación a que la mayoría de ellos no logra finalizar sus estudios. En palabra de Rinesi (2015), “... la Universidad está recibiendo mucho más jóvenes de clases medias-bajas y bajas, pero sigue produciendo profesionales de clases medias-altas y altas” (Rinesi, op. cit.: 99). Sin embargo, esta situación no se vería reflejada en la UADER, como se examinará a continuación.

Para ello es interesante analizar el “Anuario de Estadística Universitarias” (UADER, 2022), un documento que muestra en forma resumida y estandarizada las principales estadísticas que describen las actividades universidad provincial, y la información publicada en la “Síntesis de Información Universitaria” (UADER, 2023), elaborada a partir de los datos obtenidos a través del SIU Guaraní. De interés para este artículo es señalar que en el año 2023 cursaba un total de 31.880 estudiantes (7.801 en carreras de pregrado y 24.038 de grado), el 80% procedentes de distintas localidades de la provincia de Entre Ríos, el 52% de entre 18 y 27 años de edad y, de gran relevancia, *el 87% procedentes de padres y el 74% de madres sin estudios universitarios completos*, es decir, primera generación de universitarios (en los Cuadros 3 y 4 se muestran los datos correspondientes a 2022).

Cuadro 3. Estudiantes por máximo nivel de estudios alcanzados por el padre (período 2022)

UADER	Total	Estudios del padre							
		Primario incompleto/sin estudios	Primario completo	Secundario incompleto	Secundario completo	Universitario incompleto	Universitario completo	Posgrado	Sin datos
Estudiantes	31.119	2.521	4.620	3.965	6.189	1.516	2.708	190	9.410
%	100	8	15	13	20	5	9	1	30

Fuente: Anuario de Estadísticas Universitarias – 2022 (UADER, 2022)

Cuadro 4. Estudiantes por máximo nivel de estudios alcanzados por la madre (período 2022)

UADER	Total	Estudios de la madre							
		Primario incompleto/sin estudios	Primario completo	Secundario incompleto	Secundario completo	Universitario incompleto	Universitario completo	Posgrado	Sin datos
Estudiantes	31.119	1.713	3.886	3.618	6.101	1.718	5.936	341	7.805
%	100	6	12	12	20	6	19	1	25

Fuente: Anuario de Estadísticas Universitarias – 2022 (UADER, 2022)

Partiendo de los datos correspondientes al año 2013, el incremento de la matrícula de la UADER en el 2023 fue de poco más del 37% (de 20.057 a 31.880 estudiantes), siempre tomando en cuenta el número total de estudiantes de las cuatro facultades, sin discriminación ese total por deciles de ingreso de la población. No obstante, dado que en su mayoría se trata –como se señaló para 2023- de primera generación de universitarios a nivel familiar, puede suponerse en gran medida que a lo largo de esos años hubo una presencia significativa de jóvenes procedentes de deciles medios-bajos y bajos de la población. Pero lo más interesante es lo siguiente: en 2022 egresaron 729 estudiantes de la UADER, de los

Artículos

Filipuzzi, J. P., UADER, un modelo de inclusión social y desarrollo territorial

cuales el 75% era de la provincia de Entre Ríos, el 60% de entre 20 y 30 años de edad, y *alrededor de la mitad proviene de padres y madres sin estudios universitarios completos* (56% y 49% respectivamente) (UADER, 2023, véanse los Cuadros 5 y 6), lo cual corroboraría que *la producción de profesionales en la UADER no “sigue siendo de clases medias-altas y altas” exclusivamente, sino que también abarca a sectores medios-bajos y bajos* (en un porcentaje significativo cercano al 50%, o más, de los egresados), *signo inequívoco de la UADER como institución inclusiva y de su papel en la movilidad social ascendente de los y las entrerrianos/as.*

Cuadro 5. Egresados por máximo nivel de estudios alcanzados por el padre (período 2022)

UADER	Total	Estudios del Padre							
		Primario incompleto/sin estudios	Primario completo	Secundario incompleto	Secundario completo	Universitario incompleto	Universitario completo	Posgrado	Sin datos
Egresados	729	58	115	81	113	41	69	7	245
%	100	8	16	11	16	6	9	1	34

Fuente: Anuario de Estadísticas Universitarias – 2022 (UADER, 2022)

Cuadro 6. Egresados por máximo nivel de estudios alcanzados por la madre (período 2022)

UADER	Total	Estudios de la Madre							
		Primario incompleto/sin estudios	Primario completo	Secundario incompleto	Secundario completo	Universitario incompleto	Universitario completo	Posgrado	Sin datos
Egresados	729	42	89	57	118	49	146	9	219
%	100	6	12	8	16	7	20	1	30

Fuente: Anuario de Estadísticas Universitarias – 2022 (UADER, 2022)

Por último, cabe señalar que el desafío asumido por la UADER frente a las desigualdades en el acceso a la educación superior y a la generación de profesionales sin exclusión social fue concebido en concomitancia con la idea de desarrollo territorial que tuvo lugar desde sus orígenes y a lo largo de toda su historia. Hoy no es descabellado pensar que sin el notable desarrollo territorial que tuvo la UADER, es probable que el tema de la inclusión social hubiera naufragado o, en el mejor de los casos, quizás podría haber quedado relegado a las posibilidades que ofrecen unos pocos centros urbanos de la provincia, como Paraná, Concepción del Uruguay y Concordia.

El desarrollo territorial de cara a la inclusión social

Antes de aludir al desarrollo territorial de la UADER conviene diferenciar -aunque muy brevemente- los términos “espacio” y “territorio” por tratarse de dos categorías polisémicas que frecuentemente son utilizadas como sinónimos.⁴ Si bien el significado de ambos términos fue cambiando con el tiempo, el “espacio” es un concepto que desde sus orígenes fue concebido como un objeto físico delimitado que opera como *sustrato* de los procesos sociales (Ramírez Velázquez y López Levi, 2015), si bien en las últimas décadas esa idea se fue transformando a favor de un sentido más social. Por su parte, el “territorio” también fue interpretado en sus orígenes como “... algo externo a la sociedad (...) que podía controlarse, usarse, aprovecharse, vivirse, pero en líneas generales por fuera de las relaciones sociales, es decir, como un sustrato material externo a ellas” (Altschuler, 2013: 66). Así, el concepto de territorio no existía para las ciencias sociales, más allá de su concepción jurídica, que lo concebía como un área con fronteras y un sistema de dominación. Sin embargo, a partir de las nuevas perspectivas que abrieron las corrientes denominadas “geografía radical” de los años ’70 y la “geografía crítica” de los ’80, esa visión se fue transformando con la incorporación de las relaciones sociales (Altschuler, op. cit.), quedando definida como *aquella porción de la superficie terrestre que es apropiada por un grupo social*, insinuándose un alcance que va más allá de la apropiación jurídica para avanzar sobre “... las ideas de pertenencia y de proyectos que una sociedad desarrolla en un espacio dado” (Blanco, op. cit.: 42). Según Mazurek (2012), la diferencia entre ambos radica en que al espacio lo caracteriza un sistema de localización, mientras que al territorio un sistema de actores, por lo que –si bien todo territorio es a su vez un espacio- no todos los espacios son territorios.

Diferenciar las ideas de espacio y territorio no es casual. El “desarrollo territorial” de la UADER tuvo –como el concepto mismo de “territorio”- un fuerte significado social. En efecto, desde su creación y durante todo su desarrollo, la UADER sostuvo la idea de que el derecho a la educación superior -más que un postulado en abstracto- debía ser una realidad para la provincia de Entre Ríos. En ese marco, el proceso de expansión territorial puso énfasis en su carácter interdependiente y adaptativo con los procesos de transformación e inclusión social -en particular, con los procesos educativos-, con lo cual -en la medida en que se expandía- la UADER iba reafirmando su sentido de pertenencia con la socie-

⁴ Extractado de Scheihing y Goñi (2024).

dad entrerriana.

Como resultado de un notable proceso de desarrollo territorial, poco común y quizás único dentro de la Argentina, la UADER hoy cuenta con sedes en 17 localidades de la provincia, sin discriminación por unidad académica (valga la aclaración ya que en algunas localidades hay más de una facultad), a saber: Paraná, Oro Verde, Concepción del Uruguay, Ramírez, Concordia, Gualeguay, Crespo, Gualeguaychú, Villaguay, Chajari, Diamante, Federación, Santa Elena, Nogoyá, Basavilbaso y La Paz. Estas localidades pertenecen a 9 de los 17 departamentos del territorio provincial, con lo cual 999.027 habitantes de los 1.415.097 del total provincial (Censo, 2022), es decir, más del 70% de la población entrerriana cuenta en su lugar de residencia –o en localidades próximas, dentro del mismo departamento- con al menos una sede o extensión áulica de la UADER (universidad “de cercanía”), y el 29% restante la tiene a su alcance en un radio de menos de 100 km de distancia con respecto a la ciudad o pueblo de residencia.

Por otra parte, un informe elaborado en 2025 por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación perteneciente al Ministerio de Desarrollo Económico del Gobierno de Entre Ríos, revela que del total de 65.302 estudiantes de las universidades tanto públicas (Universidad Autónoma de Entre Ríos, Universidad Nacional de Entre Ríos y Universidad Tecnológica Nacional) como privadas (Universidad Adventista del Plata, Universidad de Concepción del Uruguay y Universidad Católica Argentina) con sede en el territorio provincial, 31.880 (49%) pertenecen a la UADER.⁵ Vale decir: con respecto a la matrícula estudiantil, la UADER se ha convertido no solo en la universidad de mayor peso de la provincia sino, también, en la universidad pública provincial más grande de la Argentina.

Aunque los números hablan por sí solos, cabe destacar que la expansión territorial de la UADER permitió materializar la idea de la educación superior como un derecho efectivo, a la vez que también instaló como política pública la responsabilidad del Estado provincial de garantizar ese derecho para toda la población, particularmente los jóvenes de la provincia de Entre Ríos. No parecería osado señalar en ese sentido que la UADER vino a romper con –o al menos a cuestionar la hegemonía de- el viejo y repetido apotegma de la política educativa más conservadora: “los pobres no llegan a la universidad”, para en su defecto instalar en el ideario colectivo una concepción de universidad más democrática, más inclusiva y más accesible en términos de cercanía territorial.

⁵ <https://datos.entrerios.gov.ar/dataset/obctier/archivo/1d37225d-6031-45cd-96e6-0c715bc2f3d5>

Conclusiones

El debate en torno al papel de las universidades en la producción de conocimientos, se vio sintetizado en la confrontación entre dos modelos antagónicos: por un lado, el del “libre pensamiento” o de la “universidad isla”; por el otro, el del “conocimiento útil” y la producción científica para el desarrollo económico y social, con un perfil más desarrollista. En ese marco, la UADER es caracterizada como una institución más afín al segundo de los modelos, al haberse alineado –predominantemente- desde su fundación con las actividades de investigación científico-tecnológica orientadas hacia el desarrollo local.

Complementariamente, aunque no menos importante, los dos modelos de universidad –además de caracterizarse por los modos de producción científica mencionados- también se diferenciaron por otros parámetros, como los relativos a la inserción social y a la organización territorial. En términos generales, el modelo del “libre pensamiento” fue más acotado en cuanto al alcance social y territorial, mientras que el modelo “desarrollista” se presentó como una opción más democrática en términos de inclusión social y más asociado al desarrollo territorial. En ese marco, la UADER parece confirmar claramente su enmarque dentro del modelo desarrollista, ya que desde su fundación abandonó la matriz dominante del libre pensamiento, no solo en términos de producción científica, sino por su clara orientación hacia la inclusión social y el desarrollo territorial.

De allí que la UADER represente un modelo universitario de inclusión social y de desarrollo territorial, probablemente, de características únicas, que justifique de manera acabada el título de este artículo. Valga señalar dos cosas que lo corroboran: por un lado, que un alto porcentaje de estudiantes que cursan en la UADER son, dentro de su contexto familiar, la primera generación de universitarios (más del 85% y el 70% proceden, respectivamente, de padres y de madres sin estudios universitarios completos). Por el otro, que prácticamente la mitad de los egresados proviene de padres y madres sin estudios universitarios completos (56% y 49% respectivamente, según los datos de 2022), en contraposición a lo que ocurre en gran parte de las universidades públicas argentina, donde la gran mayoría de sus titulados sigue siendo jóvenes de clases medias-altas y altas.

Finalmente, dado estos dos rasgos, el de la inclusión social y el desarrollo territorial (que concibe a éste como una superficie apropiada por, e identificada con, el conjunto de la sociedad y no con un grupo social determinado), la UADER a lo largo de su breve historia ha logrado referenciarse en la provincia de Entre Ríos como una institución clave para la movilidad social de su población.

Bibliografía citada

- ❖ Altschuler, B., 2013. Territorio y desarrollo: aportes de la geografía y otras disciplinas para repensarlos, *Theomai* Nº 27-28: 64-79.
- ❖ Álvarez, D., 2000. *Universidad Obrera Nacional, Universidad Tecnológica Nacional. La génesis de una universidad (1948-1962)*. Editorial Universitaria de la U.T.N., CABA.
- ❖ Dagnino, R.; Thomas, H. y A. Davyt, 1996. “El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria” (pp. 13-51). *Redes* 7(3). Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/504>.
- ❖ Filipuzzi, J. P., 2023. “La Educación como Derecho Humano Fundamental en la Constitución de Entre Ríos: innovaciones y desafíos en el campo de la Educación Superior” (pp. 64-78), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 3, FCyT-UADER, Oro Verde.
- ❖ Hurtado D. y L. Zubeldía, 2017. “El rol de las universidades públicas argentinas en el desarrollo económico” (pp. 24-33). *Revista Política Universitaria* 4, IEC-CONADU, Buenos Aires.
- ❖ Mazurek, H., 2012. *Espacio y territorio. Instrumentos metodológicos de investigación social*. La Paz, Universidad de Posgrado para la Investigación Estratégica en Bolivia/Fundación PIEB, 199 pp.
- ❖ Ramírez Velázquez, B. R. & L. López Levi, 2015. *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo*. UNAM, Instituto de Geografía III. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco IV. Ser. V. t., México D., F., 205 pp.
- ❖ Rinesi, E., 2015. Filosofía y política de la universidad, Los Polvorines (UNGS), IEC-CONADU, Buenos Aires, 144 pp.
- ❖ Sabato J. A. y N. Botana, 1975. "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina" (pp. 215-231), en Sábato, Jorge (1975), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Paidós, CABA.
- ❖ Scheihing, C. y R. Goñi (2024). “Mapamundi modernidad, geografías en pugna” (pp. 48-76). *Scientia interfluvius*, vol 15 (1), Universidad Autónoma de Entre Ríos: Paraná.

- ❖ Tagashira, R., 2008. "La investigación científica y tecnológica en la Universidad Nacional de Tucumán entre 1914 y 1951; su relación con el contexto social". Tesis de maestría, Maestría de Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, Buenos Aires.
- ❖ Templado, I.; Catri, G.; Nistal, M. y V. Volman, 2021. "Evidencias sobre desigualdad educativa en Argentina", *Argentinos por la Educación*. Recuperado de: https://argentinosporlaeducacion.org/wp-content/uploads/2021/10/Desigualdad_eductiva.doc-1.
- ❖ Templado, I.; Catri, G.; Nistal, M. y V. Volman, 2022. "Desigualdad educativa en el nivel superior", *Argentinos por la Educación*. <https://argentinosporlaeducacion.org/wp-content/uploads/2022/02/desigualdad-educativa-en-el-nivel-superior.pdf>
- ❖ UADER, 2022. *Anuario de Estadísticas Universitarias – 2022*, División de Análisis y Procesamiento de Datos, Subsecretaría de Planeamiento Institucional, UADER, 220 pp.: <https://uader.edu.ar/novedades/anuario-estadisticas-universitarias>
- ❖ UADER, 2023. *Síntesis Información Universitaria*, Sec. Gral. UADER, recuperado de: <http://encifras.uader.edu.ar>.
- ❖ UADER, 2025. *Una universidad que transforma: 25 años, 2000-2025*, Editorial UADER (Libro digital), Paraná, 146 pp. <https://editorial.uader.edu.ar/sites/default/files/imagenes-sitio/colecciones/una-universidad-que-transforma/una-universidad-que-transforma-digital.pdf>.

Cita: Filipuzzi, J. P., 2025. "UADER, un modelo de inclusión social y desarrollo territorial" (pp. 25-39), *@rchivos de Ciencia y Tecnología* Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

Innovación curricular e innovación metodológica en la enseñanza de la Matemática

Curricular innovation and methodological innovation in Mathematics teaching

Marino Schneeberger*



Fecha de recepción: 30/08/2025

Fecha de aceptación: 30/10/2025

Resumen

La realidad que nos toca transitar está atravesada permanentemente por modificaciones y cambios, algunos más sustanciales que otros, que nos obligan a estar casi en un continuo proceso de adaptación. A esto no escapa la educación universitaria, en la que durante los últimos años se han venido realizando modificaciones en la mayoría de las carreras, denominadas genéricamente innovaciones curriculares, con la finalidad de atender a cuestiones tales como la actualización de los contenidos de los planes de estudio, el acortamiento de la duración de las carreras y la necesidad de adecuarlas a las demandas y necesidades del contexto. Estos procesos de innovaciones curriculares en las diferentes carreras deben ser acompañados por innovaciones pedagógicas en cada uno de los espacios curriculares que las componen, lo que implica incorporar estrategias y metodologías nuevas, tanto de enseñanza de los contenidos que se seleccionen para su abordaje como de su evaluación. El presente trabajo pretende realizar algunas conceptualizaciones teóricas referidas a estos temas y, solamente a modo de ejemplo, relatar de manera sintética algunas consideraciones generales relacionadas específicamente con la enseñanza de la Matemática, resultado de los proyectos de investigación y de innovación pedagógica desarrollados en los últimos 10 años en las cátedras universitarias.

Palabras clave: “Innovación curricular”; “metodologías”; “enseñanza”; “evaluación”; “Matemática”.

Abstract

The reality we are experiencing is constantly undergoing modifications and changes, some more substantial than others, which force us to be in an almost continuous process of adaptation. University education is no exception. In recent years, most university courses have

* Profesor de Matemática y Física. Licenciado en Gestión Educativa. Profesor titular ordinario de Álgebra Aplicada a las Ciencias Económicas. Profesor titular de Cálculo II y de Matemática para Economistas. Facultad de Ciencias Económicas (FCE), UNER. Director de proyectos de investigación y de extensión en la FCE-UNER. Profesor honorario Facultad de Ciencia y Tecnología - UADER. Dirección de contacto: marino.schneeberger@uner.edu.ar

undergone modifications, generically known as curricular innovations, which aimed at addressing issues such as updating university curricula content, shortening program durations, and adapting programs to the demands and needs of the context. These curricular innovation processes in the various courses must be accompanied by pedagogical innovations in each of the curricular areas that comprise them, which implies incorporating new strategies and methodologies, both for teaching the content selected for their approach and for their assessment. This paper aims to provide some theoretical conceptualizations related to these topics and, merely as an example, to summarize some general considerations specifically related to the teaching of Mathematics, resulting from research projects and pedagogical innovation developed over the last 10 years in university departments.

Keywords: “Curricular innovation”; “methodologies”; “teaching”; “assessment”; “Mathematics”.

Introducción

En las épocas actuales, en las que los procesos de innovación curricular en las diferentes carreras universitarias se encuentran en permanente análisis y discusión, resulta indispensable que los mismos sean acompañados simultáneamente de metodologías y procesos de innovación pedagógica.

En este punto se pretende distinguir entre las innovaciones curriculares, vinculadas más bien a procesos de ajustes y/o modificaciones de planes de estudio, y los procesos de innovación pedagógica, específicamente vinculados a lo que sucede al interior de cada una de las asignaturas que componen una estructura curricular. Si estos dos procesos, la innovación curricular y la innovación pedagógica, no se analizan, plantean, discuten, aplican y evalúan de manera conjunta, los primeros no tienen ninguna garantía de ser efectivos. Además, se debe tener presente que el desarrollo de ambos requiere que vayan de la mano de adecuaciones metodológicas apropiadas y pertinentes para contribuir al logro de los propósitos que orientan estas acciones.

Según lo manifestado por UNICEF en diversas publicaciones de libre circulación a través de las cuales la organización difunde su actividad, puede afirmarse que “innovar en educación, con todo lo que esto implica, significa encontrar maneras nuevas y lo más simples posibles para resolver de manera adecuada problemas de la vida real. Se aclara que cuando se mencionan problemas de la vida real se hace referencia a situaciones que afectan la calidad de vida de los individuos y de las comunidades en las que estos se desarrollan”. Partir de esta concepción posibilita interpretar y comprenderlos conceptos de innovación curricular y educativa a resguardo de ser confundidos con la simple modificación aislada de cargas horarias y distribución de espacios curriculares de un plan de estudios, o

de ciertas y determinadas estrategias y metodologías cuyo único objetivo sea agilizar los tiempos de acumulación de información, con la finalidad de acortar la duración de las carreras. En la educación universitaria la innovación va más allá, siempre ligada a una intencionalidad cuyo fin es mejorar la formación de los estudiantes en el contexto real en el que viven, estudian y, probablemente, deberán desplegar toda su formación básica para un desempeño profesional que responda a las expectativas propias de cada uno, pero también de la sociedad en la que van a cumplir la función para la cual se formaron.

La innovación en la educación superior no requiere de grandes inversiones ni de exclusivas tecnologías de última generación. En todo caso esto puede ayudar, agilizar tiempos y generar mayores expectativas y motivaciones, pero claramente con eso solo no alcanza. La verdadera y real innovación parte del compromiso de hacer uso de los recursos disponibles de manera nueva, flexible y más sencilla, para generar soluciones que mejoren la calidad de la formación y el desempeño profesional de los individuos, lo que indudablemente tendrá como corolario la mejora de la sociedad en su conjunto.

Puede afirmarse que existen tantas maneras y modos de innovar como formas posibles de pensar, aunque todos los esfuerzos de innovación tienen algunas cuestiones en común, tales como generar mejores y más simples soluciones a los problemas del contexto, formar seres humanos de manera integral, enfrentar a los estudiantes con su responsabilidad social y preparar a los mismos para un óptimo desempeño profesional.

Una herramienta que muchos autores dedicados a la temática consideran muy poderosa para llevar adelante un proceso innovador es hacer buenas preguntas. Una buena pregunta puede colaborar mucho más con el aprendizaje que sencillamente formular preguntas que lleven siempre a una respuesta estandarizada, simplificadora de la realidad y no contextualizada. Algunas características que deben estar presentes al momento de plantear una buena pregunta son, entre otras, las siguientes: que sea relevante tanto a nivel individual como colectivo, que ayude a tomar dimensión de la complejidad del problema o tema involucrado, que pueda analizarse desde diferentes perspectivas, que exija a los estudiantes poner en juego nuevas habilidades y estrategias, que fomente la investigación, el análisis y también compartir con otros posibles respuestas a la misma, y, por sobre todo, que potencie el pensamiento crítico y reflexivo.

En síntesis, innovar no es enseñar a que los estudiantes deban responder sólo de manera memorística, sino incentivarlos y, de algún modo, obligarlos a que, a partir de una respuesta, puedan generar preguntas que habiliten la ampliación del conocimiento. La in-

novación pedagógica pasa por garantizar un margen de personalización del aprendizaje, para que los alumnos puedan extender los vínculos de un contenido determinado con otros que le sean complementarios, favoreciendo de este modo la interdisciplinariedad.

Innovación curricular y pedagógica

Para llevar adelante un proceso innovador, sea curricular o pedagógico, el equipo encargado del mismo debe reunir ciertas y determinadas condiciones que posibiliten la planificación, ejecución y evaluación de los resultados que se obtengan con posterioridad a su implementación, con la finalidad de realizar los ajustes pertinentes.

La verdadera y real innovación parte del compromiso de hacer uso de los recursos disponibles de manera nueva, flexible y más sencilla, para generar soluciones que mejoren la calidad de la formación y el desempeño profesional de los individuos, lo que indudablemente tendrá como corolario la mejora de la sociedad en su conjunto.

De acuerdo a lo hasta aquí planteado, la innovación curricular y pedagógica debe mantenernos alerta y expectantes acerca de todas las herramientas que puedan contribuir a que los estudiantes al momento de egresar se encuentren en mejores condiciones para que sean competitivos y al mismo tiempo solidarios, lo que les posibilitará ser efectivos factores de cambio en la comunidad. Por supuesto que todos deben acreditar cierta formación de base, ciertos conocimientos específicos vinculados a la temática acerca de la que se pretende innovar, además de saberes específicos y dominio de destrezas y habilidades, muchas veces obtenidas a partir de la experiencia propia, que posibiliten ampliar el horizonte y la visión que el equipo tenga de aquello que se quiere abordar como tema u objeto de innovación.

Todo proceso innovador debe comprender e integrar determinados componentes que se pueden sintetizar en el siguiente esquema representado en la Figura 1.

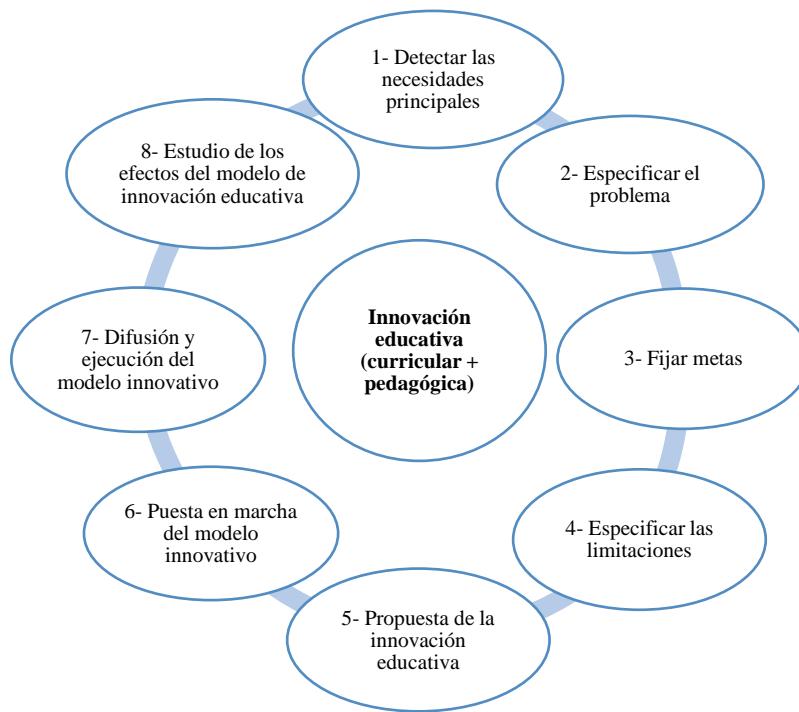
La implementación de manera permanente o estable de una cultura innovadora, sin dudas, se ha convertido en uno de los desafíos más importantes en la Educación Superior. Es la base fundamental para el logro de una mejora en la calidad educativa, tal lo establecido en la Resolución Ministerial 2597/23 que refiere al Sistema Institucional de Aseguramiento de la Calidad (SIAC), lo cual exige una actitud colaborativa de parte de todos los integrantes de una determinada comunidad.

La innovación educativa, incluyendo como partes fundamentales la pedagógica, la metodológica y la didáctica como una práctica habitual de los docentes, exige de parte de

todos, pero fundamentalmente de quienes enseñan, comprender el alcance de lo que esto significa. En ese marco, el impacto del avance de las tecnologías y la aplicación de modelos de aprendizaje-enseñanza centrados en los estudiantes, constituyen un desafío de alta relevancia. Y la innovación, sin dudas, se ha convertido en una línea estratégica de todas las políticas de Educación Superior y de las estrategias implementadas por las universidades. Resulta muy interesante considerar lo siguiente:

El discurso pedagógico contemporáneo, tanto en Europa como en América Latina, identifica la relación entre los procesos de innovación curricular y de investigación, generando una polisemia que, aunque se relaciona con el cambio, no deja claridad en cuanto a las características, factores y condiciones metodológicas en que ésta tiene lugar (Blanco y Messina, 2000, citado por Macanchí Pico ,2020: 397).

Figura 1.Componentes de un proceso innovador



En general, la referencia a la innovación educativa, pedagógica y didáctica se asocia más a grupos especializados y dedicados a este fin que a una actividad propia y cotidiana de todos los docentes universitarios, al punto de apreciar que para muchos de ellos no es aún la innovación una prioridad del trabajo, y existe cierta incertidumbre acerca de instalar de manera efectiva una cultura de innovación. Es muy interesante destacar que, para llevar adelante de manera eficiente procesos innovadores, los equipos docentes responsables de los mismos deben tener una característica particular, tal como es la de ser hetero-

géneos en sus formaciones particulares, donde cada uno pueda aportar conocimientos específicos y visiones diferentes acerca de un mismo tema, con la finalidad de enriquecer el debate y llegar a conclusiones válidas. Es muy difícil desarrollar estrategias innovadoras cuando en un equipo todos sus integrantes saben lo mismo y piensan igual. La condición que sí deben cumplir todos es la de estar realmente interesados, comprometidos, convencidos, capacitados y dispuestos a aprender de manera colaborativa.

En la *Revista Universidad y Sociedad, de la Universidad de Cienfuegos*, en uno de sus artículos los autores sostienen que:

Existe una total coincidencia en que el vocablo “innovar” se identifica con otros términos como “cambio”, “renovación”, “transformación”, “reforma” o “modificación”, pero lo cierto es que, aun así, la innovación implica un proceso razonado de decisiones fundamentales que permiten avanzar hacia la introducción e integración de un nuevo conocimiento, tecnología o recurso, que es producto de la creación de alguna idea científica, teórica o conceptual que pueda conducir a la innovación cuando se aplica a la práctica. Bajo esta consideración, toda innovación exige un cambio, aunque no todo cambio puede calificarse como innovación (Macanchí Pico et al., 2020: 32).

Debe entenderse que la innovación educativa supone la introducción de algo nuevo que produce mejora y promueve avances en aspectos sustanciales en determinado objeto de estudio, promoviendo la reflexión y el análisis acerca del objeto. Se explica de esta manera que la innovación parte del reconocimiento de una necesidad y requiere conocimiento técnico que puede ser resultado de una actividad investigativa que aporta originalidad y novedad al proceso objeto de la innovación.

Según Morales (2010), la innovación se define como un proceso intencional y planificado, fundamentado en la teoría y la reflexión. Este proceso está dirigido a transformar prácticas y alcanzar objetivos, lo que implica su conexión con la investigación y la integración de tecnologías avanzadas o adaptadas de otros campos.

En las últimas décadas se observa un despliegue muy importante vinculado al desarrollo de acciones de innovación en las universidades, buscando la alineación de los intereses de la investigación, la extensión y la innovación con los intereses del desarrollo social. Gimeno (2012) afirma que, la realización de cualquier proyecto está condicionada por el contexto cultural y organizativo de las instituciones de Educación Superior. La capacidad para facilitar la innovación depende de la posibilidad de trabajar de manera interdisciplinaria y de disponer de espacios adecuados para crear entornos académicos donde la unión entre investigación e innovación sea primordial. Esta unión es clave para generar nuevos conocimientos, metodologías, tecnologías o productos que mejoren los procesos educati-

vos, pedagógicos y didácticos dentro de la comunidad universitaria.

Sin lugar a dudas, el análisis y la comprensión de la marcha del desarrollo científico tecnológico que tiene lugar en la sociedad es una premisa muy fuerte que permite entender la particularidad del cambio en la pedagogía y en la didáctica de la educación superior. En los últimos años, el desarrollo de las tecnologías informáticas y de las comunicaciones, tanto como los avances en la aplicación de las ciencias que abordan de manera específica la problemática del conocimiento, han sido un importante insumo para los procesos pedagógicos y de aprendizaje-enseñanza, así como el impulso que han tenido las investigaciones pedagógicas, impactando de manera determinante en las reflexiones y cambios en las concepciones y prácticas educativas universitarias.

Macanchí Pico et al. (2020), al retomar lo sostenido por el pedagogo Zabala, afirman:

Aun cuando se le adjudica al profesor el papel de orientador y mediador, guía y facilitador del conocimiento y del uso de los recursos y las herramientas que necesita el estudiante para gestionar la información, explorar y elaborar nuevos conocimientos, es en él en quien se deposita la esperanza de que las universidades puedan enfrentar los retos esenciales de la excelencia universitaria (Macanchí Pico et. al., 2020: 32).

Es muy importante considerar que entre los desafíos y áreas clave de la innovación en la Educación Superior, se destacan aquellos relacionados con el desarrollo de nuevas habilidades, comportamientos y prácticas asociadas al cambio. Esto incluye especialmente la adopción de nuevas creencias y conceptos vinculados al uso de entornos virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es fundamental fomentar innovaciones que promuevan la capacidad de aprender y adaptarse a los cambios. Además, la innovación en este contexto implica una transformación en las representaciones prácticas asociadas a estos cambios (Díaz Barriga, 2010).

En consecuencia, puede inferirse que la innovación en este nivel educativo se asume como una alternativa viable para introducir cambios orientados hacia la mejora de los estudiantes, de las carreras, departamentos, procesos y contextos de formación. La implicación de los docentes puede presentar variantes, pero sin lugar a dudas se mantendrá como un elemento básico e indispensable, puesto que, en cualquier caso, es a quién se le encarga esta responsabilidad, ya sea en grupos académicos, de investigación o de manera aislada como parte de su práctica.

Atendiendo a todo lo mencionado hasta aquí, construir una cultura de la innovación constituye uno de los retos que enfrenta la Educación Superior para el siglo XXI. En ella descansa la posibilidad de alcanzar la excelencia académica y el reconocimiento social co-

mo comunidad creativa, promoviendo las reflexiones acerca de la utilidad y beneficios de la relación entre innovación, la innovación y el trabajo académico, ampliando así las potencialidades para que el docente universitario se convierta en un actor clave del cambio educativo en las carreras a nivel institucional o nacional.

Importancia de los proyectos de investigación sobre enseñanza y evaluación en Matemática

Desde el desempeño al frente de cátedras universitarias, tanto en la carrera de Matemática, como así mismo en Ingeniería y en Ciencias Económicas desde hace más de cuarenta años, se ha indagado en estas cuestiones con la mirada puesta en encontrar estrategias y metodologías innovadoras, tanto de enseñanza como de evaluación, cuya finalidad sea lograr que los estudiantes interpreten desde el momento mismo en el que se les plantea el tema a desarrollar la relevancia que el mismo tiene en su formación profesional. En síntesis, tratar de motivarlos para que presten atención, comprendan, apliquen y realicen preguntas vinculadas al mismo, teniendo una idea clara acerca de para qué les servirá ese contenido específico, sea en su formación como profesores en la disciplina Matemática que deberán enseñar en los diferentes niveles, como en las aplicaciones particulares en el campo de las ciencias de la ingeniería y en el de las ciencias económicas. Con este objetivo se han diseñado y ejecutado proyectos de investigación en relación a la temática, con la idea de producir conocimiento válido y aplicable en el proceso de abordaje de los contenidos.

Enseñar matemática en carreras específicas, desarrollar estrategias adecuadas para que los estudiantes aprendan y elaborar instrumentos que resulten pertinentes para evaluar esos aprendizajes, es una premisa básica y un compromiso que los docentes de una asignatura deben asumir, teniendo en cuenta las particularidades que determinan el año en que la materia se encuentra inserta, la cantidad de alumnos con los que deba desarrollarse y las características propias de la misma.

No hay dudas respecto de que cualquier estudiante que se adentre en el cuerpo del pensamiento matemático moderno debe estar familiarizado, en mayor o menor medida, de acuerdo con el grado de profundización que desee, con el lenguaje y las técnicas matemáticas. De no ser así, se verá relegado a consultar una fracción, a veces no representativa en múltiples aspectos, de la literatura científica.

Teniendo en consideración todas las cuestiones hasta aquí planteadas, desde hace ya varios años se han desarrollado proyectos de investigación científica vinculados a los

procesos de enseñanza y de evaluación en Matemática, como así mismo otros vinculados al análisis y diseño de instrumentos integradores para trabajar diferentes contenidos, tratando de ir integrando de manera sostenida los temas que se hayan trabajado, evitando la fragmentación y el tratamiento aislado de los mismos.

Estas han sido instancias muy enriquecedoras, no sólo para la comprensión y el análisis de los temas por parte de los estudiantes, sino también para el fortalecimiento y el enriquecimiento de los equipos docentes que se necesariamente deben trabajar de manera sostenida, teniendo un espacio propicio para aplicar, con las adaptaciones y ajustes pertinentes, lo relevado en las investigaciones desarrolladas.

Durante los últimos diez años se han llevado a cabo de manera sistemática acciones concretas vinculadas de manera directa a procesos innovadores, lo que ha implicado embarcarse en un constante viaje hacia la mejora educativa, dando forma a proyectos innovadores que han dejado una huella significativa en la calidad de la enseñanza. Estas acciones han implicado desde cambios metodológicos hasta la incorporación de tecnologías emergentes y la creación de espacios participativos, concibiendo cada una de las iniciativas relatadas como un paso más hacia el logro del objetivo primordial que es el enriquecimiento y la mejora de la experiencia educativa de los estudiantes.

Los modelos matemáticos como recurso metodológico

El uso de las matemáticas en disciplinas varias, tales como son la economía y la ingeniería, es vista, con frecuencia, como el origen de un sinnúmero de problemas. Los enemigos más vociferantes de esta matematización consideran a la matemática como invasora en un campo que no le corresponde, restringiendo el desarrollo de la disciplina específica y atrapándola dentro de un marco de formalidad innecesario. Por otro lado, la economía moderna y el avance estrepitoso de las ingenierías, al menos desde un punto de vista académico, no existiría sin el uso sistemático del lenguaje matemático. Para corroborar esto, alcanza con tomar cualquier revista académica especializada, y después abrirla en una página al azar: imaginemos que desaparece todo el lenguaje matemático, ¿qué queda? Muy poco. El estudiante de estas disciplinas, y en algunos casos los propios estudiantes de Matemática, tienden a sentir ansiedad por saber si todos esos modelos llenos de matemática le serán útiles algún día. Dado que esa aplicación esperada generalmente no es inmediata, es necesario aclarar el contexto en el que se justifica el uso de la sofisticación teórica del lenguaje matemático. Esencialmente, el problema que tenemos enfrente es el de entender

cuál es el origen, la pretensión y el objetivo de los modelos matemáticos y justificar su uso en la economía.

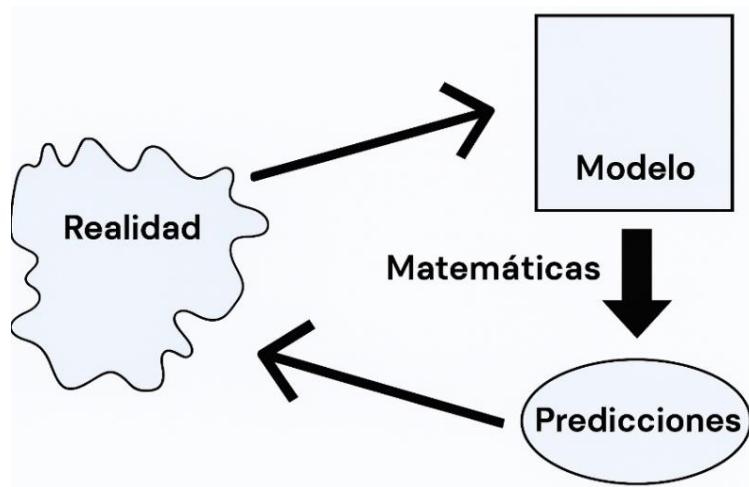
Llegado a este punto resulta relevante destacar el papel que juegan en esto los procesos de modelización en la enseñanza de la matemática, desde los más elementales hasta aquellos que son más sofisticados. El planteo y el análisis de un modelo resultan muy útiles como elemento motivador para el aprendizaje de los estudiantes, sean estos de matemática pura o, en lo posible, aplicada. Además, si se plantean modelos adecuados, pueden resultar relevantes también como instrumentos que posibiliten tener una visión más integrada de los contenidos, contribuyendo a superar el abordaje aislado de los mismos sin la posibilidad de aportar una visión más holística de los contenidos matemáticos.

El proceso de modelación matemática se puede entender a partir de una abstracción de los elementos en juego. Por un lado, tenemos a la realidad, a la cual consideramos infinita y sólo parcialmente accesible. La introducción de medidas en el modelo nos permite poder usar números; de este modo aparece la matemática en juego. Se reconocen en esta abstracción tres pasos que, en mayor o menor grado, determinan el proceso de modelación:

- abstracción del mundo,
- deducción a partir del modelo,
- verificación, predicción y usos.

Estos pasos pueden esquematizarse mediante una representación gráfica sencilla como la siguiente:

Figura 2. Esquema proceso de modelación matemática



Una teoría económica constituye una abstracción del mundo real, puesto que la complejidad de la realidad económica hace imposible comprender todas las interrelaciones a un mismo tiempo. Es por ello que lo más pertinente es seleccionar los factores y las relaciones primordiales que interesan al problema objeto de estudio. Un esquema de estas características, deliberadamente simplificado, se denomina modelo económico atento a que representa la realidad de una manera esquemática y aproximada.

Si este modelo pretende ser matemático, generalmente consistirá en un conjunto de ecuaciones cuya finalidad será describir la estructura del mismo. Al vincular variables, de diversas maneras, estas ecuaciones dan forma matemática al conjunto de supuestos considerados y, mediante la aplicación de operaciones diversas, se procurará extraer conclusiones que sean una consecuencia lógica de los supuestos adoptados.

En el paso definitivo del proceso de modelación matemática, se confronta la conclusión puramente matemática con la realidad que se pretendía estudiar en un principio. Esto se puede hacer de distintas maneras. En el caso de las ciencias exactas, la verificación se da con base, ya sea en la predicción de comportamientos que pueden ser observados a través de experimentos controlados, o bien en la explicación de fenómenos observados para los cuales no existía tal explicación. De este modo, tradicionalmente se evalúa la calidad de un modelo según su habilidad de predecir y explicar correctamente otros hechos. Decimos que un modelo es robusto, si las conclusiones que se obtengan a partir del mismo no dependen del cumplimiento exacto de los supuestos, de no ser así se dice que el modelo es frágil.

En este punto es importante destacar que los modelos, en la mayoría de los casos, no tienen el mismo nivel de capacidad de predicción en las ciencias exactas que en las ciencias aplicadas. Por ejemplo, las razones por las cuales los modelos económicos no tienen la objetividad y capacidad de predicción que aquéllos en ciencias exactas son claras: los fenómenos que se estudian son, no sólo complejos, sino muy difíciles de aislar. La actividad económica se desarrolla dentro de un marco legal, técnico, social y político que evoluciona constantemente. No puede ignorarse los efectos que esto tiene sobre los fenómenos económicos, sin embargo, difícilmente podemos cuantificar estos efectos. Puede decirse entonces, a modo síntesis, que:

- Un modelo constituye una representación abstracta de un cierto aspecto de la realidad. En su estructura intervienen, por una parte, los elementos que caracterizan la realidad modelizada y, por otra parte, las relaciones existentes entre ellos.

- Un modelo matemático es un tipo de modelo basado en la lógica matemática, cuyos elementos son esencialmente variables y funciones, y las relaciones entre ellos vienen expresadas a través de relaciones matemáticas (ecuaciones, inecuaciones, operadores lógicos, etc.) que se corresponden con las correspondientes relaciones del mundo real que modelizan (relaciones tecnológicas, leyes físicas, restricciones del mercado, etc.).
- La construcción de modelos revela, a veces, relaciones que no son evidentes a primera vista. Una vez construido el modelo, es posible extraer de él propiedades y características de las relaciones que de otra forma permanecerían ocultas.

Se plantea a continuación, un modelo matemático posible propio del campo de las ciencias económicas, a través del cual pueden extraerse conclusiones vinculadas al mercado del trabajo, en el que intervienen conceptos básicos del álgebra tales como funciones, crecimiento y decrecimiento de funciones, puntos de equilibrio, análisis de sus representaciones gráficas y discusión acerca de su comportamiento.

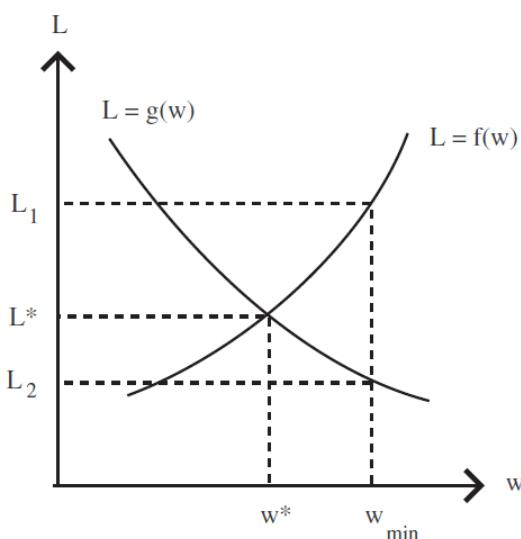
Un ejemplo sencillo de un modelo económico es el esquema del mercado laboral en el marco neoclásico, donde se consideran las relaciones laborales bajo un mercado de competencia con mecanismos competitivos a través de la regulación entre precios y trabajo (como un mercado de competencia perfecta), pero con mecanismos de regulación del salario mínimo. En este sentido, se busca abstraer determinadas relaciones económicas y comportamientos, en función de supuestos y principios que determinan las lógicas internas del modelo

En este esquema, el salario se determina por las relaciones de oferta y demanda de trabajo en cierto mercado (e.g.: el sector manufacturero). En esta formulación del modelo, se identifican las principales variables que se relacionan endógenamente, tales como el salario (w), el salario mínimo (w_{\min}), los y las trabajadores que están dispuesto a trabajar a un salario determinado (oferta laboral), y la cantidad de trabajadores que las empresas están dispuestas a contratar a cierto salario (demanda laboral). Asimismo, se considera que una serie de supuestos de fondo que podrían influir en el análisis se mantiene constante (entendiendo que la realidad es más compleja que el propio análisis del modelo), bajo el principio de *ceteris paribus*, término económico utilizado para analizar el comportamiento de algo independiente del entorno y significa “con los demás factores constantes”. Esto es, de qué manera respondería ese algo ajeno a circunstancias puntualmente relacionales.

Para analizar un mercado de trabajo específico, se parte de ciertos supuestos: el sector a analizar es representativo; el mercado es competitivo (tanto oferentes como demandantes son tomadores de precios); el salario es una variable independiente que determina la oferta y demanda; el salario mínimo está dado en forma externa (ej: por una autoridad gubernamental); existe un equilibrio cuando la oferta y demanda se igualan; tanto la oferta ($f(w)$) como la demanda ($g(w)$) se pueden representar como funciones continuas dependientes del nivel de salario w en forma creciente y decreciente respectivamente; el salario de equilibrio, de existir, es mayor o igual al salario mínimo ($w^* \geq w_{\min}$).

De esta forma, la intersección entre las funciones de oferta y demanda determinan el salario de equilibrio y las cantidades de trabajadores, instancia en la que no existe desempleo involuntario. Pero si se impone un salario mínimo por arriba del salario de equilibrio aumenta la oferta de trabajo ($L_1 > L^*$) y cae la demanda ($L_2 < L^*$), donde $D = L_1 - L_2$ serán los trabajadores involuntarios (los que, al nivel de salario de mercado, están dispuestos a trabajar pero no encontrarán trabajo), ya que $L^* - L_2$ perdieron el trabajo, y $L_1 - L^*$ se incorporaron al mercado. La gráfica siguiente es representativa de lo mencionado:

Gráfico 1. Representación de funciones de oferta y demanda



A partir de este esquema se pueden establecer determinados principios, tales como el impacto en el mercado de trabajo de los aumentos del salario mínimo, de la incidencia de la forma de las curvas de oferta y demanda de trabajo, entre otros. Asimismo, su alcance y validez se encuentra limitada por los propios supuestos en los cuales se basa: que el mercado de trabajo es competitivo, que el salario es flexible a la baja, que existe tal cosa como un equilibrio, entre otros. En estos supuestos radica parte de la validez de las conclusiones

del propio modelo, así como en su correcta formulación.

Se considera que modelos como el propuesto pueden ser el inicio del tratamiento de diferentes temas, buscando los que resulten pertinentes para cada uno de ellos, independientemente de cuál sea el campo de aplicación elegido. Esto brindará a los estudiantes de Matemática la posibilidad de aprender no solo los aspectos conceptuales básicos, sino también las posibles aplicaciones que los mismos tienen, lo que redundará seguramente en una mayor motivación para abordar los mismos.

El estudiante de Matemática debe adquirir herramientas metodológicas para enseñar lo que está estudiando, en los diferentes niveles en los que deba desempeñarse, pero, además, y fundamentalmente, en los diferentes contextos específicos en los que deba enseñar esos contenidos. En estas épocas ya no es suficiente que los estudiantes se apropien de conceptos, definiciones y propiedades que vinculan estos conceptos, sino que resulta necesario que aprendan cómo, dónde y de qué manera pueden aplicarse. Solamente de esta manera podrán desempeñar su tarea de enseñanza de manera más eficiente, contextualizada y adaptada a los intereses de los alumnos.

Otra discusión que se plantea en Matemática cuando se proponen, estudian, discuten y analizan modelos, es la vinculación entre los denominados estáticos y los dinámicos. En un modelo estático por lo común la variable tiempo no desempeña un papel relevante. En un modelo dinámico, por el contrario, alguno/s de los elementos que intervienen en la modelización no permanecen invariables, sino que se consideran como funciones del tiempo, describiendo trayectorias temporales. El análisis de un modelo dinámico tiene por objeto el estudio de la trayectoria temporal específica de alguno/s de sus elemento/s, para lo que pueden considerarse modelos dinámicos deterministas y modelos dinámicos estocásticos.

- Un modelo dinámico determinista es aquel en el que, tanto a los parámetros como a las variables temporales, se les asignan valores determinados con certeza absoluta. En general existen pocos modelos deterministas en el campo de la Economía y las Finanzas, ya que, en la mayor parte de los casos, las variables y parámetros involucrados en los modelos económicos y financieros (tasas de interés, precios de activos, etc.) son impredecibles.
- Habitualmente la modelización dinámica en modelos económicos financieros hace uso de modelos estocásticos. En un modelo estocástico, alguna variable (o paráme-

metro) sigue un proceso estocástico, es decir, que los valores que toma a lo largo del tiempo no son determinados con certeza absoluta, sino que siguen una distribución de probabilidad.

A su vez, según se considere a la o las variables interviniéntes discretas o continuas, tendremos un modelo dinámico continuo o discreto. De cualquier modo, es conveniente establecer y describir algunos ejemplos que muestren de la forma más clara posible las diferencias entre ellos y, en algunos casos, de qué manera puede pasarse de uno a otro. El siguiente planteo se corresponde inicialmente con un modelo dinámico discreto que luego puede transformarse en un modelo dinámico continuo. A modo de ejemplo de lo anteriormente planteado, se plantea un modelo de capitalización compuesta como el que sigue.

Consideremos un depósito financiero a 3 años, con capital inicial C_0 y tasa de interés anual del 6%. En base a estos únicos datos se solicita diseñar un modelo de capitalización compuesta considerando que la capitalización sea anual o semestral, situación ésta que dará origen a un análisis particular en cada caso.

Caso anual

Elementos del modelo:

- Variable tiempo t : variable discreta $t \in \{0, 1, 2, 3\}$
- Variable de estado $C(t)$ que describe la evolución del capital a lo largo del tiempo. Es función del tiempo y el estudio de su trayectoria temporal es el objetivo del modelo.
- $\Delta t = 1$: incremento de tiempo transcurrido entre dos valores de la variable t , es decir entre dos períodos. Los modelos discretos suelen trabajar con valores de t equidistantes y, por tanto, con un incremento constante.
- $n = 3$; número de períodos. Se cumple $n \cdot \Delta t = \text{intervalo temporal total}$.

Relaciones:

Debe establecerse la relación existente entre el capital en un instante t y el capital en el instante siguiente $t + \Delta t$.

Aplicando la ley de capitalización compuesta se tiene que:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + C(t) \cdot 0.06 = C(t) \cdot (1+0.06)$$

Resolución del modelo:

Procediendo recursivamente se obtiene $C(3)$:

$$C(0) = C_0$$

$$C(1) = C_0 \cdot (1+0.06)$$

$$C(2) = C(1) \cdot (1+0.06) = C_0 \cdot (1+0.06) \cdot (1+0.06) = C_0 \cdot (1+0.06)^2$$

$$C(3) = C_0 \cdot (1+0.06)^3$$

Caso mensual

Elementos del modelo:

- Variable tiempo $t: t \in \{0, 1/12, 2/12, \dots, 12/12, \dots, 24/12, \dots, 36/12\}$
- Variable de estado $C(t)$
- $\Delta t = 1/12$ (1 mes)
- $n = 36$

Relaciones:

Como la tasa de interés es anual y el periodo de capitalización es mensual, debemos convertir la tasa anual en mensual.

Para ello, sustituimos 0.06 por $0.06/12 = 0.06 \cdot (1/12) = 0.06 \cdot \Delta t$

$$C(t + \Delta t) = C(t) + C(t) \cdot 0.06 \cdot \Delta t$$

Modelo general

Modelo dinámico discreto en diferencias finitas:

- Capitalización compuesta
- C_0 capital inicial
- r tasa de interés anual
- Δt expresado de modo que permita transformar la tasa de interés anual en la correspondiente a la duración del periodo utilizado:

$$C(t + \Delta t) = C(t) + C(t) \cdot r \cdot \Delta t \text{ y } C(0) = C_0$$

Puede pasarse ahora a considerar la transformación del modelo matemático discreto a un modelo dinámico continuo.

- Se supone que en el ejemplo anterior se disminuye la duración del periodo y trabajamos con capitalización diaria. El modelo será: $C(t + \Delta t) = C(t) + C(t).r \Delta t$; con $C(0) = C_0$ pero Δt pasa a ser $\Delta t=1/360$ (transformando la tasa de interés anual en diaria). Cuanto menor sea Δt , menor será el periodo de capitalización utilizado.
- Haciendo que $\Delta t \rightarrow 0$, entonces r . Δt representa la tasa de interés instantánea. Para obtener el modelo de capitalización “instantánea” o modelo continuo de capitalización se procede como sigue:

$$C(t + \Delta t) - C(t) = C(t) * r * \Delta t \rightarrow \frac{C(t + \Delta t) - C(t)}{\Delta t} = C(t) * r$$

Tomando $\Delta t \rightarrow 0$ de ambos lados obtenemos la derivada del $C(t)$ respecto del tiempo:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{C(t + \Delta t) - C(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} C(t) * r \rightarrow C'(t) = C(t) * r \rightarrow C(0) = C_0$$

Obtenemos una ecuación donde se relaciona una función con su primera derivada, lo que nos introduce a la idea de las ecuaciones diferenciales.

En forma complementaria, la capitalización instantánea se puede representar de la siguiente forma. Si $C(t) = C(0) * (1 + i)^t$ y consideramos a m como la frecuencia de capitalización, se plantea:

$$C(t) = C(0) * \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{tm}$$

$$\lim_{m \rightarrow \infty} C(0) * \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{tm} = \lim_{m \rightarrow \infty} C(0) * \left(1 + \frac{1}{\frac{m}{i}}\right)^{\frac{m}{i}ti} = C(0) * e^{ti}$$

El término dinámica, refiere a un tipo de análisis cuyo objeto puede ser trazar y estudiar las trayectorias temporales específicas de las variables, o determinar, en un tiempo suficiente, si esas variables tenderán a converger hacia determinados valores denominados puntos de equilibrio.

Al ubicar, desde el análisis dinámico, las variables en el tiempo existen dos maneras de hacerlo: considerar al tiempo como una variable discreta o como una variable continua. En este último caso en cada instante le ocurre algo a la variable (por ejemplo, en la capitali-

zación continua del interés). El caso continuo siempre puede ser considerado como el límite del caso discreto, cuando los períodos de tiempo se vuelven muy breves.

Del análisis detallado del problema planteado, y de todo el desarrollo realizado para su resolución, surge la posibilidad de analizar todos los temas que se encuentran involucrados en el mismo.

El planteo de problemas que puedan ser representados por modelos matemáticos, aunque sean aproximados, es también una estrategia interesante para encarar el tratamiento de determinados contenidos, puesto que cuidadosamente elaborados permiten además hacer una integración de los mismos. De esta manera contribuyen a evitar la fragmentación, una de las principales dificultades con la que se encuentran los estudiantes a la hora de estudiar.

Es importante tener muy en claro algunas consideraciones referentes a las características que debe reunir un problema para emplearlo como herramienta de enseñanza. Esto amerita, entonces, que se analicen y describan distintos tipos de modelos posibles de problemas, como así también la importancia que posee el problema en el aprendizaje y también en la evaluación, considerando las posibles formas de abordaje para su resolución.

Decididamente, en función de lo planteado en los párrafos anteriores, la formulación, el planteo, el análisis, la discusión, y, consecuentemente, la resolución de problemas, empleando modelos matemáticos de diferente orden de complejidad, se constituyen entonces en un factor de aprendizaje decisivo a la hora de enseñar matemática y, por lo tanto, también a la hora de evaluar. Es por este motivo que la elección de los mismos debe ser una tarea minuciosa, de modo que los diferentes planteos permitan ir integrando, de manera secuenciada, los contenidos a medida que se los aborda.

Es pertinente aclarar que se parte de la concepción teórica que para un estudiante un problema consiste en cualquier situación para la que no tenga una respuesta inmediata, ni tampoco pueda obtenerla reemplazando datos en una fórmula conocida (esto sería simplemente resolver un ejercicio), sino que tiene necesariamente que comprender un enunciado por más sencillo que sea, identificar los elementos conceptuales disponibles que le posibiliten encontrar y escribir las relaciones fundamentales entre los datos, plantear matemáticamente de manera adecuada estas relaciones para, finalmente, encontrar la respuesta al planteo.

En su trabajo *Las matemáticas para la economía y la empresa y el desarrollo de competencias genéricas*, Inmaculada Masero Moreno y María José Vázquez Cueto, de la Facul-

tad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Sevilla, sostienen:

Para mostrar la importancia de las matemáticas en la economía y la empresa es necesario que las asignaturas que abordan su desarrollo incluyan el estudio y análisis de aplicaciones económicas simples. Su enseñanza manifiesta la utilidad de determinados conceptos matemáticos y permite el desarrollo de las habilidades asociadas a la capacidad de aplicar la teoría a la práctica, junto a otras competencias genéricas como son la capacidad de síntesis y análisis o las habilidades de investigación (Masero Moreno y Vázquez Cueto, 2010: 169).

Puede considerarse, en este punto, que el actual sistema de enseñanza universitario supone un cambio en la concepción y desarrollo de la docencia al proponer que los alumnos adquieran capacidades y actitudes que hasta ahora no habían sido tenidas en cuenta en la planificación de la mayoría de las asignaturas. Así, el desarrollo de las competencias específicas asociadas a cualquier asignatura se debe complementar con el desarrollo de competencias generales como son el manejo de la información y las nuevas tecnologías, la capacidad de trabajar en grupo, la gestión del tiempo y la toma de decisiones. Esto supone investigar en nuevos recursos de enseñanza que propicien este objetivo y que, al mismo tiempo, motiven e impliquen al alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En función de lo expresado en párrafos anteriores, deben re-pensarse de manera cuidadosa los instrumentos a emplear en las instancias de evaluación, de modo tal de mostrar de manera explícita la coherencia entre las formas de enseñar y las formas de evaluar.

Claramente, en este punto no puede ni debe dejar de destacarse el papel fundamental que las TIC, a través de diversos aplicativos de uso libre y gratuito al alcance tanto de docentes como de estudiantes, cumplen para este logro. Con la formulación de una situación problemática pertinente, por más sencilla que la misma sea, se intenta que los estudiantes sean capaces, entre otras cuestiones, de:

- abordar el análisis de una situación propia del campo en el que se están formando;
- traducir matemáticamente un problema de naturaleza económica;
- seleccionar y aplicar las herramientas matemáticas adecuadas para resolverlo;
- interpretar los resultados matemáticos en términos económicos.

Además, se pretende que los estudiantes puedan identificar y dar cuenta de las principales conceptualizaciones teóricas implicadas tanto en el planteo e interpretación del problema, como en la solución del mismo. Por otra parte, se considera relevante en este punto del desarrollo realizar algunas consideraciones sobre los diferentes tipos de problemas posibles de formular, las formas de abordarlos con la finalidad de encontrar su solución, y la importancia que los mismos poseen para potenciar el aprendizaje significativo y

contextualizado de los estudiantes.

A continuación, se toma en consideración lo planteado en el trabajo *La resolución de problemas en la enseñanza de la matemática*, de Elisabetta y González Dieterich, pertenecientes a las Facultades de Humanidades y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional de Formosa. Las autoras mencionadas señalan que existen investigaciones de especialistas que refieren al significado del problema y a lo que se concibe como resolución de problemas. Al respecto, Polya publicó tres libros sobre los aspectos generales de la enseñanza de la resolución de problemas. En sus obras, el énfasis está puesto en clasificar los problemas matemáticos según se trate de aplicar un algoritmo, elegir uno entre varios, combinar algunos o elaborar uno nuevo. Para Polya, “resolver un problema significa poder salir de una dificultad, sortear un obstáculo, alcanzar una meta que no era a priori inmediatamente alcanzable” (Polya, 1945, citado en Elisabetta y González Dieterich, 2015: 3). En uno de sus libros, *Cómo plantear y resolver problemas*, el autor identifica cuatro pasos:

- Comprender el problema (análisis del enunciado).
- Concebir un plan (determinación de la vía de solución).
- Ejecutar el plan (ejecución de la vía de solución hallada).
- Examinar la solución. Visión retrospectiva (control del resultado obtenido).

Se considera muy relevante tener en cuenta lo que sostiene Johan Espinoza González, de la Universidad de Granada (España) y profesor titular de la Universidad Nacional de Costa Rica, en su trabajo “La resolución y planteamiento de problemas como estrategia metodológica en clases de matemática”. El autor afirma:

Se reconoce que la resolución de problemas es una estrategia metodológica que fomenta un aprendizaje significativo de los contenidos matemáticos. Además, promueve el desarrollo de habilidades, destrezas y diversas competencias matemáticas que le serán útiles a los estudiantes en su vida cotidiana. Esto porque se enfrentan a un problema que les plantea una serie de retos y dificultades; sin embargo, al resolverlo, con la ayuda del docente y el empleo de sus habilidades y conocimientos previos, logran asimilar nuevas habilidades, conocimientos y competencias. También concluimos que la preparación de este tipo de actividades no es tarea fácil, ya que requieren de la búsqueda y análisis de información previa que permita elaborar un problema con las características ya citadas y que además posea una intencionalidad didáctica, es decir, que el estudiante aprenda un conocimiento nuevo y que motive a los alumnos a resolverlo. De igual forma, el trabajo del docente no es sencillo y difiere al de una clase tradicional. Esto porque tiene que ser ágil en el manejo de los tiempos de clase, preparar con antelación todas las posibles soluciones del problema, poseer un conocimiento histórico matemático del concepto a enseñar, motivar a los estudiantes cuando no encuentran una estrategia para resolverlo y no contestar preguntas que lleven a resolver el problema inmediatamente. En este sentido, se coincide con Mancera (2000) al considerar que, para implementar exitosamente la resolución de problemas, el do-

cente requiere asimilar una serie de conceptos teóricos, así como adquirir la sensibilización necesaria para diseñar situaciones didácticas que le brinden al estudiante la oportunidad de interactuar con el problema, el saber y los demás compañeros. De igual forma, debe abstenerse de generar situaciones que tiendan a desequilibrar el proceso forzando la solución del problema (Espinoza González, 2017: 69-70).

En la elaboración de los instrumentos, es decir de problemas que integran de manera secuenciada los distintos contenidos, se ha considerado además lo que sostienen autoras como Furman (2022) y Maggio (2018) en las obras citadas en las referencias, atendiendo fundamentalmente a la necesidad de innovar y reinventar los procesos de enseñanza y aprendizaje con la finalidad de obtener mejores resultados.

Decididamente, en función de lo planteado en los párrafos anteriores, la formulación, el planteo, el análisis, la discusión, y, consecuentemente, la resolución de problemas, empleando modelos matemáticos de diferente orden de complejidad, se constituyen entonces en un factor de aprendizaje decisivo a la hora de enseñar matemática y, por lo tanto, también a la hora de evaluar. Es por este motivo que la elección de los mismos debe ser una tarea minuciosa, de modo que los diferentes planteos permitan ir integrando, de manera secuenciada, los contenidos a medida que se los aborda.

Las cuestiones previamente citadas, sirvieron de apoyo y de sustento a la hora de elaborar situaciones problemáticas, en las que se visualice de manera explícita la importancia que la matemática posee para la modelación de situaciones específicas, vinculadas a diversas formaciones profesionales, tanto para enseñar como para evaluar, que es particularmente lo que nos ocupa en el presente artículo.

Se ha tomado en consideración, para algunos contenidos determinados, lo propuesto por Schneeberger, en el libro *Álgebra Aplicada a las Ciencias Económicas* (2025-EDUNER) en cuanto al enfoque sostenido para el abordaje de los temas, planteando un enunciado a partir del cual se motive al estudiante acerca de la importancia del contenido en su formación, y desarrollando los elementos teóricos necesarios y suficientes para la comprensión, análisis y resolución del mismo.

Modelos de problemas integradores

A continuación, y sólo a modo de ejemplo de lo desarrollado hasta este punto, se proponen algunos problemas correspondientes a contenidos de álgebra básica, de álgebra lineal y de cálculo multivariado. Como puede observarse, si bien los temas son habituales, los elementos que intervienen en el problema, la forma en la que los mismos están formu-

lados y las consignas que se establecen, permiten no solamente integrar varios temas, sino además los aspectos prácticos con los elementos teóricos de los contenidos involucrados. En consecuencia, el planteo de una sola de estas situaciones, si se trabaja habitualmente en el desarrollo de las clases de esta manera, podría constituir una evaluación parcial integradora.

Figura 3. Modelo de problema aplicado al álgebra básica

EJEMPLO 1

Análisis de Equilibrio Empresarial

Una empresa dedicada a la producción y venta de transformadores de alta tecnología ha determinado, a través de sus analistas económicos, que los ingresos generados por las ventas están modelizados por la función $I(x) = x^4 - 11x^3 + 30x^2$, en tanto que sus costos de producción vienen dados por el modelo $C(x) = 3x^2 - 11x + 28$ (en ambas funciones la variable representa miles de unidades). Se pretende determinar el o los niveles de producción y venta necesarios para alcanzar el equilibrio de la empresa, sabiendo que la capacidad de producción de la fábrica está acotada en cuatro mil quinientos transformadores. Representar gráficamente y extraer conclusiones.

Función de Ingresos

$$I(x) = x^4 - 11x^3 + 30x^2$$

Función polinómica de grado 4 que modela los ingresos por ventas.

Función de Costos

$$C(x) = 3x^2 - 11x + 28$$

Función cuadrática que representa los costos de producción.

Capacidad Máxima

4,500 transformadores

Límite de producción de la fábrica (x representa miles de unidades).

Objetivos del Análisis

01

Identifique los tipos de funciones que intervienen, dando sus expresiones analíticas generales.

02

Explique y defina los elementos característicos de cada una de ellas, tanto de manera coloquial como simbólica y gráficamente, estableciendo las condiciones que deben cumplirse en cada caso, si corresponde.

03

Interprete, plantee y resuelva el problema empleando los procedimientos algebraicos correspondientes.

04

Obtenga la ecuación de la recta que determinan los puntos de equilibrio calculados. Dé las características de la misma.

05

Represente gráficamente y extraiga conclusiones.

06

Verifique los resultados obtenidos usando los recursos tecnológicos disponibles en el aula virtual de la asignatura.

La resolución de este problema requiere aplicar, en forma ordenada y gradual, los siguientes contenidos del módulo de álgebra lineal: vectores, matrices, operaciones entre las mismas, operaciones elementales entre filas o renglones, planteo y resolución de un sistema de ecuaciones lineales mediante el método de Gauss, para uno de los procedimientos solicitados en la consigna; y determinantes y ecuaciones matriciales para el otro proce-

dimiento requerido en el enunciado.

Figura 4.Modelo de problema aplicado al álgebra lineal

Ejemplo 2 - Álgebra Lineal Aplicada: matrices, determinantes, sistemas de ecuaciones lineales y ecuaciones matriciales.

Álgebra Lineal Aplicada: Problema de Producción Automotriz

Una fábrica automotriz posee tres etapas de ensamblado. En cada una de ellas se desarrollan partes diferentes de dos modelos de autos, uno de tipo familiar y el otro de alta gama. Las horas necesarias de trabajo de mano de obra especializada se encuentra descripta en la tabla 1, en tanto que los montos en miles de unidades monetarias que los operarios de cada etapa deben cobrar por hora se detallan en la tabla 2.

Tabla 1: Horas de trabajo por modelo

Etapa	Familiar	Alta Gama
Pulido y detalles	8	12
Ingeniería	6	8
Ensamblado	4	6

Tabla 2: Pago por hora (miles u.m.)

Etapa	Pago/hora
Pulido y detalles	2
Ingeniería	3
Ensamblado	1.5

Se sabe que durante el mes de febrero se invirtió en los sueldos de los operarios de pulido y detalles un total de 464 mil u.m., 312 mil u.m. en los ingenieros y 208 mil u.m. en los operarios de ensamblado.

A partir de estos datos se pide determinar, empleando dos procedimientos diferentes, la cantidad de operarios que se desempeñaron durante el mes de febrero en la fábrica en cada una de las actividades.

Inversión Febrero

- Pulido y detalles: 464 mil u.m.
- Ingenieros: 312 mil u.m.
- Ensamblado: 208 mil u.m.

Objetivo

Determinar la cantidad de operarios que se desempeñaron durante febrero en cada actividad, empleando dos procedimientos diferentes.

Complementariamente, con la finalidad de evaluar aspectos teóricos de los contenidos involucrados., pueden plantearse algunas consignas del tipo siguiente:

- a) Explique y ejemplifique el concepto de matriz y las operaciones posibles entre las mismas, dando las condiciones de posibilidad de cada una de ellas.
- b) Exprese en forma genérica un sistema de m ecuaciones lineales con incógnitas y diga de qué manera pueden clasificarse.

- c) Enuncie y exprese de manera simbólica el teorema fundamental acerca de la compatibilidad de sistemas de ecuaciones lineales.
- d) Defina la función determinante y enuncie tres propiedades de la misma, dando en cada caso un ejemplo.
- e) Plantee de manera general dos ecuaciones matriciales diferentes y fundamentalmente como obtiene la expresión que le permite resolver cada una de ellas.

Figura 5. Modelo de problema aplicado en funciones de varias variables

Ejemplo 3

Funciones de varias variables. Funciones homogéneas. Optimización restringida de funciones



- El departamento de ingeniería de una fábrica produce baterías destinadas a aparatología electrónica, para lo cual requiere personal altamente calificado y una importante inversión. Los analistas económicos de la firma han modelizado la función de producción mediante la fórmula $P(K, L) = 1000 \cdot K^{1/3} \cdot L^{2/3}$, donde **K** representa el monto de dinero requerido y **L** la mano de obra calificada también necesaria para llevar delante de modo eficiente el proceso productivo.

Restricción presupuestaria

- Cada unidad de **K** cotiza a 250 unidades monetarias
- Cada unidad de **L** cotiza a 150 unidades monetarias
- Presupuesto total disponible: 100000 unidades monetarias

Objetivo del análisis

Se solicita evaluar el máximo nivel de producción posible y analizar la variabilidad de este nivel por cada unidad monetaria adicional que la empresa esté dispuesta a invertir.

Al plantear e ir resolviendo parcialmente este problema así formulado se integran la totalidad de los conceptos abordados en el desarrollo del módulo funciones de varias varia-

bles, o también denominados campos escalares, desde el concepto de campo escalar hasta el de optimización sujeta a restricciones. Se considera que este abordaje, a partir del enunciado de situaciones problemáticas cuya solución exija de manera explícita el tratamiento simultáneo de diferentes temáticas, contribuirá a potenciar la integración de contenidos que permitan al estudiante acceder a una visión holística de los contenidos.

Pueden solicitarse, entre otras cuestiones, las siguientes:

- a) determinar el dominio de definición y los conjuntos de nivel del campo escalar que modela el proceso, realizando e interpretando las representaciones gráficas correspondientes.
- b) Defina e interprete la derivada parcial de K con respecto a L.
- c) Explique cuando una función es homogénea y analiza si la función de producción lo es y de qué grado. Justifique e interprete desde el punto de vista económico.
- d) Exprese de manera coloquial y simbólica un punto extremo, realizando además una interpretación gráfica.
- e) Establezca las condiciones necesarias y suficientes de existencia de un punto extremo libre.
- f) Ídem para el caso de un punto extremo restringido.

Problemas de esta naturaleza pueden también diseñarse sobre un aula virtual, sea para revisar e integrar conocimientos como también para evaluar, lo que posibilita un uso más eficiente de los recursos tecnológicos que en estas épocas deben necesariamente incorporarse e integrarse no sólo al proceso de aprendizaje-enseñanza, sino también al de evaluación.

El problema que a continuación se plantea es adecuado para ser utilizado como instrumento de evaluación de un módulo completo de álgebra lineal. De la forma en que se lo ha construido permite que, en una primera parte, los estudiantes tengan la posibilidad de seleccionar la respuesta correcta entre las opciones posibles, debiendo para ello realizar cálculos poniendo en juego todas las estrategias ejercitadas durante las clases.

Por otro lado, en la segunda parte se pide que trabajen en papel, con la finalidad de complementar con la evaluación de sus habilidades y capacidades de expresión escrita, el uso adecuado de la simbología y la posibilidad de construir conceptos.

Figura 6. Modelo de problema aplicado en evaluaciones

Problema Integrador

Una empresa de alta tecnología fabrica diariamente tres tipos de computadoras en cuatro plantas según el siguiente detalle:

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Planta 1 (P1)	10	5	20
Planta 2 (P2)	5	10	15
Planta 3 (P3)	15	20	10
Planta 4 (P4)	10	10	15

Suponiendo que M es la matriz que representa el proceso, responder:

a) (2p) La matriz M es de tamaño x

b) (2p) Los vectores fila de la matriz pertenecen a:

R
R2
R3
R4
ninguna de las dadas

c) (2p) Los vectores columna de la matriz pertenecen a:

R
R2
R3
R4
ninguna de las dadas

d) (6p) Si la matriz de ventas de un día determinado, considerando todos los tipos y todas las plantas, es $V = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 10 \\ 3 & 5 & 10 \\ 10 & 5 & 8 \\ 5 & 7 & 12 \end{pmatrix}$, la matriz de existencias, con el stock disponible luego de la venta, resultará (complete los elementos faltantes):

$$E = \begin{pmatrix} 5 & 2 & \square \\ \square & 5 & 5 \\ \square & \square & 2 \\ \square & 3 & \square \end{pmatrix}$$

e) (8p) Suponiendo que los precios de venta de cada tipo de computadora están dados por el vector $P = \begin{pmatrix} 200 \\ 300 \\ 500 \end{pmatrix}$ en miles de unidades monetarias, el Ingreso por Ventas totales de la producción (también en miles de unidades monetarias) detallado en la Matriz V en la Planta 1 es de , en la Planta 2 es de , en la Planta 3 es de y en la Planta 4 es de .

f) (12p) Considerando solamente los datos de las plantas P1, P2 y P3, de la Matriz M y sabiendo que los gerentes de cada planta pretenden un ingreso total en miles de unidades monetarias de $I = \begin{pmatrix} 9350 \\ 8050 \\ 11150 \end{pmatrix}$ respectivamente, el sistema de ecuaciones lineales que debe resolverse para determinar los precios de venta x, y, z de cada tipo de computadoras es

$$f.1) \left\{ \begin{array}{l} 10x + 5y + 20z + 9350 = 0 \\ 5x + 10y + 15z + 8050 = 0 \\ 15x + 20y + 10z + 11150 = 0 \end{array} \right.$$

- f.1)
 - f.2)
 - f.3)
 - f.4)

ninguna de las dadas

$$f.2) \begin{cases} 10x + 5y + 20z = -9350 \\ 5x + 10y + 15z = -8050 \\ 15x + 20y + 10z = -11150 \end{cases}$$

$$f.3) \left\{ \begin{array}{l} 10x + 5y + 20z = 9350 \\ 5x + 10y + 15z = 8050 \\ 15x + 20y + 10z = 11150 \end{array} \right.$$

$$f.4) \left\{ \begin{array}{l} 10x - 5y - 20z = 9350 \\ 5x - 10y - 15z = 8050 \\ 15x - 20y - 10z = 11150 \end{array} \right.$$

Lo que permite obtener $x = \boxed{}$, $y = \boxed{}$, $z = \boxed{}$ en miles de unidades monetarias.

g) (6p) El sistema resuelto es , y

No Homogéneo
Homogéneo

Compatible Indeterminado
Compatible Determinado

Normal
General

h) (Sp) El rango de una matriz es el número de filas o columnas cuando la matriz

- Ninguna es correcta
- Es triangular inferior
- Es triangular superior
- Está en la forma escalonada

ulas
o nulas

i) (7p) El teorema de **♦**, permite analizar la compatibilidad de un Sistema de Ecuaciones.

- Rouché-Frobenius
- Gauss
- Ninguna es correcta
- Gauss - Jordan

Ecuaciones Lineales, y establece que el mismo es compatible si y sólo si el rango de la matriz de coeficientes es igual al rango de la matriz ampliada y es compatible determinado si y sólo si este rango es menor.

mayor
igual
distinto
menor

que el número de incógnitas.

Mayor
Igual
M

Resolver las siguientes consignas íntegramente en papel:

j) (20p) Teniendo en cuenta las plantas P2, P3 y P4 de la Matriz M, escriba la ecuación matricial que le permita determinar los precios de venta de cada tipo de computadora si los ingresos por ventas pretendidos

(en miles de unidades monetarias) son los datos por el vector $I = \begin{pmatrix} 8050 \\ 10950 \\ 9300 \end{pmatrix}$ y calcúlelos.

k) (6p) Defina Matriz Inversa y enuncie dos propiedades demostrando una de ellas.

I) (3p) Explique cual es la condición necesaria y cual la suficiente para que una matriz admita inversa. Justifique.

m) (6p) Enuncie tres propiedades de los determinantes.

(Desarrolle las consignas j, k, l y m íntegramente en papel,
NO escriba nada en el siguiente espacio en blanco).

Conclusiones

Puede decirse, después de este recorrido, que siempre es importante preguntarse acerca de los rasgos y de los atributos que se espera tengan las nuevas generaciones, para pensar a partir de esto que debe hacerse (y que no).

Es importante poder diferenciar entre el aprendizaje profundo y el conocimiento íntimo o simplemente acumulativo, considerando que el primero es el que permitirá a los estudiantes poner en juego lo aprendido en contextos nuevos, pudiendo de esta forma posicionarse de manera más firme y segura para resolver situaciones propias de su desempeño profesional.

Innovar exige priorizar y organizar de manera adecuada contenidos para jerarquizar lo fundamental, dedicándole el tiempo necesario para generar ese aprendizaje profundo, que es, en definitiva, el verdadero aprendizaje.

No puede ni debe dejarse de lado la importancia que tiene la generación de la motivación en los alumnos, es decir, aquello que les provoque ganas y sed de aprender algo, teniendo en claro para qué les va a servir y cómo lo podrán utilizar en su profesión y en su vida. Claramente, esto exige que se planifiquen las actividades pedagógicas, que incluyan planificación de secuencias y proyectos de enseñanza y de evaluación, para contribuir a la generación de este tipo de aprendizajes. Es indispensable tener en cuenta el rol de las preguntas como aliadas importantes del aprendizaje, como instrumentos promotores del desarrollo de habilidades de pensamiento complejas en los estudiantes, para potenciar la curiosidad y la motivación por aprender.

A la luz de los resultados obtenidos en el trabajo en las cátedras universitarias puede afirmarse que esta metodología ha posibilitado que los estudiantes logren un mejor desempeño. Es claro que debe continuarse en este proceso de manera sostenida, aproximando cada vez más, y de modo sistemático, la forma de abordaje de los diferentes contenidos al momento de ser desarrollados en el aula, a esta metodología que será empleada luego a la hora de evaluar.

El presente trabajo pretende destacar, además, como apoyo a este enfoque, la importancia que los modelos matemáticos poseen para explicar, interpretar, comprender y predecir, cualquiera sea el campo de formación profesional en el que la disciplina matemática se aplique, incluso para enseñar matemática a estudiantes de matemática, haciendo notar que existen diferentes tipos de modelos, según la naturaleza de las variables, aplicables a diferentes situaciones específicas.

Finalmente, se considera relevante mostrar situaciones que posibiliten visualizar de qué manera y bajo qué requisitos o condiciones, puede elegirse el modelo que resulte más adecuado para describir el fenómeno particularmente seleccionado, siempre como apoyo o herramienta metodológica para aprender matemática pura o aplicada.

Bibliografía citada

- ❖ Barreiro, P.; Leonian; P.; Marino, T.; Pochulu, M. y M. Rodríguez, 2017. *Perspectivas metodológica sen la enseñanza y en la investigación en Educación Matemática*. Ediciones UNGS, Buenos Aires.
- ❖ Bonifaz, J. y D. Wirkelried, 2003. *Matemática para la economía dinámica*. Universidad del Pacífico Lima, Perú.
- ❖ Castañeda Figueiras, S., 2006. *Evaluación del aprendizaje en el nivel universitario: Elaboración de exámenes y reactivos objetivos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ❖ Díaz-Barriga Arceo, F., 2010. “Los profesores ante las innovaciones curriculares” (pp. 37–57), *Revista Iberoamericana de Educación Superior* 1(1).
- ❖ Elisabetta, E. M. y M. E. González Dieterich, 2015. *La resolución de problemas en la enseñanza de la matemática*. Universidad Nacional de Formosa.
- ❖ Espinoza González, J., 2017. *La resolución y planteamiento de problemas como estrategia metodológica en clases de matemática*. Universidad de Granada / Universidad Nacional de Costa Rica.
- ❖ Furman, M., 2022. *Enseñar distinto: una guía para innovar sin perderse en el camino*. Siglo XXI Editores, Buenos Aires.
- ❖ Gimeno, J., 2012. “¿Por qué habría de renovarse la enseñanza en la universidad?”: *Innovación en la universidad. Prácticas, políticas y retóricas*. Graó, Barcelona.
- ❖ Macanchí Pico, M. L.; Orozco Castillo, B. M. y M. A. Campoverde Encalada, 2020. “Innovación educativa, pedagógica y didáctica: concepciones para la práctica en la educación superior”. *Universidad y Sociedad*, 12(1).

- ❖ Maggio, M., 2018. *Reinventar la clase en la universidad*. Paidós, Buenos Aires.
- ❖ Masero Moreno, I.yM. J. Vázquez Cueto, 2010. *Las matemáticas para la economía y la empresa y el desarrollo de competencias genéricas*. Universidad de Sevilla.
- ❖ Morales, P., 2010. “Investigación e Innovación Educativa” (pp. 47–73). *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2).
- ❖ Polya, G., 1945. *Cómo plantear y resolver problemas*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- ❖ Schneeberger, M. y G. Weidmann, 2022. *Material del curso de posgrado: Modelos dinámicos continuos y su aplicación a las ciencias económicas*. Facultad de Ciencias Económicas, UNER.
- ❖ Schneeberger, M., 2024. *Álgebra Aplicada a las Ciencias Económicas*. EDUNER, Paraná.

Cita: Schneeberger, M., 2025. “Innovación curricular e innovación metodológica en la enseñanza de la Matemática” (pp. 40-69), *@rchivos de Ciencia y Tecnología* Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

Modelos matemáticos y ciencias sociales: mitos y realidades

Mathematical models and social sciences: myths and realities

Ricardo Goñi* y Gimena N. Reisenauer*



Fecha de recepción: 30/07/2025

Fecha de aceptación: 23/10/2025

Resumen

El uso de modelos matemáticos en la representación y comprensión de la realidad social es objeto de controversias: hay quienes sostienen que la “cuantificación” de lo social constituye la solución de los problemas metodológicos de las ciencias sociales; otros, por el contrario, plantean que -en tanto representación simplificada de la realidad- esos modelos son otra cosa, no la realidad que se intenta representar. Sobre esa base, en este trabajo se cuestiona el “mito de la objetividad” de los modelos matemáticos, dado que sus procesos de construcción conllevan un grado de subjetividad insoslayable. Sin embargo, al mismo tiempo se rescata su uso en ciencias sociales, siempre y cuando no se procure conseguir a través de ellos una representación fiel (“objetiva”) de la realidad. El trabajo se basa en el análisis de dos informes elaborados en la década de 1970 que utilizaron modelos matemáticos y que polarizaron el debate sobre el desarrollo a escala global: *Los Límites del Crecimiento* (Meadows, et al., 1972), elaborado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano* (Herrera et al., 1977), elaborado como respuesta al anterior desde la Fundación Bariloche, Argentina.

Palabras clave: “Cuantificación’ de lo social”; “Modelo del Club de Roma”; “Modelo Bariloche”; “Mito de la ‘objetividad’”.

Abstract

The use of mathematical models in the representation and understanding of social reality is a subject of controversy: some argue that the “quantification” of the social constitutes the solution to the methodological problems of the social sciences; others, on the contrary, argue that -as simplified representations of reality- these models are something else, not the reality they are intended to represent. On this basis, this paper questions the “myth of the objectivi-

* Dr. en Ciencias Sociales; Profesor Asociado de “Medio Ambiente y Salud”, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), Oro Verde, Provincia de Entre Ríos. Dirección de contacto: goni.ricardo@uader.edu.ar

* Profesora en Matemática – Docente - Universidad Autónoma de Entre Ríos, Facultad de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ciencias de la Gestión. Dirección de contacto: reisenauer.gimena @uader.edu.ar

ty” of mathematical models, given that their construction processes entail an unavoidable degree of subjectivity. However, at the same time, their use in social sciences is revived, as long as they are not intended to achieve a faithful (“objective”) representation of reality. This paper is based on the analysis of two reports produced in the 1970s that used mathematical models and polarized the debate on development on a global scale: *The Limits to Growth* (Meadows et al., 1972), a report from the Massachusetts Institute of Technology (MIT) and *Catastrophe or New Society? The Latin American World Model* (Herrera et al., 1977), prepared in response to the former by the Bariloche Foundation in Argentina.

Keywords: “Quantification” of the social; Club of Rome model; Bariloche model; Myth of “objectivity.”

Introducción

Desde su irrupción durante la Gran Depresión de la economía mundial de los años ’30 y, sobre todo, después de la segunda guerra mundial hasta la actualidad, el uso de modelos matemáticos (MM)¹ en las ciencias sociales (en sus inicios, en econometría) ha adoptado diferentes formas a lo largo del siglo XX. Durante ese período, la modelación matemática, como herramienta metodológica aplicada a lo social, ha sido objeto de un sinnúmero de clasificaciones: modelos determinísticos o estocásticos, dinámicos o estáticos, discretos o continuos, entre otros, según utilicen o no –respectivamente– el análisis probabilístico, su evolución en el tiempo y la variable tiempo en intervalos acotados (meses, años, décadas, etc.) (Torres Curth, 2015). En la Argentina, Oscar Varsavsky –fundador en 1961 del grupo de *Economía Matemática* del Instituto de Cálculo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA– fue uno de los científicos más destacados en la elaboración de MM aplicados a las ciencias sociales. En efecto, Varsavsky (1971) planteaba que solo los MM pueden ser fieles –sin dejar de ser manejables– cuando el número de variables de un sistema es alto y diverso: “Es tan absurdo usar un modelo verbal o físico para describir las interconexiones de 1.000 variables heterogéneas como explicar la Biblia por señas” (Varsavsky, op. cit.: 21). A su vez sosténía que el alcance deductivo de los modelos matemáticos superaba el de cualquier otro tipo de modelo (verbal, físico, mental): “Para verlo vasta proponerse la tarea de deducir los movimientos planetarios a partir de las leyes de Newton sin usar ecuaciones diferenciales” (*Ibidem*: 21), al tiempo que los reivindicaba como los más

¹ El término “modelo” tiene diferentes significados y usos: “referente”, “maqueta”, “tipo ideal”, “ícono”, entre otros; más específicamente, un “modelo matemático” es un “formalismo lógico-matemático” mediante el cual se representa un sistema (Armatte, 2006). Esta noción de modelo matemático “... debe ser distinguida de todas las formas antiguas de ‘matematización de lo real’ (...) que acompañó al desarrollo de las ciencias físicas y de las ciencias ‘morales’ desde el siglo XVII” (Armatte, op. cit.: 34).

claros y fácilmente comunicables, entre otros atributos. “Hay excepciones para todas estas afirmaciones, pero muy pocas en el campo de las ciencias sociales” (*Ibidem*: 21).

Sin embargo, su aceptación no ha sido unánime en el mundo académico; más bien, ha suscitado innumerables debates y controversias. En efecto, no son nuevos los posicionamientos antagónicos que existen en torno a la incorporación de metodologías cuantitativas a las disciplinas sociales, ya que si bien por una lado hay quienes sostienen que algunos temas sociales pueden ser modelados matemáticamente, por el otro, hay quienes rechazan firmemente el uso de estas herramientas, descartando su validez cuantitativa como instrumentos de pronóstico de los fenómenos sociales (Ruiz Coronel y Padilla Longoria, 2012). Entre los primeros, las posiciones más extremas adhieren al paradigma positivista que concibe a las ciencias exactas como un ideal metodológico, a partir del cual es posible medir el desarrollo y el grado de “perfección” de todas las demás áreas del saber (Kolakowski, 1993), por lo que los MM serían una suerte de “apotegma” para la resolución de los problemas y desafíos metodológicos de las ciencias sociales. En esa misma línea, aunque no tan extrema, también se adhiere a la “cuantificación” de lo social argumentando que las ciencias sociales “ya están maduras” (léase “habilitadas”) como para poder incorporar ese tipo de proceso metodológico. Entre los segundos, por su parte, las posiciones más ortodoxas sostienen que las ciencias sociales no son “matematizables” y que la intromisión de físicos y matemáticos en estas áreas “es, como lo dice el refrán, darle las llaves al ladrón” (Ruiz Coronel y Padilla Longoria, op. cit.: 116). Más aún, los autores citados –no obstante argumentar a favor del empleo de estos modelos- invocan la vieja y célebre frase del primer ministro británico Benjamin Disraeli, popularizada después de su muerte por Mark Twain a principio del siglo XX, sobre la existencia de tres tipos de mentiras: “mentiras, malditas mentiras y estadística” (Twain, 1906), mentiras a la que se les habría sumado –según el autor- la mentira de las “simulaciones por computadoras” y, en esa misma dirección, ahora podría agregarse la “mentira” de los modelos matemáticos (Ruiz Coronel y Padilla Longoria, op. cit.).

A favor de la modelación matemática en las ciencias sociales, se ha señalado que puede ser una herramienta metodológica fundamental para el conocimiento de lo social: “Los modelos matemáticos aportan el lenguaje y la estructura conceptual necesaria para expresar reglas generales de comportamiento y obtener predicciones de validez general” (Peña, 2006: 67). Según este autor existen tres razones que justifican esta aseveración: la primera es que las matemáticas obligan a definir claramente las variables de interés en ca-

da problema; la segunda es que el lenguaje matemático abre nuevas posibilidades de explicación de los fenómenos sociales y, así, de enriquecer a los demás modelos disponibles para investigar la realidad social; la tercera, por último, es que la gran disponibilidad de datos permite contrastar con mayor rigor los modelos sociales en la práctica y generar predicciones y reglas de comportamiento que puede ser verificadas con esos datos (Peña, op. cit.).

En sentido contrario, se sostiene que de la propia definición de MM surgen argumentos en contra de su utilización en las ciencias sociales: “Un modelo matemático es la representación simplificada de la realidad, mediante el uso de funciones que describen su comportamiento, o de ecuaciones que representan sus relaciones” (Bocco, 2010: 9). Si partimos de esta definición, los MM “no pueden ser ni más ni menos simples que la realidad, ya que desde el inicio son otra cosa” (Reinoso, 1998: 241). Por lo tanto, no son isomorfismos de los segmentos de la realidad que se están representando sino una construcción académica y lingüística (Ruiz Coronel y Padilla Longoria, 2012) en las que no hay posibilidad de controlar el objeto de estudio y donde, además, ocurren imponderables, esto es, fenómenos que suceden de manera inesperada e inevitable y que tienen consecuencias que no se pueden conocer y menos aún precisar. En el mismo sentido, el matemático Alan Turing señalaba sin eufemismo que un modelo matemático es siempre una simplificación y, por lo tanto, también es siempre una falsificación (Turing, 1952).

En ese marco, con el objeto de aportar (¿claridad o confusión?) a este debate inconcluso, en el presente trabajo se sintetizan dos informes publicados en la década de los años ‘70 que utilizaron MM -muy en boga por aquella época- y que polarizaron el debate sobre el desarrollo a escala global: el del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), EE.UU., auspiciado por el Club de Roma, titulado *Los Límites del Crecimiento* (Meadows, et al., 1972, en adelante “Modelo del Club de Roma”), y el elaborado por un grupo de intelectuales y científicos de la Fundación Bariloche, Argentina, *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano* (Herrera et al., 1977, en adelante “Modelo Bariloche”). El primero contrastó dos hipótesis: si el desarrollo económico era ilimitado, o bien si existían límites físicos al crecimiento. A juzgar por el título del informe, es obvio que las conclusiones se inclinaron de manera decisiva a favor de la segunda hipótesis. El segundo, en contraposición, planteó que el desarrollo integral de la sociedad no dependía de barreras físicas insuperables (escasez de recursos, crecimiento poblacional, producción de alimentos, etc.), sino de factores sociales y políticos que debían ser modificados. Cabe señalar que ambos informes constituyen piezas insoslayables de lectura y análisis para la comprensión

de la problemática del desarrollo a escala mundial y los debates –aun inconclusos– que ha generado. Sin embargo, más que analizar los contenidos de estos documentos elaborados desde perspectivas ideológicas opuestas, aunque sin escapar a esa realidad, este artículo tiene por objeto resaltar un aspecto metodológico utilizado por ambos informes: el uso de MM como herramientas de análisis de “lo social”.

El contraste entre los dos modelos

El Modelo del Club de Roma se basó en el análisis y proyección de cinco variables, a juicio de sus autores, las más conflictivas a nivel global: (a) el rápido crecimiento demográfico, (b) la acelerada industrialización, (c) la exendida desnutrición, (d) el agotamiento de los recursos no renovables y (e) deterioro del medio ambiente. Para analizar estas cinco “grandes tendencias” se utilizó un MM basado en la dinámica de sistemas, denominado “World 3”, el primer modelo mundial diseñado para la simulación de escenarios futuros. En palabras de los autores del informe, se trató de un “intento preliminar por mejorar los modelos mentales que poseemos sobre problemas globales de largo plazo” (Meadows et al., op. cit.: 37) en el que se combinaron la información disponible en registros mentales y escritos con los nuevos instrumentos de procesamiento de la información de entonces, como la computadora.

Como nuestro modelo es formal o matemático, tiene también dos ventajas importantes sobre los modelos mentales: primero, cualquier hipótesis que formulemos está escrita de manera precisa, así que queda abierta al examen y la crítica; segundo, una vez que las hipótesis hayan sido examinadas, discutidas y revisadas para que se adapten a nuestro mejor conocimiento actual, *sus implicancias para el comportamiento del sistema mundial pueden ser detectadas sin error* por una computadora, independientemente de lo complicadas que puedan ser (Meadows et al., op. cit.: 38, el subrayado nos pertenece). Aquí se ve reflejado un problema: el de la supuesta “objetividad” de los modelos matemáticos, véase más adelante).

Los valores para las cinco variables seleccionadas fueron obtenidos sobre la base de extrapolaciones de las tendencias dominantes de la época: “La extrapolación de las tendencias actuales es una manera tradicional de mirar hacia el futuro, especialmente hacia el futuro más cercano, sobre todo si la cantidad considerada no está muy influida por otras tendencias que también actúan en el sistema” (Meadows et al., op. cit.: 114), es decir, en la elaboración de los resultados del informe se recurrió a una metodología prospectiva.

Las conclusiones del informe fueron resumidas en tres puntos:

(1) Si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años (...) (2) Es posible alterar estas tendencias de crecimiento y establecer una condición de estabilidad ecológica y económica que pueda mantenerse durante largo tiempo. (...) (3) Si los seres humanos deciden empeñar sus esfuerzos en el logro del segundo resultado en vez del primero, cuanto más pronto empiecen a trabajar en ese sentido, mayores serán las probabilidades de éxito (Meadows et al., op. cit.: 40-41).

Por su parte, el Modelo Bariloche titulado *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano* (título más que elocuente en cuanto a que fue presentado como contracara del Modelo del Club de Roma), desde el punto de vista metodológico recurrió, por un lado, a la definición de un modelo conceptual de sociedad (la “sociedad ideal”), en respuesta al planteo del Modelo del Club de Roma sobre el aumento exponencial de la población, el consumo y el desarrollo industrial como causas de la catástrofe mundial por venir (límites físicos del planeta), planteando la necesidad de un cambio radical en la organización social e internacional del mundo basado en la igualdad y la participación de todos los seres humanos en las decisiones sociales. Por el otro, para contrastar la viabilidad práctica de la “nueva sociedad”, elaboró un modelo matemático que tenía como finalidad demostrar que una humanidad liberada del atraso, la opresión y la miseria era un objetivo posible. Sin embargo, planteaban los autores, que la materialización -o no- de ello dependía de la voluntad de los hombres, y que si el modelo contribuía a movilizar esa voluntad en la dirección propuesta, el objetivo que se fijaron habría sido cumplido (Herrera et al., op. cit.).

Así, en el Capítulo 4 se presentó un MM con el objeto de “determinar cómo, y al cabo de qué plazo, podrán satisfacerse las necesidades básicas” de la población mundial (Herrera et al., op. cit.: 83). En ese marco, la estructura del modelo fue esencialmente la de un sistema económico o, más exactamente, de un sistema productivo, y contó con seis sectores: (1) económico, que incluyó las siguientes variables: a) alimentación, b) servicios habitacionales, c) educación, d) otros servicios y bienes de consumo, e) bienes de capital; (2) producción; (3) fuerza de trabajo; (4) progreso tecnológico; (5) división del mundo en bloques, y (6) relaciones económicas internacionales. El modelo contenía, además, un sinnúmero de variables (e.g., demográficas) que aquí no se mencionan, no obstante lo cual sus evoluciones en el tiempo fueron analizadas dentro de los distintos sectores, en particular en el “económico”, así como en los sectores “producción” y “fuerza de trabajo”.

Las conclusiones más relevantes del informe fueron las siguientes:

(1) El modelo muestra que el crecimiento de la población puede controlarse, hasta alcanzar el estado de equilibrio, mediante la elevación general de las condiciones de vida, especialmente las relacionadas con las necesidades básicas (...) (2) Se comprueba, además, que los obstáculos que actualmente se oponen a un desarrollo armónico de la humanidad no son físicos o económicos, en el sentido estricto, sino esencialmente sociopolíticos. (...) (3) Las tasas de crecimiento de la economía requeridas para conseguir los objetivos deseados -y que pueden obtenerse fácilmente sin imponer sacrificios sociales intolerables- contrastan con las que serían necesarias para satisfacer, aproximadamente en el mismo plazo, las necesidades básicas manteniendo la estructura actual del ingreso y, por ende, la misma organización económico-social (Herrera et al., op. cit.: 123-125).

¿Superpoblación y escasez de recursos o distribución desigual?

Diferencias entre ambos modelos:

- (1) El propósito global del Modelo del Club de Roma (MCR) fue alertar sobre la *catástrofe* global por venir debido a los límites físicos (escasez de recursos, contaminación) que tiene el crecimiento (demográfico, económico); el del Modelo Bariloche (MB), por su parte, fue proponer una *Nueva Sociedad* (modelo deseable) de desarrollo integral, que no dependía de barreras físicas insuperables.
- (2) El MCR situó el debate -en el contexto de la Guerra Fría- en la confrontación Este-Oeste, mientras que el Modelo Bariloche (MB) en el marco del conflicto Norte-Sur.
- (3) El MCR se centró en las presiones demográficas como causas de las desigualdades, dada las claras señales de “escasez” de los recursos planteada por sus autores; el MB, en cambio, centró su análisis en las asimetrías entre países ricos y pobres, en la desigual distribución del poder y los recursos, no en la supuesta escasez, tanto a nivel internacional como dentro de cada país, y en la necesidad de lograr un mundo donde la población en su conjunto alcance mejores condiciones básicas de vida.
- (4) Desde el punto de vista filosófico/epistemológico, el MCR se basó en la supuesta “objetividad” del World 3 y en la -también supuesta- “neutralidad” ideológica; el MB -un modelo explícitamente normativo- fue construido sobre la base de un sistema de valores y de una ideología concreta que sus autores no ocultaron. Gilberto Gallopin, uno de los autores del MB, en la introducción de la segunda edición del Informe, publicada en 2004, señalaba al respecto: “Suponer que la estructura del mundo actual y el sistema de valores que la sustenta pueden ser proyectados sin cambio hacia

el futuro, no es una visión ‘objetiva’ de la realidad, como a veces se sostiene, sino que implica también una toma de posición ideológica” (Herrera et al., 2004: 11).

- (5) Desde el punto de vista ético, el MCR planteó que la crisis que se cernía sobre el futuro del planeta amenazaba con una catástrofe, sin reparar que en ese mismo momento la mayor parte de la humanidad ya vivía en un estado de pobreza y miseria; el MB –desde una perspectiva más optimista- no aceptó el *statu quo* y la supuesta inmutabilidad de los valores centrales de la sociedad capitalista dominante.
- (6) Relacionado con el punto anterior, desde el punto de vista metodológico, el MCR recurrió a la prospectiva, es decir, a la proyección de las tendencias de entonces, descartando la posibilidad de cambios en el futuro. El MB, en cambio, no se ocupó de predecir qué ocurriría si continuaban las tendencias de entonces de la humanidad, sino de señalar una manera de alcanzar la “sociedad ideal” liberada del atraso y la miseria.
- (7) En cuanto a los resultados de las proyecciones de las variables más contrastantes (e.g., demografía), el MCR pronosticó una población mundial de 7 mil millones de habitantes para el año 2000 (Meadows et al., 1972: 58), con lo cual se cotejó un error de mil millones (más del 14%). Por su parte, la proyección demográfica del MB para ese mismo año fue estimada en 6.362 millones de habitantes (Herrera et al., 1977, Cuadro 12: 144), revelando un error de 362 millones (poco más del 5%). Es de hacer notar, al respecto, que las tasas de crecimiento anual de la población mundial decrecieron, con lo cual las hipótesis malthusianas del World 3 quedaron invalidadas. Por otra parte, el índice de producción de alimentos se incrementó en un orden que fue de 88.6% a 123.0% a nivel mundial (mediciones correspondientes al período 2000-2013)². Es decir, hasta aquí se pueden hacer dos deducciones: la primera es que el crecimiento de la población mundial no sólo no fue “súper” exponencial -como lo planteó el MCR (Meadows et al., 1972: 57)- sino que, por el contrario, adquirió una dinámica propia tendiente a la estabilidad, sin necesidad de que operasen factores de control como lo sugirió el World 3. En particular, ello también ocurrió en los países menos desarrollados, contrariando lo dicho por el mismo informe. La segunda deducción es que si la producción de alimentos se incrementó (en contra también de los pronósticos del World 3) entonces el problema de la humanidad no eran los

² Banco Mundial (<http://datos.bancomundial.org/indicador>)

límites físicos como lo planteó el MCR sino, al igual que hoy, la desigual distribución de los recursos (y las brechas que ello genera tanto entre como dentro de las sociedades), tal como lo planteó el MB.

- (8) Otro parámetro contrastante fue el de las proyecciones sobre las reservas de los recursos naturales no renovables. Al respecto, el MCR pronosticó el agotamiento de algunos minerales metalíferos (como oro, plomo, mercurio, plata, estaño y zinc) para antes del año 2000, cuestión que no aconteció. El MB, por su parte, descartó un eventual agotamiento de recursos, reafirmando así que los límites no eran físicos.
- (9) Con respecto a la variable “contaminación”, un análisis de tres indicadores (uso de fertilizantes, contribución de emisiones CO₂ y emisiones de CO₂ *per capita*) muestra la desigual contribución de acuerdo a las condiciones de desarrollo, un tema omitido por el World 3 (que consideró al mundo como un todo, sin las desigualdades entre regiones o países). El MB, en cambio, la formuló de manera diferenciada según se trate de países ricos o pobres. Para los primeros la asoció a la actividad industrial, al creciente parque automotor, etc. y, en general, a factores vinculados con altos niveles de consumo. En los países pobres, en cambio, la contaminación fue vinculada con la pobreza: “aguas contaminadas, condiciones higiénicas deficientes debido a la precariedad de la vivienda y a la falta de redes públicas de drenaje y cloacales, etc. Este tipo de contaminación desaparecerá a medida que se satisfagan las necesidades básicas de la manera prevista por el modelo” (Herrera et al., 1972: 79).
- (10) Por último, y relacionado con el punto anterior, es probable que ambos modelos hayan reflejado las posiciones más contrastantes que, a escala global, surgieron frente al debate ambiental, entonces en ciernes. En términos generales, el MCR asumió el debate desde una perspectiva neomalthusiana, en la que el crecimiento demográfico (principalmente de los países pobres) fue presentado como la variable más determinante en el diagnóstico de la crisis: más población, más consumo, más contaminación, más escases de recursos, más deterioro ambiental. El MB, en cambio, afrontó el debate ecológico sobre la base de que la cuestión del ambiente debía estar integrada al proceso de desarrollo, por lo que propuso establecer -al mismo tiempo- una condición de estabilidad ecológica y económica capaz de mantenerse durante largo plazo. Por este motivo, en América Latina la idea fuerza principal adoptada en el debate ambiental giró en torno al concepto de *Medio Ambiente y Desarrollo*.

Cuadro 1. Variables contrastantes del MCR y el MB

Variables	Modelo del Club de Roma (MCR)	Modelo Bariloche (MB)
<i>Propósito global</i>	Alertar sobre la <i>catástrofe</i> por venir a por límites físicos (escasez de recursos, contaminación) que tiene el crecimiento (demográfico, económico).	Proponer una <i>Nueva Sociedad</i> (modelo deseable) de desarrollo integral, que no depende de barreras físicas insuperables.
<i>Giro paradigmático</i>	<i>Sin indicio de giro:</i> atado al paradigma hegemónico: capitalista, materialista economicista.	Giro paradigmático hacia la <i>Nueva Sociedad</i> .
<i>Caracterización del conflicto global</i>	<i>Este-Oeste</i> (Guerra Fría)	Contradicción <i>Norte-Sur</i>
<i>Ejes del conflicto</i>	Crecimiento demográfico y escasez de recursos. Ante el crecimiento “super” exponencial de la población, se sugiere disminuir tasas de natalidad en países pobres.	Asimetrías en la distribución entre ricos y pobres (entre y dentro de los países). El crecimiento de la población puede controlarse elevando las <i>condiciones de vida</i> , en particular, las necesidades básicas.
<i>Humor prevaleciente</i>	<i>Pesimista</i> , profunda preocupación por el futuro de la humanidad.	<i>Optimista</i> , confianza en que es posible una humanidad liberada del atraso, la opresión y la miseria.
<i>Tipo de modelo</i>	<i>Prospectivo</i> , proyecta tendencias, y concibe el sistema de valores dominantes sin cambios hacia el futuro.	<i>Normativo</i> , adopta de manera explícita un posicionamiento ideológico, y propone una sociedad alternativa.
<i>Cambios sociopolíticos propuestos</i>	<i>Sin cambios</i> , no plantea la necesidad de transformaciones sustanciales (mantención del <i>status quo</i>).	Propone una sociedad <i>igualitaria, no consumista y más solidaria</i> ; desarrollo basado en <i>satisfacer necesidades sociales</i> , no en la renta.
<i>Caracterización de la crisis ecológica</i>	Postuló al crecimiento demográfico como causa del agotamiento de los recursos, la contaminación y el deterioro ambiental.	Propuso afrontar el debate ecológico en ciernes vinculando la crisis ambiental a la problemática de los procesos de desarrollo.

Discusión y Conclusiones

Como se señaló en estas páginas, los MM aplicados a los estudios sociales tienen por objeto comprender, analizar y predecir determinados aspectos de la realidad social a partir de rasgos claves, a los que se los caracteriza con expresiones matemáticas (Bocco, 2010). Ahora bien, el proceso de construcción de esos modelos incluye diferentes etapas, por lo

general cuatro: en la primera se observan, analizan e identifican los componentes más relevantes de la situación-problema real, y se selecciona el conjunto de variables que se va a analizar; en la segunda se explicita la relación matemática que va a vincular a las variables identificadas; en la tercera se desarrolla el modelo, esto es, se definen las expresiones matemáticas, como funciones, ecuaciones, etc., que van a relacionar definitivamente las variables; por último, en la cuarta, una vez obtenidos los valores de las mediciones, éstos deben ser contrastados (y evaluados e interpretados) con los valores estimados u observados en la realidad (Bocco, op. cit.). En ese marco, no hay que perder de vista que, si bien los modelos matemáticos promueven una estandarización interpretativa al momento de la evaluación de las variables seleccionadas (cuarta etapa), está claro que no están exentos de subjetividades (las del o los autor/es del modelo) en sus etapas previas, en particular en la primera, de identificación de problemas y selección de variables. Esto colisiona con el paradigma positivista de la “objetividad” del conocimiento científico y, en particular, con el mito de la objetividad de los MM, cuyos procesos de construcción –aun con el aporte de los datos numéricos obtenidos a partir de una “matematización” de las variables- encierran un grado de subjetividad insoslayable.

De hecho, la construcción de los dos modelos aquí analizados, el del Club de Roma y el de la Fundación Bariloche estuvo sesgada -como era lógico que sucediera- por el posicionamiento ideológico de sus autores, los cuales, como es habitual, eligen simular la “mejor” de las alternativas. Y está claro que, “ideológicamente hablando, lo que se define como lo ‘mejor’ es el factor clave” (Teitelbaum, 2023: 16). En ese sentido, el primero de los modelos fue explícitamente proyectivo (o prospectivo); esto es, proyectó los datos vigentes de la realidad dando por sentado que la estructura social se mantendría básicamente sin cambios, un posicionamiento ideológico fundado en los sistemas de valores dominante –al menos en Occidente- y el mantenimiento del *statu quo* global. No obstante, aunque fue presentado como una visión “objetiva de la realidad”, sus propias proyecciones fueran desmentidas -pasado el tiempo- por la misma realidad. Nótese, por ejemplo, que en un tema central desde la perspectiva de los autores del informe (y tan sensible) como el del crecimiento demográfico –signado entonces por enfoques neomalthusianos-, el MCR proyectó para el año 2000 “una población mundial de cerca de 7.000 millones (...) y en 60 años habrá 4 personas por cada una de las que actualmente vive en el mundo” (Meadows et al., op. cit.: 57). Esto es, los cálculos para el año 2000 se excedieron en nada menos que 1.000 millones de habitantes, y los 7.000 millones recién se alcanzaron en octubre de 2011, es decir,

doce años después. Por otra parte, en relación a las predicciones para el año 2030, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas publicó el *World population Prospects. The 2010 Revision, 2011*³, un reporte que señala que las tasas de fertilidad de la población mundial han comenzado a bajar, por lo que es probable que se mantenga un escenario de fertilidad media (9,3 mil millones de habitantes en 2050 y 10,1 mil millones en 2100), muy alejado de las proyecciones del MCR, con el cual la población total del planeta se estabilizará o declinará.

En cambio, el MB fue normativo, en el sentido de que utilizó los datos vigentes al momento de su desarrollo, no para proyectarlos hacia el futuro, sino para analizar la factibilidad de alcanzar las metas esenciales -definidas por los autores del modelo- para liberar a la humanidad de la miseria y el atraso. Sin embargo, la caída del Muro de Berlín, el acontecimiento simbólico quizás más relevante de finales del siglo XX, dio por tierra las aspiraciones de una “sociedad ideal”, no obstante lo cual el MB es aún reconocido como una innovación en la forma de pensar el desarrollo, no solo por mantener vigencia desde el punto de vista conceptual, sino por haber introducido el concepto de “necesidades básicas”, que fue incorporado por agencias internacionales y varios países. Como corolario de la contribución de ambos modelos desde el aspecto metodológico -de eso se trata el artículo- valga transcribir el siguiente párrafo:

Quizás la lección más importante fue que las técnicas matemáticas [utilizadas por el MCR y el MB] se pueden y deben usar como herramientas de soporte para el diseño de políticas deseables para, por ejemplo, verificar su factibilidad y si las propuestas de metas deseables pueden alcanzarse teniendo en cuenta los limitantes y barreras existentes en una sociedad dada. Los modelos serios no reemplazan el juicio humano, pero pueden ofrecer un apoyo indiscutible para el diseño e implementación de políticas de desarrollo (Teitelbaum, op. cit.: 18).

No obstante, sin escapar al panorama de ambigüedad propio de este debate, pero al mismo tiempo sin quedar atrapados en la dicotomía entre “nada más allá de los MM” o “darles las llaves al ladrón”, cabe finalizar señalando que los MM pueden ser herramientas metodológicas útiles en las ciencias sociales, siempre que se tengan en cuenta tres aspectos: (a) que la “cuantificación” de lo social -por abstracta que sea- no permite representar fielmente la realidad social que se quiere analizar; (b) que en la noción misma de MM se debe reconocer su dimensión multidisciplinaria, dada su capacidad de abarcar diferentes do-

³ www.unpopulation.org

minios (Armatte, 2006), y (c) que a través de los MM no se debe procurar conseguir una representación fiel (“objetiva”) de la realidad. En otras palabras, cabe recordar la célebre frase del matemático ruso Nikolái Lobachevsky (1792-1856): “No hay rama de la matemática, por abstracta que sea, que no pueda aplicarse algún día a los fenómenos del mundo real”,⁴ pero sin olvidar la del estadístico estadounidense John Wilder Tukey (1915-2000): “Es mejor tener una respuesta aproximada a la pregunta correcta que una respuesta exacta a la pregunta equivocada”.⁵

Bibliografía citada

- ❖ Armatte, M., 2006. “La noción de modelo en las ciencias sociales” (pp. 33-70), *EMPIRIA, Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, Nº 11.
- ❖ Herrera, A. O.; Scolnik, H. D.; Chichilnisky, G.; Gallopín, G. C.; Hardoy, J. E.; Mosovich, D.; Oteiza, E.; de Romero Brest, G.; Suárez, C. y L. Talavera, 1977. *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano*. International Development Research Center, Ottawa, 127 pp.
- ❖ Herrera, A. O.; Scolnik, H. D.; Chichilnisky, G.; Gallopín, G. C.; Hardoy, J. E.; Mosovich, D.; Oteiza, E.; de Romero Brest, G.; Suarez, C. y L. Talavera (2004). *¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano. Treinta Años Despues*. Segunda Edición. IDRC-CRDI, Ottawa, 162 pp.
- ❖ Kolakowski, L., 1993. *La filosofía positivista*, Red Editorial Iberoamericana, México.
- ❖ Meadows, D. H.; Meadows, D. L. y J. Randers, 1972. *Los Límites del Crecimiento. Informe del Club de Roma sobre el Predicamento de la Humanidad*. Fondo de la Cultura Económica, México, 253 pp.
- ❖ Peña, D., 2006. “Las matemáticas en las ciencias sociales” (pp. 67-79), *Encuentros multidisciplinares Vol. 8, Nº 23*.
- ❖ Reynoso, C., 1998. *Corrientes en antropología contemporánea*, Biblos, Buenos Aires.
- ❖ Ruiz Coronel, A. y P. Padilla Longoria, 2012. “Los modelos matemáticos en las cien-

⁴ <https://akifrases.com/frase/119756>

⁵ <https://citas.in/autores/john-w-tukey/>

cias sociales” (pp. 115-126). *Pensar. Epistemología y Ciencias Sociales*, Nº 7, Editorial Acceso Libre, Rosario.

- ❖ Teitelbaum, A. (ed.), 2023. “Los Límites del Crecimiento y el Modelo Mundial Latinoamericano” (pp. 1-18), *La Alianza Global Jus Semper*: //efaidnbmnnibpcajpcglnlefindmkaj/https://jussemper.org/Inicio/Recursos/Info.%20econ/Resour-ces/ATeitelbaum-LimitesDelCrecimiento-MMLA.pdf
- ❖ Torres Curth, M., 2015. *Los reyes de la pasarela, modelos matemáticos en las ciencias*, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, CABA, 98 pp.
- ❖ Turing, A. M., 1952. The Chemical Basis of Morphogenesis, en: Turing, A. M., *Philosophical Transactions Royal Society of London, Series B*, 1952
- ❖ Twain, M., 1906. “Chapters from My Autobiography” (pp. 321-33), *North American Review* Vol. 183, No. 598.
- ❖ Varsavsky, O., 1971. “Modelos matemáticos y experimentación numérica” (pp. 16-54), en: Varsavsky, O. y A. E. Calcagno (comps.) *América Latina: modelos matemáticos*, Editorial Universitaria S. A., Santiago de Chile.

Cita: Goñi, R. y G. N. Reisenauer, 2025. “Modelos matemáticos y ciencias sociales: mitos y realidades” (pp. 70-83), *@rchivos de Ciencia y Tecnología* Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos (Rodentia: Cricetidae): un estudio comparativo a partir de reconstrucciones 3D

Brain morphology and encephalization quotient in sigmodontine rodents (Rodentia: Cricetidae): a comparative study based on 3D reconstructions

Vargas, Rocío*; Carlini, Alfredo*; Brito, Jorge*; Koch, Claudia* y Ulyses F. J. Pardiñas*



Fecha de recepción: 28/09/2025

Fecha de aceptación: 13/11/2025

Resumen

Los roedores sigmodontinos (Cricetidae, Sigmodontinae) representan uno de los grupos más diversos de los cricétidos, exhibiendo una notable variación ecológica y morfológica. No obstante, su estudio neuroanatómico ha sido limitado. En este trabajo se presenta una exploración preliminar de la variación del coeficiente encefalización (CE) y de la morfología del encéfalo en 21 especies pertenecientes a 9 tribus, considerando sus diferentes hábitos locomotores (i.e., terrestre, arborícolas, semiacuáticas, fosoriales y vadeadores). Los resultados obtenidos muestran que las especies semiacuáticas y arborícolas presentan valores de CE relativamente mayores, quizás asociados a una mayor demanda sensorial y conductual en ambientes tridimensionales complejos. En contraste, las especies fosoriales muestran valores menores, lo que podría vincularse a una menor complejidad conductual y a una mayor inversión en masa muscular. Juzgada en forma general, la morfología encefálica de los sigmodontinos es conservadora, con variaciones más evidentes en el desarrollo relativo de los bulbos olfatorios.

Palabras clave: *Sigmodontinae; neuroanatomía; hábitos de vida; cerebelo; bulbos olfatorios.*

Abstract

Sigmodontine rodents (Cricetidae, Sigmodontinae) represent one of the most diverse groups of cricetids, exhibiting remarkable ecological and morphological variation. However, their

* Instituto de Diversidad y Evolución Austral (IDEAUS-CONICET), Puerto Madryn, Chubut, Argentina; Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Quito, Ecuador.

^ Laboratorio de Morfología Evolutiva y Desarrollo (MORPHOS), La Plata, Argentina.

• Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Quito, Ecuador.

▲ Sektion Herpetologie, Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, 53113 Bonn, Germany.

neuroanatomical study has been limited. This paper presents a preliminary exploration of the variation in encephalization quotient (EC) and brain morphology in 21 species belonging to 9 tribes, considering their different locomotor habits (i.e., terrestrial, arboreal, semi-aquatic, fossorial, and wading). The results obtained show that semi-aquatic and arboreal species have relatively higher EC values, perhaps associated with a greater sensory and behavioral demand in complex three-dimensional environments. In contrast, fossorial species exhibit lower EC values, an aspect that could be linked to less behavioral complexity and a greater investment in muscle mass. Judged in general, the brain morphology of the sigmodontines is conservative, with the most evident variations being in the relative size of the olfactory bulbs.

Keywords: *Sigmodontinae; neuroanatomy; lifestyle habits; cerebellum; olfactory bulbs.*

Introducción

Los roedores sigmodontinos comprenden el linaje más diverso de la familia Cricetidae, con aproximadamente 500 especies vivientes repartidas en unos 90 géneros y 13 tribus (Brito y Pardiñas, 2025). Su diversidad morfológica y ecológica los convierte en un modelo idóneo para estudiar la evolución funcional y adaptativa del encéfalo (e.g., Vorontsov, 1982; Voss, 1988; Patton et al., 2015; Pardiñas et al., 2017).

El estudio del encéfalo ha despertado un interés creciente en distintos grupos de mamíferos, tanto actuales como fósiles, mediante el análisis del tamaño relativo y la morfología cerebral en relación con la filogenia y los hábitos locomotores (Macrini et al., 2007; Bertrand et al., 2019; Perini et al., 2022; Bertrand y Krubitzer, 2025). Sin embargo, en los sigmodontinos los estudios neuroanatómicos son limitados. Uno de los aportes pioneros es el de Pirlot y Bee de Speroni (1987), quienes exploran de forma comparativa la morfología encefálica de *Akodon azarae* y *Holochilus chacarius*. Más recientemente, Olivares et al. (2004) analizaron la corteza visual primaria de *Abrothrix olivacea* y *Phyllotis darwini*. También se cuenta con el estudio de tesis no publicado de França (2024), usando endomoldes digitales de especies de la tribu Akodontini, con el objetivo de comprender el papel de las estructuras cerebrales en la historia natural de este linaje.

Aunque estos trabajos han explorado aspectos puntuales de la neuroanatomía de sigmodontinos, aún faltan estudios comparativos que integren hábitos de vida y variación encefálica. En este sentido, las especies que habitan ambientes tridimensionales complejos, como ambientes arbóreos y acuáticos, utilizan activamente el espacio en diferentes planos -vertical, horizontal y diagonal-, a diferencia de especies terrestres o fosoriales, cuyo desplazamiento se restringe principalmente a la superficie del suelo o a su inmediata

cercanía. Este uso diferencial del espacio tridimensional podría tener implicancias en la organización sensorial y motora del encéfalo.

Esta limitación en el conocimiento neuroanatómico, probablemente esté vinculada a la falta de acceso a cerebros frescos. No obstante, en los últimos años se ha incrementado el uso de endomoldes cerebrales digitales generados a partir de datos de microtomografía computarizada de cráneos, los cuales han permitido acceder a información valiosa sobre la anatomía, forma y organización del cerebro. Su aplicación en roedores resulta creciente, línea respaldada por estudios que demuestran su utilidad para describir patrones neuroanatómicos y evaluar la variación morfológica (e.g., Bertrand et al., 2017, 2021; Bertrand y Silcox, 2022; Arnaudo y Arnal, 2023; Ferreira et al., 2024). Aunque la correspondencia entre endomolde digital y el encéfalo real no es completamente exacta, estos modelos proporcionan una aproximación confiable de la superficie cerebral y facilitan comparaciones entre especies raras o, incluso, extintas.

En este contexto, este trabajo ofrece una aproximación preliminar al coeficiente de encefalización y a la morfología encefálica de especies seleccionadas de Sigmodontinae, empleando endomoldes digitales derivados de tomografía computarizada. En esta primera indagación, el objetivo es, además de presentar las generalidades anatómicas del sistema de estudio, explorar una potencial correlación entre los aspectos indicados y los principales hábitos locomotores de los sigmodontinos.

Materiales y Métodos

Se digitalizaron los cráneos de 21 especímenes adultos, pertenecientes a 21 especies y géneros de 9 tribus de roedores sigmodontinos (Tabla 1). Los ejemplares se encuentran depositados en las siguientes colecciones biológicas y/o instituciones: Colección de Mamíferos del Centro Nacional Patagónico (CNP, Puerto Madryn, Chubut, Argentina), Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO, Quito, Ecuador), Museu de Zoología del Departamento de Biología Animal, Universidade Federal de Viçosa (MZUFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil), The Natural History Museum (NHMUK, Londres, Reino Unido), Zoologisches Forschungsinstitut und Museum “Alexander Koenig” (ZFMK, Bonn, Alemania) y American Museum of Natural History (AMNH, New York, Estados Unidos de Norteamérica).

Los cráneos fueron escaneados mediante microtomografía computarizada (micro-CT) de alta resolución (Bruker SkyScan 1173, Kontich, Bélgica) con equipos de la Universidad de Duke (EE.UU.). La segmentación y reconstrucción tridimensional se efectuó con el

software Materialise Mimics v21.01, generando moldes endocraneanos positivos que reproducen la superficie interna de la cavidad craneana.

El volumen endocraneano se empleó como estimador indirecto del volumen encefálico, reconociendo que incluye meninges y líquido cerebroespinal. Para el cálculo del coeficiente de encefalización (CE, de aquí en más), se aplicaron las ecuaciones propuestas por Jerison (1973), Eisenberg (1981) y Pilleri et al. (1984). Los valores se normalizaron en relación al peso corporal medio de cada especie.

Las descripciones anatómicas siguen los criterios y la terminología de la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (NAV, 2017) así como los lineamientos básicos de Bertrand y Silcox (2016).

La asignación de los modos de vida de las especies se realizó a partir de información ecológica disponible en literatura (e.g., Patton et al., 2015; Pardiñas et al., 2017; véase la Tabla 1).

Tabla 1. Listado de los roedores sigmodontinos analizados en este trabajo organizados por tribus y clasificados según su hábito locomotor. Para el significado de los acrónimos de colecciones (véase el texto principal)

Tribu	Especie	Número de colección	Hábito locomotor
Akodontini	<i>Blarinomys breviceps</i>	MZUFV 2640	fosorial
Abrotrichini	<i>Notiomys edwardsii</i>	CNP 1	fosorial?
Abrotrichini	<i>Paynomys macronyx</i>	CNP 440	fosorial
Oryzomyini	<i>Lundomys molitor</i>	AMNH 206373	semiacuático
Ichthyomyini	<i>Anotomys leander</i>	NHMUK 51171	semiacuático
Ichthyomyini	<i>Icthyomys orientalis</i>	MECN 4914	semiacuático
Ichthyomyini	<i>Neusticomys vossi</i>	MECN 4332	semiacuático
Ichthyomyini	<i>Rheomys mexicanus</i>	AMNH 205320	semiacuático
Phyllotini	<i>Tapecomys primus</i>	CNP 828	escansorial?
Oryzomyini	<i>Oligoryzomys flavescens</i>	CNP 6864	escansorial
Oryzomyini	<i>Sooretamys angouya</i>	CNP 4693	escansorial
Akodontini	<i>Scapteromys aquaticus</i>	CNP 4608	vadeador
Sigmodontini	<i>Sigmodon hispidus</i>	ZFMK 2019-0084	vadeador
Oryzomyini	<i>Pseudoryzomys simplex</i>	CNP 4589	vadeador
Oryzomyini	<i>Mindomys kutuku</i>	MECN 5809	arborícola
Wiedomyini	<i>Juliomys pictipes</i>	MZUFV 2762	arborícola
Rhagomynini	<i>Rhagomys septentrionalis</i>	MECN 6172	arborícola
Thomasomyini	<i>Chilomys georgeledeci</i>	MECN 6024	cursorial
Akodontini	<i>Akodon dolores</i>	CNP 8346	cursorial
Phyllotini	<i>Auliscomys pictus</i>	AMNH 249016	cursorial
Thomasomyini	<i>Thomasomys pardignasi</i>	MECN 5852	cursorial

Resultados

1. Descripción del patrón encefálico general en Sigmodontinae

Para concretar una descripción de la morfología superficial gruesa del encéfalo, se seleccionaron las especies con endomoldes de mayor detalle de cada uno de los taxones representativos de cada hábito locomotor. Las especies restantes fueron comparadas en una etapa posterior, considerando los rasgos anatómicos registrados en los especímenes de referencia (Figura 1).

El encéfalo de los roedores sigmodontinos presenta una morfología general conservadora. Los hemisferios telencefálicos constituyen la porción de mayor volumen, sin llegar a cubrir a los bulbos olfatorios ni al cerebelo. El telencéfalo es de tipo lisencefálico –caracterizado por la ausencia de impresiones claras de surcos neocorticales– y se muestra simétrico, con un contorno generalmente piriforme u ovoide, en vista dorsal.

Los bulbos olfatorios se proyectan rostralmente y se conectan al telencéfalo mediante pedúnculos de longitud corta a mediana (siempre más cortos que la longitud del bulbo). Su morfología varía entre cónica y ovoidal y su desarrollo (volumen) relativo constituye uno de los rasgos más variables entre las especies estudiadas.

El cerebelo presenta una configuración similar en la mayoría de taxones analizados. El vermis se encuentra bien definido y los hemisferios cerebelosos muestran proporciones relativas comparables en las distintas especies estudiadas. Los paraflóculos son notorios en vistas lateral y posterolateral, con contornos redondeados u ovoidales y un grado de desarrollo similar en los ejemplares analizados, aunque con ligeras variaciones intertribales.

2. Variación encefálica asociada al hábito locomotor

Fosorial

Los endomoldes indican un encéfalo compacto y simple. Los bulbos olfatorios son anchos y de contorno subtriangular en *Blarinomys breviceps* y *Notiomys edwardsii*, mientras que en *Paynomys macronyx*, son más estrechos y cónicos. El cerebelo es proporcionalmente angosto, con un vermis y hemisferios cerebelosos de tamaño semejante. Los paraflóculos son visibles y presentan un desarrollo moderado (Figura 2 y 3A).

Semiacuático

El telencéfalo presenta un contorno piriforme en vista dorsal, aunque en *Icthyomys orientalis* es más ovoidal. Los bulbos olfatorios son pequeños y subcirculares en las espe-

cies de Ichthyomyini, mientras que en *Lundomys molitor* (Oryzomyini) se observan mayores y de apariencia cilíndrica. En vista lateral, los bulbos se proyectan dorsalmente en Ichthyomyini, pero en *L. molitor* la proyección es, exclusivamente, rostral. El cerebelo es ligeramente estrecho, con un vermis algo más ancho que los hemisferios cerebelosos. Los paraflóculos son ovoidales y, en *Ichthyomys orientalis*, presentan subdivisión evidente (Figura 2 y Figura 3B).

Escansorial

El telencéfalo presenta un contorno piriforme. Los bulbos olfatorios son medianos y cónicos, aunque *Sooretamys angouya* presenta bulbos de contorno cilíndrico. Se conectan al telencéfalo mediante pedúnculos cortos a medianos. El cerebelo es ancho, con vermis estrecho. Los paraflóculos son pequeños a medianos; en *S. angouya* están subdivididos (Figura 2 y 3C).

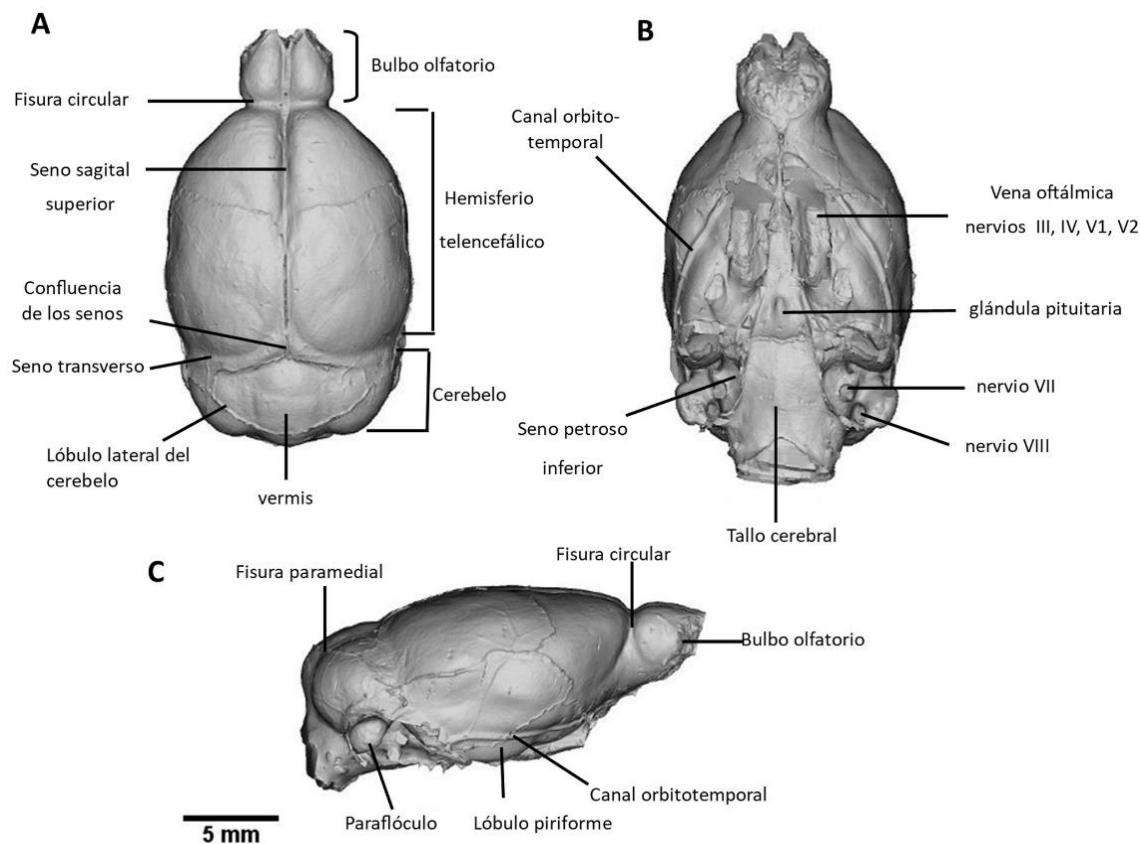


Figura 1. Terminología empleada para la descripción de las principales características anatómicas del encéfalo en roedores sigmodontinos, a partir de endomoldes digitales de *Mindomys kutuku* (MECN 5809) en vista dorsal (A), ventral (B) y lateral derecha (C). En todos los casos, los bulbos olfatorios indican la parte anterior.

Vadeador

Presentan un patrón encefálico de morfología intermedia entre los tipos fosoriales y semiacuáticos. El telencéfalo es piriforme u ovoide (como en *Scapteromys aquaticus*) y los bulbos olfatorios son ovoides y prominentes. El cerebelo es relativamente ancho; el vermis puede ser más desarrollado (en *Sigmodon hispidus*) o reducido (en *S. aquaticus*) en relación a los hemisferios cerebelosos laterales. Los paraflóculos son redondeados u ovoidales, en *Pseudoryzomys simplex* muestran una subdivisión claramente definida (Figura 2 y 3D).

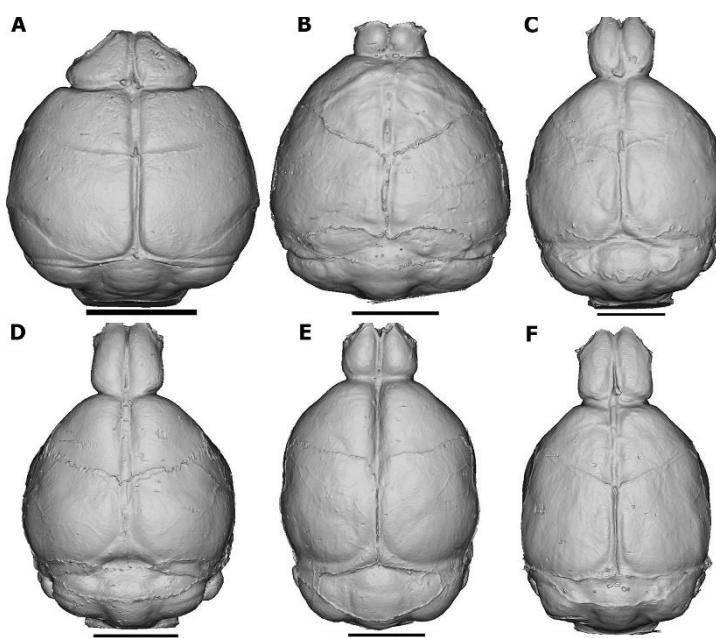


Figura 2. Vistas dorsales de endomoldes craneanos representativos de diferentes hábitos locomotores en roedores sigmodontinos: A: fosorial (*Blarinomys breviceps*; MZUVF 2640); B: semiacuático (*Rheomys mexicanus*; AMNH 205320); C: escansorial (*Tapecomys primus*; CNP 828); D: vadeador (*Sigmodon hispidus*; ZFMK 2019-0084); E: arborícola (*Mindomys kutuku*; MECN 5809); F: cursorial (*Akodon dolores*; CNP 8346). Escala = 5 mm

Arborícola

El telencéfalo muestra un contorno piriforme y simétrico en vista dorsal. Los bulbos olfatorios son de tamaño mediano, cónicos y se unen a los hemisferios cerebrales mediante pedúnculos de longitud media. El cerebelo es ancho, con un vermis de una anchura semejante a la de los hemisferios cerebelosos. Los paraflóculos son pequeños y ovoidales, aunque en *Juliomys pictipes* alcanzan un tamaño mediano (Figura 2 y 3E).

Cursorial

Presentan hemisferios piriformes y bulbos olfatorios de tamaños medianos y cónicos, conectados por pedúnculos de longitud media. El cerebelo varía desde ancho -como

en *Thomasomys pardignasi*- hasta más estrecho en *Akodon dolores* y *Auliscomys pictus*. El vermis es de anchura semejante a los hemisferios cerebelosos en *T. pardignasi*, mientras que en las demás especies es más angosto. Los paraflóculos son pequeños y ovoidales, con una subdivisión marcada en *Akodon dolores* (Figura 2 y 3F).

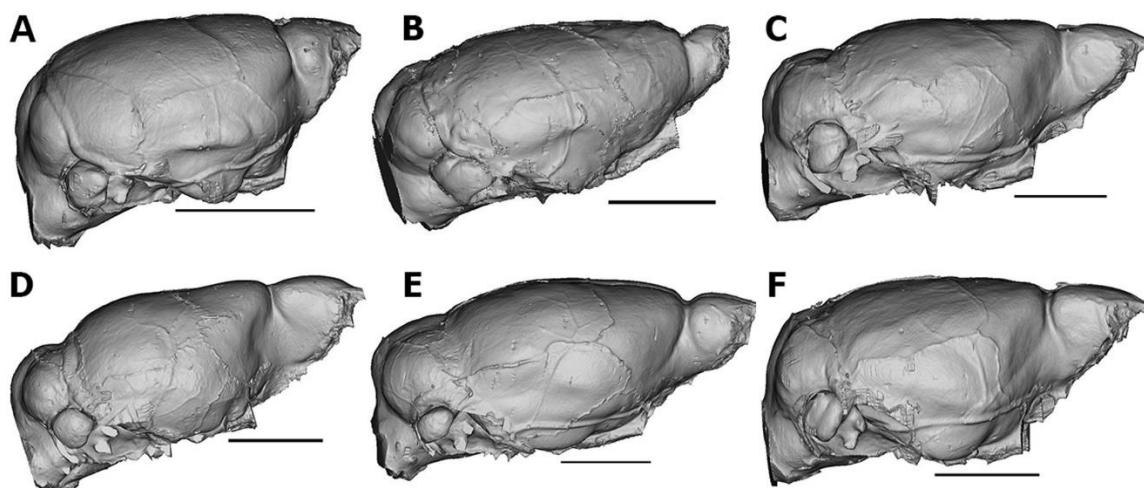


Figura 3. Vistas laterales de endomoldes craneanos representativos de diferentes hábitos locomotores en roedores sigmodontinos: A: fosorial (*Blarinomys breviceps*; MZUVF 2640); B: semiacuático (*Rheomys mexicanus*; AMNH 205320); C: escansorial (*Tapecomys primus*; CNP 828); D: vadeador (*Sigmodon hispidus*; ZFMK 2019-0084); E: arborícola (*Mindomys kutuku*; MECN 5809); F: cursorial (*Akodon dolores*; CNP 8346). Los endomoldes se muestran orientados de manera paralela al plano horizontal. Escala = 5 mm

3. Coeficiente de Encefalización

El volumen endocraneal calculado para las especies analizadas se exhibe en Tabla 2.

El análisis basado en la ecuación de Pilleri et al. (1984) mostró diferencias marcadas entre los distintos hábitos locomotores (Figura 4). Las especies fosoriales y vadeadores exhibieron los valores más bajos y homogéneos de CE. En contraste, las especies semiacuáticas y arborícolas presentan CE más elevados. Las especies escansoriales y cursoriales ocuparon posiciones intermedias.

El CE calculado mediante las fórmulas propuestas por Jerison (1973), Eisenberg (1981) y Pilleri et al. (1984) mostró un patrón consistente entre las diferentes metodologías, aunque con diferencias cuantitativas notables entre las especies analizadas (Figura 5). Destacan *Neusticomys vossi*, *Rheomys mexicanus*, *Chilomys georgeledeci*, *Rhagomys septentrionalis* y *Thomasomys pardignasi*, las cuales exhibieron valores elevados de CE bajo las tres metodologías.

En contraste, *Lundomys molitor*, *Icthyomys orientalis* y *Sigmodon hispidus* mostraron valores menores.

Artículos

Vargas, R. et al., Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos...

Tabla 2. Coeficientes de encefalización calculados para roedores sigmodontinos según su hábito locomotor

Espezie	Volumen encodranial (mm ³)	Masa encéfala estimada (g)	EQ Pilleri et al. (1984)	EQ Jerison (1973)	EQ Eisenberg (1981)
<i>Blarinomys breviceps</i>	643,80	0,667	0,72	0,54	0,99
<i>Notiomys edwardsii</i>	573,07	0,594	0,93	0,71	1,26
<i>Paynomys macronyx</i>	1079,93	1,119	0,73	0,53	0,86
<i>Lundomys molitor</i>	1467,62	1,520	0,34	0,24	0,34
<i>Anotomys leander</i>	1028,60	1,066	0,87	0,64	1,07
<i>Icthyomys orientalis</i>	1320,06	1,368	0,57	0,41	0,63
<i>Neusticomys vossi</i>	757,36	0,785	1,09	0,82	1,45
<i>Rheomys mexicanus</i>	1249,29	1,294	1,22	0,91	1,54
<i>Tapecomys primus</i>	1400,87	1,451	0,84	0,62	0,98
<i>Oligoryzomys flavescentis</i>	545,19	0,565	0,88	0,68	1,20
<i>Sooretamys angouya</i>	1803,13	1,868	0,84	0,61	0,95
<i>Scapteromys aquaticus</i>	1911,22	1,980	0,92	0,66	1,03
<i>Sigmodon hispidus</i>	1036,18	1,073	0,41	0,29	0,44
<i>Pseudoryzomys simplex</i>	760,25	0,788	0,75	0,56	0,94
<i>Mindomys kutuku</i>	1286,25	1,333	0,72	0,52	0,83
<i>Juliomys pictipes</i>	633,129	0,656	0,92	0,70	1,22
<i>Rhagomys septentrionalis</i>	813,02	0,842	1,2	0,91	1,61
<i>Chilomys georgeledeci</i>	792,73	0,821	1,28	0,97	1,74
<i>Akodon dolores</i>	853,81	0,885	0,87	0,64	1,08
<i>Auliscomys pictus</i>	944,75	0,979	0,92	0,68	1,16
<i>Thomasomys pardignasi</i>	1664,96	1,725	1,21	0,89	1,46

¹ Estimada según Stephan et al. (1981).

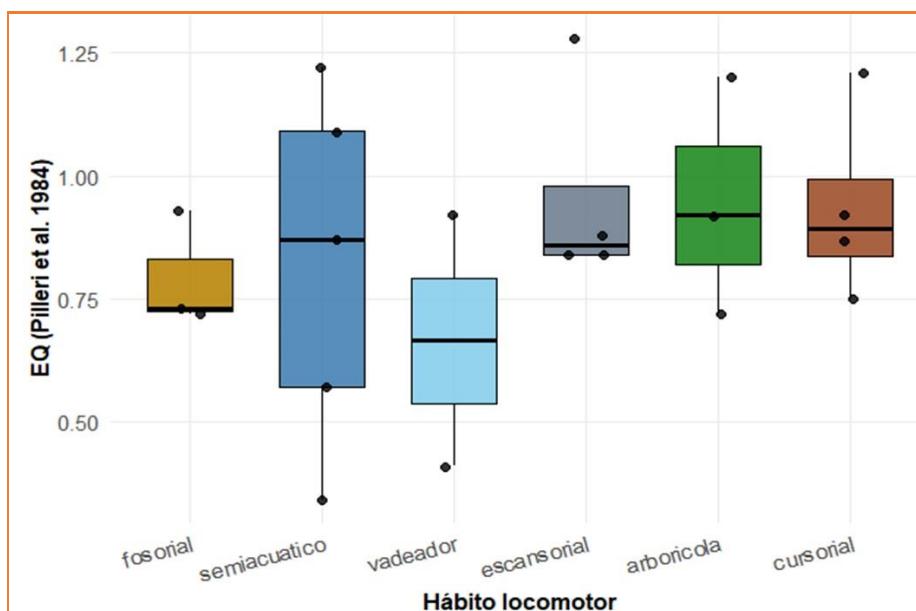


Figura 4. Diagrama de caja comparando el CE (según Pilleri et al., 1984) en roedores sigmodontinos, agrupadas de acuerdo con el hábito locomotor.

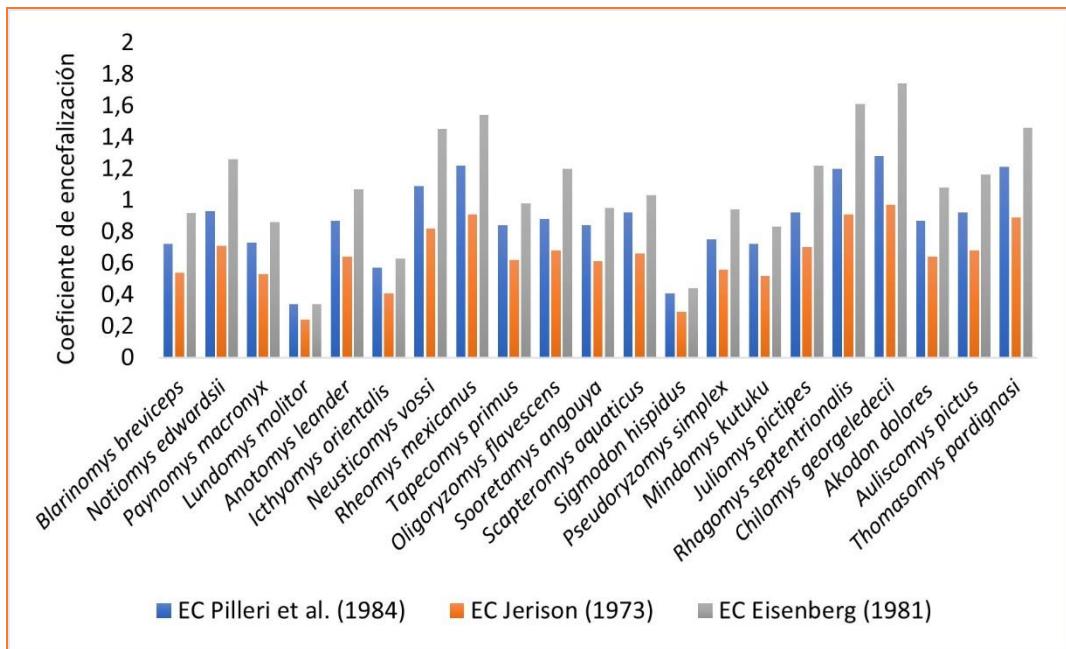


Figura 5. Histograma de los CE calculados a partir de la aplicación de diferentes ecuaciones en roedores sigmodontinos.

Discusión y Conclusiones preliminares

El estudio de la neuroanatomía a partir de endomoldes digitales ha demostrado ser una herramienta útil para comprender la evolución cerebral y la ecología funcional en diversos grupos de vertebrados (Bertrand y Silcox, 2016; Bertrand et al., 2019; Loza et al., 2023). En el presente estudio se ofrece una aproximación preliminar a las relaciones entre el tipo de locomoción y la morfología de los endomoldes en algunas especies representativas de roedores sigmodontinos.

El análisis de caracteres neuromorfológicos externos revela que los encéfalos de los sigmodontinos siguen, en términos generales, un patrón observado en otros grupos de roedores -como los sciurómorfos y los caviomorfos-, así como en ciertos mamíferos basales como los didelfidos. Este patrón se caracteriza por la disposición en serie de los bulbos olfatorios, los hemisferios telencefálicos y el cerebelo (Pilleri et al., 1984a; Dozo, 1989; Dozo, 1997; Haight y Murray, 1981). En todos los casos, los hemisferios no recubren ni a los bulbos olfatorios ni al cerebelo y no se observan surcos neocorticales evidentes (Pilleri et al., 1984a).

Dentro de este patrón general, la morfología encefálica de los sigmodontinos se mantiene conservadora, aunque presenta variaciones sutiles asociadas al desarrollo diferencial de determinadas estructuras (e.g., bulbos olfatorios, paraflóculos). De manera consistente con observaciones en otros roedores, los endomoldes de menor tamaño tienden a

ser proporcionalmente más anchos, mientras que los de mayor tamaño presentan una morfología más alargada. Este patrón, también documentado en otros roedores como esciúridos (Bertrand et al., 2019), sugiere una relación entre el tamaño relativo del encéfalo y la morfología general.

La mayor variación del encéfalo a este nivel de análisis, se refleja en los bulbos olfatorios y los paraflóculos, estructuras que difieren tanto en la forma como en el grado de desarrollo entre los distintos hábitos locomotores. En las especies fosoriales, los paraflóculos son pequeños y redondeados; en las semiacuáticas, son ovoidales; en las escansoriales, son de tamaño mediano; en las vadeadoras, redondeados; en las arborícolas, ovoidales y ligeramente aplanados; y en las cursoriales, pequeños. En determinadas especies, como *Icthyomys orientalis*, *Sooretamys angouya*, *Pseudoryzomys simplex* y *Akodon dolores*, los paraflóculos presentan una subdivisión evidente, a diferencia de las otras, en las que permanecen lisos.

La presencia de subdivisión paraflocular podría estar asociada con una mayor complejidad en la coordinación motor y visual, dado que esta región del cerebelo juega un papel fundamental en el control de los movimientos oculares y orientación espacial (Liem et al., 2001; Rambold et al., 2002). No obstante, la ausencia de subdivisiones visibles no implica necesariamente una estructura cerebelosa simple, ya que dicha característica puede depender en parte de la resolución del escaneo, más que de la anatomía subyacente.

En cuanto a los bulbos olfatorios, las especies semiacuáticas presentan bulbos relativamente pequeños, mientras que en las especies escansoriales, fosoriales, cursoriales y vadeadoras, los bulbos están más desarrollados. Estas diferencias podrían estar vinculadas al tipo de locomoción, aunque probablemente más con la dieta. Aunque las variaciones no son extremas, es posible proponer algunas interpretaciones preliminares.

En las especies fosoriales, la morfología encefálica observada podría sugerir una menor demanda cognitiva y sensorial asociada a ambientes subterráneos; en las especies vadeadoras, los rasgos observados indicarían un equilibrio entre las demandas sensoriales y las adaptaciones a entornos parcialmente acuático; en las especies semiacuáticas, la configuración encefálica podría estar relacionada con la coordinación motora fina y la orientación espacial en ambientes acuáticos; mientras que en las especies arborícolas, las adaptaciones parecen vincularse con la coordinación motora fina necesaria para desplazamientos tridimensionales (Bertrand et al. 2017). Esta interpretación coincide con los resultados de Camargo et al. (2019), quienes, a partir de la morfología externa de la caja craneana (como

índicador del tamaño cerebral), encontraron que las especies arborícolas poseen cráneos más expandidos dorsalmente y redondeados en vista lateral, lo cual implicaría encéfalos y cerebros de mayor tamaño relativo. En contraste, las especies cursoriales mantienen una morfología más conservadora.

En este contexto, França (2024) reportó para Akodontini valores de CE superiores al promedio general de los roedores y sin patrones filogenéticos definidos. Adicionalmente, dicho estudio y este coinciden en que *Blarinomys breviceps* presenta una morfología encefálica característica de formas fosoriales, posiblemente vinculado a un modo de vida subterráneo y a una capacidad olfativa desarrollada.

En cuanto al CE, estudios previos en roedores y quirópteros han indicado una asociación entre el tamaño relativo del encéfalo y el tipo de locomoción (Eisenberg y Wilson, 1978; Mace et al., 1981; Meier, 1983; Roth y Thorington, 1982; Pilleri et al., 1984b). Los resultados del presente trabajo coincidirían parcialmente con dichos patrones: las especies arborícolas y semiacuáticas exhiben valores de CE más elevados, aspecto que sugiere que el tamaño relativo del encéfalo podría estar influenciado por factores ecológicos asociados tanto a la locomoción como a la complejidad tridimensional ambiental (Voss, 1988). En estos casos es probable que dichas especies requieran una mayor coordinación sensorial, procesamiento espacial y control motor fino en ambientes tridimensionales o acuáticos. En contraste, los valores bajos de CE observados en especies fosoriales y vadeadores podrían indicar una menor demanda cognitiva y sensorial en ambientes subterráneos o de baja complejidad espacial. Las especies con valores intermedios (escansoriales y cursoriales), probablemente reflejen un conjunto de adaptaciones mixtas.

Estos resultados son congruentes con los reportados por Bertrand et al. (2017), quienes observaron que las ardillas arborícolas presentan valores de CE superiores a las especies terrestres, y con los de Pilleri et al. (1984b) quienes demostraron que los roedores fosoriales exhiben los CE más bajos, seguidos por las especies terrestres y semiacuáticas, mientras que los valores más elevados corresponden a las especies arborícolas. Sin embargo, los resultados obtenidos difieren parcialmente de este patrón, ya que algunas especies semiacuáticas -particularmente *Lundomys molitor* e *Ichthyomys orientalis*- presentaron CE más bajos dentro del grupo. Esta discrepancia podría explicarse por factores ecológicos específicos, como las restricciones adaptativas al medio acuático, las diferencias filogenéticas, la masa corporal, la estrategia trófica o, incluso, al tiempo (geológico) en que estos sigmodontinos accedieron a este tipo de ambiente.

En síntesis, los resultados preliminares sugieren que la morfología encefálica en sigmodontinos es altamente conservadora, aunque presenta variaciones sutiles asociadas al hábito locomotor. El empleo de endomoldes digitales permitió identificar patrones anatómicos finos que, combinado con el CE, ofrecen una base para futuros estudios comparativos sobre la evolución cerebral en roedores neotropicales. En concordancia con lo reportado por Neves y Pillay (2022) para el múrido africano *Rhabdomys*, las variaciones regionales del encéfalo podrían estar moduladas por adaptaciones funcionales al entorno y a las demandas locomotoras más que por la sociabilidad o la filogenia.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina), por la beca interna doctoral otorgado al autor senior; y a las instituciones que proporcionaron las muestras analizadas. A Quentín Martínez, por facilitar el escaneo de *Anatomys leander*.

Agradecemos especialmente al programa Kickstarter, por el subsidio destinado al escaneo de muestras en las instalaciones de Duke University, así como a Justin Gladman por su valiosa ayuda logística durante este proceso. Finalmente, al Laboratorio de Morfología Evolutiva y de Desarrollo (MORPHOS) y al Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), en especial a Paulina Carabajal y Karen Ulloa, por las facilidades brindadas en el uso del equipo y el apoyo técnico.

Bibliografía citada

- ❖ Arnaudo, M. E. y M. Arnal, 2023. "First virtual endocast description of an early Miocene representative of Pan-Octodontoidea (Caviomorpha, Hystricognathi) and considerations on the early encephalic evolution in South American rodents" (pp. 454-476). *Journal of Paleontology*, 97.
- ❖ Bertrand, O. C. y M. T. Silcox, 2016. "First virtual endocasts of a fossil rodent: *Ischyromys typus* (Ischyromyidae, Oligocene) and brain evolution in rodents". *Journal of Vertebrate Paleontology*, 36 (3), e1095762.
- ❖ Bertrand, O. C.; Amador-Mughal, F. y M. T. Silcox, 2017. "Virtual endocast of the early Oligocene *Cedromus wilsoni* (Cedromurinae) and brain evolution in squirrels" (pp. 128-151). *Journal of Anatomy*, 230(1).

- ❖ Bertrand, O. C.; Püschel, H. P.; Schwab, J. A.; Silcox, M. T. y S. L. Brusatte, 2021. “The impact of locomotion on the brain evolution of squirrels and close relatives”. *Communications biology*, 4, 460. DOI 10.1038/s42003-021-01887-8.
- ❖ Bertrand, O. C. y M. T. Silcox, 2022. “Brain evolution in fossil rodents: a starting point” (pp. 645–680). In M. T. Dozo, A. Paulina-Carabajal & T. E. Macrini (Eds.), *Paleoneurology of Amniotes*. Springer.
- ❖ Bertrand, O. C. y L. Krubitzer, 2025. “The functional adaptations of mammalian brain structures through a behavioural ecology lens” (pp. 1-14), *Nature Reviews Biodiversity*.
- ❖ Brito, J. y U. F. J. Pardiñas, 2025. “Sigmodontine rodent diversity: The Frankenstein paradox” (pp. 57-66). *Mammalia aequatorialis*, 7(1).
- ❖ Camargo, N. F.; Machado, L. F.; Mendonça, A. F. y E. M. Vieira, 2019. “Cranial shape predicts arboreal activity of Sigmodontinae rodents” (pp. 128-138). *Journal of Zoology*, 308, DOI 10.1111/jzo.12659.
- ❖ Dozo, M. T., 1989. “Estudios paleoneurológicos en Didelphidae extinguidos (Mammalia, Marsupialia) de la Formación Chapadmalal (Plioceno tardío), provincia de Buenos Aires, Argentina” (pp. 43-54). *Ameghiniana*, 26(1-2).
- ❖ Dozo, M. T., 1997. “Primer estudio paleoneurológico de un roedor caviomorfo (Cephalomyidae) y sus posibles implicancias filogenéticas” (pp. 89-96). *Mastozoología Neotropical*, 4 (2).
- ❖ Eisenberg, J. F., 1981. *The mammalian radiations: An analysis of trends in evolution, adaptation, and behavior*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- ❖ Eisenberg, J. F. y D. E. Wilson, 1978. “Relative brain size and feeding strategies in the Chiroptera” (pp. 740-751). *Evolution*, 32(4).
- ❖ Ferreira, J. D.; Rinderknecht, A.; de Moura Bubadué, J.; Gasparetto, L. F.; Dozo, M. T.; Sánchez-Villagra, M. R. y L. Kerber, 2024. “Unveiling the neuroanatomy of *Josephoartigasia monesi* and the evolution of encephalization in caviomorph rodents” (pp. 971-985). *Brain Structure and Function*, 229(4).

Artículos

Vargas, R. et al., Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos...

- ❖ França, A. T. R. C., 2024. Descripción de la morfología cerebral y análisis comparativo de roedores Akodontini Vorontsov, 1959 (Rodentia: Cricetidae) mediante endocasts virtuales [Disertación de maestría, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Zoologia].
- ❖ Haight, J. R. y P. F. Murray, 1981. “El endomolde craneal del marsupial del Mioceno temprano, *Wynyardia bassiana*: una evaluación de las relaciones taxonómicas basada en comparaciones con formas recientes” (pp. 17-36). *Cerebro, Comportamiento y Evolución* 19 (1-2).
- ❖ Jerison, H. J., 1973. *Evolution of the brain and intelligence*. New York (NY): Academic Press, 482 pp.
- ❖ Liem, K. F.; Bemis, W. E.; Walker, W. F. y L. Grande, 2001. *Functional anatomy of the vertebrates: An evolutionary perspective* (3rd ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole, Thomson Learning.
- ❖ Loza, C. M.; Sanchez-Villagra, M. R.; Scarano, A. C.; Romero, M.; Barbeito, C. G. y A. A. Carlini, 2023. “The brain of fur seals, seals, and walrus (Pinnipedia): A comparative anatomical and phylogenetic study of cranial endocasts of semiaquatic mammals” (pp. 1011-1028). *Journal of Mammalian Evolution*, 30(4).
- ❖ Mace, G. M.; Harvey, P. H. y T. H. Clutton-Brock, 1981. “Brain size and ecology in small mammals” (pp. 333-354). *Journal of Zoology* 193(3).
- ❖ Macrini, T. E.; Rowe, T. J. L. VandeBerg, 2007. “Cranial endocasts from a growth series of *Monodelphis domestica* (Didelphidae, Marsupalia): a study of individual and ontogenetic variation” (pp. 844-865). *Journal Morphology*, 268 (10): <https://doi.org/10.1002/jmor.10556>
- ❖ NAV, 2017. *Nomina Anatómica Veterinaria* (6^a ed). Comité Editorial Hannover (Alemania), Gante (Bélgica), Columbia, MO (EE.UU.), Río de Janeiro (Brasil). <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1971.tb02174.x>
- ❖ Neves, C. N. y N. Pillay, 2022. “Variation in brain volume in nine populations and three taxa of the African striped mouse *Rhabdomys*” (pp. 618-636). *Journal of Morphology*, 283(5). DOI 10.1002/jmor.21463

- ❖ Olivares, R.; Godoy, G.; Adaro, L. y F. Aboitiz, 2004. “Densidad neuronal en la corteza visual primaria (área 17), de dos especies de roedores silvestres” (pp. 279-284). *International Journal of Morphology* 22(4).
- ❖ Pardiñas, U. F. J.; Myers, P.; León-Paniagua, L.; Ordóñez-Garza, N.; Cook, J.; Kryštufek, B.; Haslauer, R.; Bradley, R.; Shenbrot, G. y J. Patton, 2017. “Family Cricetidae (true hamsters, voles, lemmings and New World rats and mice)” (pp. 204-279). In: Wilson DE, Lacher TE, Mittermeier RA, eds. *Handbook of the mammals of the world*, volume 7. Rodents II. Barcelona: Lynx Editions.
- ❖ Patton, J. L.; Pardiñas, U. F. J. y G. D'Elía (eds.), 2015. *Mammals of South America*. Volume 2. Rodents. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- ❖ Perini, F. A.; Macrini, T. E.; Flynn, J. J.; Bamba, K.; Ni, X.; Croft, D. A. y A. R. Wyss, 2022. “Comparative endocranial anatomy, encephalization, and phylogeny of Notoungulata (Placentalia, Mammalia)” (pp. 369-394). *Journal of Mammalian Evolution* 29.
- ❖ Pirlot, P. y N. Bee de Speroni, 1987. “Morphologie du cerveau chez les Sigmodontinae” (pp. 33-48). *Acta Zoológica Lilloana* 39(1).
- ❖ Pilleri, G.; Gehr, M. y C. Kraus, 1984a. “Brain size and ecology in rodents” (pp. 33-54). *Zoological Journal of the Linnean Society* 82(1).
- ❖ Pilleri, G.; Gehr, M. y C. Kraus, 1984b. “Cephalization in rodents with particular reference to the Canadian beaver (*Castor canadensis*)” (pp. 1-40). In G. Pilleri (Ed.), *Investigations on beavers*. Brain Anatomy Institute, Berne, Switzerland.
- ❖ Rambold, H.; Churchland, A.; Selig, Y.; Jasmin, L. y S. G. Lisberger, 2002. “Las ablaciones parciales del flóculo y del paraflóculo ventral en monos causan déficits asociados en los movimientos oculares de seguimiento suave y la modificación adaptativa del VOR” (pp. 912-924). *Journal of Neurophysiology* 87 (2).
- ❖ Roth, V. L. y R. W. Thorington, 1982. “Relative brain size among African squirrels” (pp. 168-173). *Journal of Mammalogy* 63 (1).
- ❖ Vorontsov, N. N., 1982. *Primitive hamsters (Cricetidae) of the world fauna*. Nauka Publishing, Leningrado, Rusia.

Artículos

Vargas, R. et al., Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos...

- ❖ Voss, R. S., 1988. "Systematics and ecology of ichthyomyine rodents (Muroidea): Patterns of morphological evolution in a small adaptive radiation" (pp. 259-493). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 188.

Cita: Vargas, R.; Carlini, A.; Brito, J.; Koch, C. y U. F. J. Pardiñas, 2025. "Morfología encefálica y coeficiente de encefalización en roedores sigmodontinos (Rodentia: Cricetidae): un estudio comparativo a partir de reconstrucciones 3D" (pp. 84-100), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea para Entre Ríos

Geoinformatics and Carbon Mapping of Aboveground Biomass in Entre Ríos

Evequoz González Garmendia, Alan*; Piani, Virginia Alejandra*;
Maccarrone, María Juliana♦ y Lisandra Pamela Zamboni♦



Fecha de recepción: 03/11/2025

Fecha de aceptación: 01/12/2025

Resumen

La estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea es fundamental para evaluar el rol de los ecosistemas de Entre Ríos en la mitigación del cambio climático. Este trabajo analiza su distribución espacial mediante la integración de Biomass cci v5 (ESA, 2010–2021) y la cartografía de cobertura y uso del suelo de MapBiomas Argentina, sobre infraestructura de cómputo en la nube recomendada para el manejo de grandes volúmenes de datos. La información fue reclasificada y vinculada a ecorregiones, cuencas hidrográficas y departamentos, estimando el carbono como $C = B * 0,5$. Se compilaron 254 registros de campo y bibliografía regional para validar los resultados. Menos del 2 % del territorio supera los 50 Mg C /ha, mientras que el 38 % presenta valores ≤ 5 Mg C /ha y el 21,18 % registra menos de 1 Mg C/ha. Las pruebas estadísticas revelan discrepancias significativas entre Biomass_cci y los datos de campo, lo que subraya la necesidad de ajustes locales de los productos globales; sin embargo, los productos globales resultan útiles para interpretar patrones espaciales y apoyar el ordenamiento territorial y las estrategias de manejo sostenible de la tierra.

Palabras clave: “ESA CCI Biomass”; “Ecorregiones”; “Cobertura y uso del suelo”; “Captura de Carbono”; “Biomasa Aérea Total”.

Abstract

Estimating carbon stored in aboveground biomass is essential for assessing the role of Entre Ríos ecosystems in climate-change mitigation. This study analyzes its spatial distribution by integrating Biomass_cci v5 (ESA, 2010–2021) with land-cover and land-use mapping from

* Becario Doctoral CONICET-INAUBEPRO. Centro Regional de Geomática, FCyT-UADER, Oro Verde. Dirección de contacto: evequoz.alan@uader.edu.ar

♦ Docente Investigadora. Centro Regional de Geomática. FCyT-UADER, Oro Verde.

♦ Docente e Investigadora Asistente CONICET. Centro para la Gestión Local Sostenible del Agua y del Hábitat Humano. FCyT-UADER, Oro Verde.

MapBiomas Argentina, reprocessed in GIS and cloud-based computing infrastructure to accelerate calculation and manage large data volumes. The information was reclassified into a ~90 m grid and linked to ecoregions, hydrographic basins, and administrative departments, estimating carbon as $C = B * 0.5$. A total of 254 field records and regional literature sources were compiled to validate the results. Fewer than 2% of the territory exceed 50 Mg C/ha, while 38% falls below 15 Mg C/ha and 21.18% contains less than 1 Mg C/ha. Statistical tests revealed significant discrepancies between Biomass_cci and field measurements, highlighting the need for local calibration; however, global products remain useful for interpreting spatial patterns, supporting territorial planning, and informing sustainable land-management strategies.

Keywords: “*ESA CCI Biomass*”; “*Ecoregions*”; “*Land Use Land Cover*”; “*Carbon sequestration*”; “*Total Aerial Biomass*”.

Introducción

La captura y el almacenamiento de carbono en ecosistemas terrestres son esenciales para mitigar el cambio climático, ya que estos sistemas actúan como sumideros que absorben dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, reduciendo la concentración de este gas de efecto invernadero (GEI) (Legg, 2021). Dentro de estos ecosistemas, los bosques desempeñan un papel crucial debido a su alta capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa y en el suelo, lo que los convierte en aliados estratégicos en la regulación del clima global (Mo et al., 2023).

La biomasa aérea (AGB, por sus siglas en inglés) es uno de los principales compartimentos donde se almacena el carbono en los ecosistemas terrestres, y su estudio es fundamental para comprender la dinámica del carbono, debido a su relación directa con los ciclos biogeoquímicos (IPCC, 2003; IPCC, 2006). La biomasa aérea incluye todos los componentes vivos sobre el suelo, como troncos, ramas, hojas y corteza, que representan la mayor fracción de la biomasa total en los bosques (Brown, 1997). Por lo tanto, su estimación presenta menos desafíos logísticos en comparación con otros compartimentos, como la biomasa subterránea o el carbono orgánico del suelo, lo que facilita su medición y análisis a escala regional (Gasparri y Manghi, 2004).

El análisis de los patrones espaciales de captura y almacenamiento de carbono es especialmente relevante en el contexto del cambio climático, ya que permite comprender la dinámica de los sumideros de carbono y su interacción con los usos del suelo (IPCC, 2006; Aceñolaza et al., 2007; Legg, 2021; Piani, 2024). Además, esta información resulta clave para la definición de estrategias de conservación y gestión de los servicios ecosistémicos, favoreciendo la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad de mitigación ante cambios am-

bientales. Sin embargo, estimar y cartografiar con precisión la cantidad de carbono almacenado en distintos tipos de cobertura vegetal a escala regional sigue siendo un desafío, y el estudio de los patrones espaciales no ha sido suficientemente profundizado (Wang et al., 2024). El enfoque por ecorregiones (Burkart et al., 1999) permite el análisis a escala regional a partir de la delimitación de unidades territoriales homogéneas y representativas del funcionamiento de los ecosistemas.

La creciente disponibilidad de geoinformación y el desarrollo de plataformas de procesamiento de datos han facilitado la obtención de estimaciones más precisas sobre el carbono almacenado en la biomasa forestal. Bases de datos confiables, como ESA CCI Biomass (Santoro y Cartus, 2024) y MapBiomass (2024), han proporcionado cartografía detallada sobre la biomasa en áreas globales y regionales, lo que ha permitido avances en el monitoreo y análisis de los ecosistemas. Además, productos como la cartografía de bosques de Hansen et al. (2013) y los trabajos de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) ofrecen valiosa información geoespacial sobre la distribución y el estado de los bosques, que se complementa con la cartografía de cultivos y otros tipos de cobertura de suelo. Desde el punto de vista metodológico, el uso de geotecnologías y geoinformación ha revolucionado el análisis de la biomasa y el carbono almacenado en los ecosistemas. Herramientas de procesamiento de datos en la nube, como Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017), han facilitado el acceso a grandes volúmenes de datos geoespaciales y la realización de análisis complejos a escala global y regional. Estas herramientas permiten realizar cálculos y generar mapas de manera eficiente, aprovechando su capacidad para procesar y analizar grandes cantidades de datos satelitales. Sin embargo, estas plataformas presentan limitaciones en términos de resolución espacial,pectral y radiométrica, lo que puede afectar la precisión de las estimaciones, especialmente en escalas más locales. Además, pueden presentarse errores en las capas de cobertura vegetal y discrepancias entre los valores estimados y los datos de campo, lo que subraya la necesidad de adaptar las metodologías a las características particulares de cada región para obtener resultados más confiables y ajustados a la realidad local (Chuvieco Salinero, 2008).

La integración de estos datos globales con información de campo obtenida a escala en terreno es esencial para mejorar la precisión de las estimaciones y hacerlas más aplicables a las condiciones específicas de cada región. En este sentido, las Bases de Datos Geográficas generadas por los equipos de profesionales del Centro Regional de Geomática (CeReGeo), como se registra en Aceñolaza et al. (2009), Zamboni et al. (2017) y Piani (2024),

entre otros, contribuyen a la validación y mejora de la utilidad de los productos derivados de datos satelitales, al proporcionar información local actualizada y contextualizada.

Siguiendo lo afirmado por Gaitán et al. (2025), para el modelado del Carbono Orgánico del Suelo, las principales variables predictoras se refieren a las climáticas, las topográficas, las edáficas y las de la vegetación, sumado al uso y cobertura del suelo. Estas fueron las principales variables tenidas en cuenta en este trabajo para generar la cartografía temática a escala de la provincia de Entre Ríos.

En este contexto, herramientas como el ChatGPT, Google collab y otras que utilizan inteligencia artificial son cada vez más útiles para la revisión y adaptación de algoritmos utilizados en la aplicación de geotecnologías. Estos modelos de lenguaje natural, han demostrado ser capaces de asistir en tareas relacionadas con la alfabetización espacial, teoría de SIG y la interpretación de código, lo que facilita el trabajo de usuarios no especializados en el análisis geoespacial. Sin embargo, también existen desafíos, especialmente en tareas complejas de mapeo y razonamiento espacial avanzado (Zhang et al., 2023; Hochmair et al., 2024). Las técnicas de análisis propias de las ciencias de datos permiten asimismo trabajar con grandes volúmenes de datos, pudiendo generarse bases de datos más complejas, largas y detalladas; mejorando los análisis en el dominio del tiempo y del espacio para la comprensión de los patrones espacio-temporales de los principales procesos ecológicos de los ecosistemas (Zamboni, 2017).

Así, este trabajo busca profundizar en la comprensión de los patrones espaciales del almacenamiento de carbono en ecosistemas de Entre Ríos, analizando cómo estos patrones se asocian con variables tales como las ecorregiones y la cobertura de suelo. Esta información es clave para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo sostenible de la tierra (MST), que reconozcan y promuevan el rol de los bosques como sumideros de carbono, contribuyendo a los esfuerzos globales de mitigación del cambio climático (Ledesma et al., 2021).

El objetivo del trabajo fue cartografiar y analizar los patrones espaciales asociados al almacenamiento del carbono en la biomasa aérea en coberturas vegetales de la provincia de Entre Ríos, utilizando técnicas de procesamiento de datos en la nube.

Materiales y métodos

1. Área de estudio.

El área de estudio corresponde a la provincia de Entre Ríos, Argentina (Figura 1).

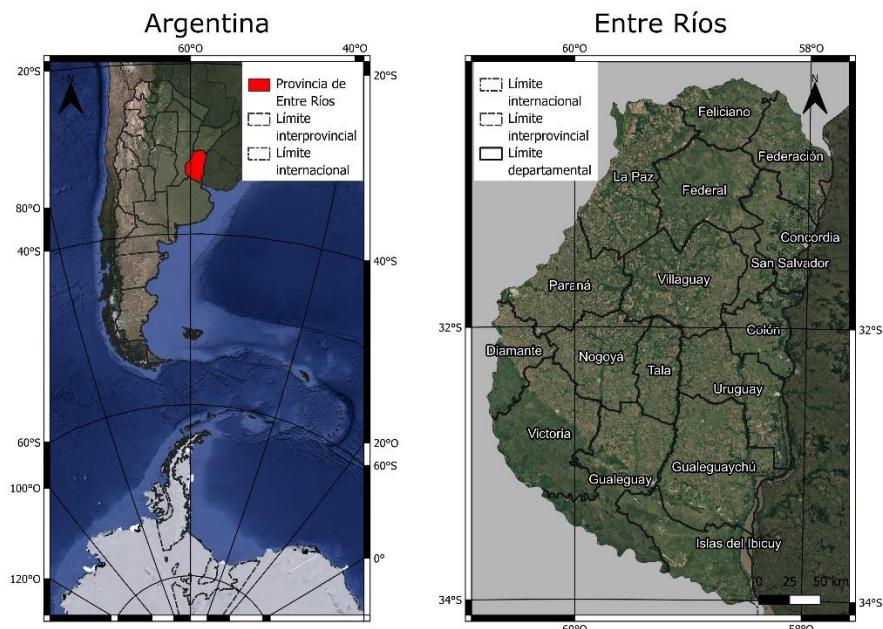


Figura 1. Área de estudio. Fuente: Elaboración propia. Límites político administrativos - Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina. Imágenes de Google Satellite © Google.

La provincia de Entre Ríos, ubicada en la región mesopotámica de Argentina, presenta un clima predominantemente templado húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 900 y 1400 mm, temperaturas entre los 17°C y 19°C en promedio, con amplitud térmica moderada debido a la influencia de la humedad y la presencia de masas de aire provenientes del Atlántico (Bianchi y Cravero, 2010).

Los suelos pertenecen principalmente a los órdenes Molisoles, Vertisoles, Entisoles y Alfisoles (Figura 2), variando en cuanto a su fertilidad, drenaje y aptitud agropecuaria y por lo tanto a su productividad. Los Molisoles son los suelos más productivos de la provincia y predominan en la región centro-sur, especialmente en la Pampa Ondulada y parte de la Pampa Mesopotámica. El uso intensivo de estos suelos, específicamente los argiudoles, ha generado problemas de erosión y pérdida de materia orgánica, lo que pone en riesgo su productividad a largo plazo (INTA, 1990; Soriano et al., 1991). Los Vertisoles se encuentran principalmente en la región occidental de la provincia. Su alto contenido de arcilla, provoca su expansión con la humedad y contracción en períodos secos, formando grietas profundas que dificultan el laboreo agrícola, por lo que su principal uso es la ganadería extensiva. Los Entisoles son suelos jóvenes o denominados sustratos, por su escaso desarrollo. Predominan en el Delta e Islas del Paraná y están compuestos por arena, limo y arcilla, transportados por los ríos Paraná y Uruguay (INTA, 1990). Los Alfisoles se encuentran en la región noreste y en áreas de transición entre el Espinal y la Pampa Mesopotámica. Son

suelos bien estructurados, con un horizonte B de acumulación de arcilla y una fertilidad moderada siendo adecuados para la producción agrícola y ganadera (Soriano et al., 1991).

Mapa de órdenes de suelo para la provincia de Entre Ríos

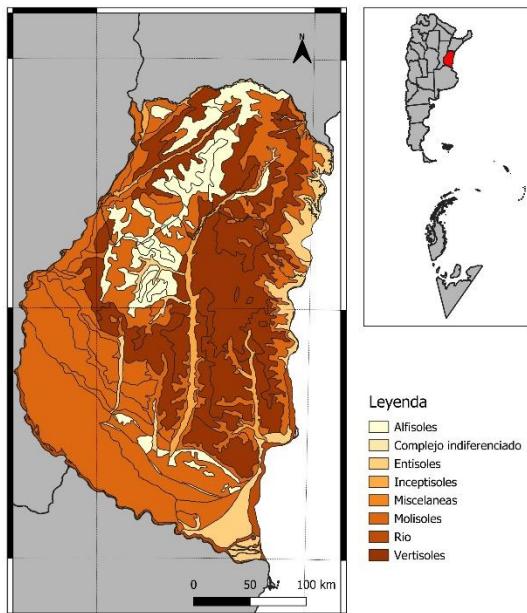


Figura 2. Mapa de suelos de Entre Ríos. Adaptado de INTA (1990).

Tomando la descripción anterior como referencia, en este trabajo se adopta el término “Ecorregión” (Burkart et al., 1999) (Figura 3). En la provincia de Entre Ríos se identifican las ecorregiones del Espinal, Delta e Islas del Paraná, Pampa Mesopotámica y, en una proporción menor, los Esteros del Iberá (SINIA, 2025). La ecorregión del Espinal ocupa gran parte del centro y oeste de la provincia. La vegetación está dominada por bosques xerófilos con especies como el algarrobo (*Neltuma nigra*, *Neltuma alba*) y el ñandubay (*Neltuma affinis*), además de pastizales abiertos con gramíneas como el paja brava (*Panicum prionitis*). La ecorregión del Delta e Islas del Paraná se extiende desde el noreste hasta el sur de la provincia, abarcando el sistema de humedales, ríos y lagunas del Delta del Paraná. La vegetación incluye bosques ribereños compuestos por sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y aliso de río (*Tessaria integrifolia*), pajonales (*Cortaderia selloana*) y totora (*Typha spp.*), así como palmares dominados por el pindó (*Syagrus romanzoffiana*). La ecorregión de la Pampa se encuentra en el centro-sur de Entre Ríos y forma parte de la llanura pampeana, tomando regionalmente el nombre de pampa mesopotámica (Piani, 2024). Su vegetación original estaba dominada por pastizales con especies de la familia Poaceae, como el pasto miel (*Paspalum dilatatum*) y el flechilla (*Stipa spp.*), aunque en la actualidad gran parte de

la ecorregión ha sido modificada para la agricultura y la ganadería.

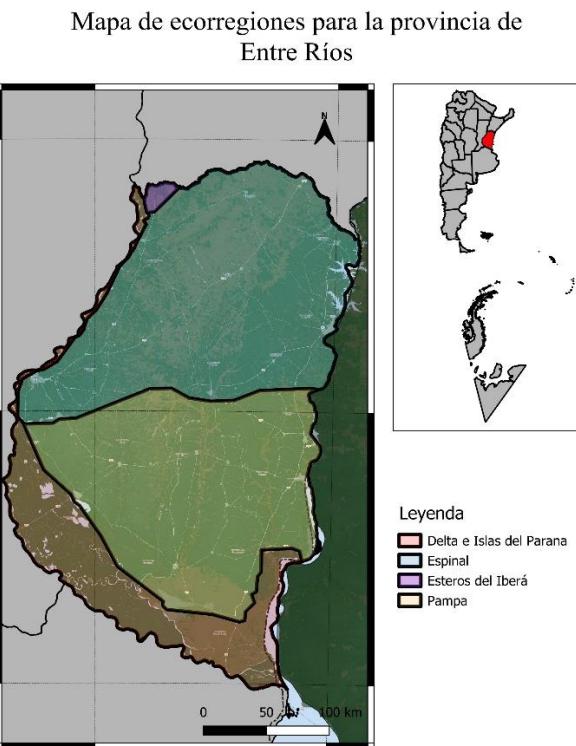


Figura 3. Mapa de ecorregiones de Entre Ríos. Adaptado de Burkart et al. (1999). Se observan las cuatro ecorregiones presentes en el territorio provincial: Espinal, Pampa, Delta e Islas del Río Paraná, y Esteros del Iberá.

2. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de bibliografía centrada en las contribuciones relevantes para el área y tema de estudio, con énfasis en estimaciones de carbono y de biomasa aérea total. Además, se construyó una base de datos con información sobre carbono y biomasa, obtenida tanto de datos de terreno como de fuentes secundarias para el área de estudio. Entre las principales contribuciones científicas y técnicas utilizadas de referencia se encuentran los estudios realizados por Sione et al. (2018; 2021; 2023; 2025), Ledesma et al. (2021), las contribuciones de los profesionales del CeReGeo: Aceñolaza et al. (2007); Zamboni (2017); Eclesia et al. (2020), Piani (2024) y Evequoz González Garmendia (2025), entre otros, los cuales proporcionan datos de estimación de biomasa aérea y carbono almacenado para diferentes ecosistemas del área de estudio (Tabla 1). Se registraron en la base de datos las referencias de cada trabajo revisado, información clave (autores, año de toma de registros o año de publicación), y los valores promedio, máximos y mínimos de biomasa aérea y carbono almacenado, fracción de C considerada para la estimación de carbono y comportamiento de biomasa.

3. Base de Datos de Terreno

Se revisaron, sistematizaron, analizaron y actualizaron las bases de datos de terreno del equipo de trabajo del CeReGeo. Entre ellos, se incluyeron datos de tesis doctorales (Zamboni, 2017; Piani, 2024), y de un informe técnico con resultados de relevamientos realizados en el marco de la participación del equipo del CeReGeo en el proyecto FONTAGRO (15416 FTG/RF-15461-RG), cuyos resultados principales en este tema fueron ya publicados (Eclesia et al., 2020). Se utilizaron en total 254 datos correspondientes a registros de campo empleados como validación (201 parcelas de bosques y 53 parcelas de forestaciones). Estos conjuntos de datos permitieron contrastar las estimaciones derivadas de la capa global de biomasa ESA CCI Biomass.

Cabe mencionar que todos los datos de terreno fueron obtenidos siguiendo la misma metodología de muestreo de la vegetación recomendada por FAO (1998), que comprende la delimitación de unidades homogéneas de vegetación, la demarcación de parcelas de aproximadamente 400m² la medición de parámetros estructurales de la vegetación y la estimación de la biomasa individual empleando la ecuación de estimación de Biomasa aérea (kg) = AB [m²] * H [m] * Cf * D [kg/m³]; donde: AB = área basal (m²); H = altura (m), Cf= coeficiente de forma adaptado a cada especie; D = densidad de madera (kg/m³). El cálculo de la biomasa aérea individual se realizó extrapolando los valores por la cantidad de plantas por ha; por lo que estos datos son comparables entre sí.

4. Geoinformación para la estimación del Carbono almacenado en Biomasa Aérea Total

La capa de biomasa aérea (AGB) utilizada proviene del producto de la Agencia Espacial Europea (ESA), denominado Biomass Climate Change Initiative (Biomass_cci) v5 (Santoro y Cartus, 2024), que ofrece estimaciones globales anuales de la biomasa arbórea aérea expresados en toneladas de materia seca por hectárea (MgMS/ha). Estas estimaciones se derivan de datos de observación de la Tierra, incluyendo datos de misiones como Copernicus Sentinel-1, Envisat ASAR y los satélites ALOS-1 y ALOS-2 de JAXA. El producto tiene una resolución espacial de 100 metros por píxel, lo que permite un análisis detallado de la biomasa arbórea a nivel regional.

Se descargaron las capas raster del mencionado producto en formato GeoTiff (.tif) para el área de estudio para los años 2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Posteriormente, las capas raster se reproyectaron, se generó un mosaico y se recortaron a la extensión de la provincia de Entre Ríos. Una vez obtenidos e integrados al proyecto SIG

los datos de biomasa de Biomass_cci, se estimó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea empleando la ecuación universal de estimación del contenido de carbono a partir de datos de biomasa ($C = B * 0,5$); donde B= biomasa aérea, asumiendo que el mismo equivale aproximadamente al 50% de la materia seca sin hacer diferenciación entre especies (Brown y Lugo, 1982; IPCC 1997; Bravo et al., 2007; Sione et al., 2025).

Tomando la extensión y resolución espacial de esta capa como referencia, se definió una cuadrícula para toda la provincia de Entre Ríos con celdas de aproximadamente 90m x 90m. Esta definición se realizó contemplando que la capa de referencia es la que presenta una resolución espacial conveniente para integrar el resto de los datos, al mismo tiempo, es la más relevante en cuanto al contenido de los datos para los objetivos. Cada celda de la cuadrícula fue identificada mediante un ID único, lo que posibilitó un seguimiento preciso de la variabilidad temporal de la biomasa aérea para los años seleccionados. A partir de capas temáticas auxiliares, se estableció la correspondencia de cada celda con unidades territoriales más amplias, asignándole la categoría de Departamento, Cuenca y Ecorregión a cada celda.

Al finalizar el proceso, se obtuvo una capa con una cuadrícula conteniendo aproximadamente 9 millones de celdas, que integró además los atributos de cada una de las capas temáticas. Por lo tanto, se trabajó con un alto volumen de datos requiriendo el uso de técnicas de análisis, equipamiento y herramientas de procesamiento en la nube propias de la ciencia de datos.

5. Geoinformación para la cartografía de Cobertura y Uso del Suelo

Se incorporaron en un proyecto SIG de QGIS las capas de cobertura de suelo de MapBiomas Argentina (Proyecto MapBiomas, 2024), de distribución libre y gratuita, y capas auxiliares (límites provinciales e internacionales, capas de cultivos, cursos de agua, ejidos urbanos, Áreas Naturales Protegidas, y otros geoservicios) extraídos de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA, 2025) y otros repositorios de datos geográficos como el de la Dir. Hidráulica de Entre Ríos (DGHyOS, 2025) y la Infraestructura de Datos Espaciales de la FCyT - UADER (IDE-FCyT, 2025).

MapBiomas ofrece mapas anuales de cobertura y uso del suelo con una resolución espacial de 30 metros por píxel generados a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat en la plataforma Google Earth Engine. La Colección 1, publicada en mayo de 2024, abarca el período 1998-2022 e incluye 15 clases de cobertura y uso del suelo. Se des-

cargaron las capas raster en formato GeoTiff (.tif) para los años 2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Posteriormente, las capas se reproyectaron y se recortaron a la extensión de la provincia de Entre Ríos.

En el área de estudio se registraron las siguientes clases de Cobertura y Uso de Suelo (Proyecto MapBiomas, 2024):

- Bosque y arbustales cerrados: corresponde a vegetación natural leñosa con dosel continuo de arbóreas o arbustivas, con copas que se tocan o ligeramente separadas, con cobertura mayor o igual al 65%.
- Bosque abierto: corresponde a vegetación natural leñosa de arbóreas o arbustivas, con copas discontinuas, con una cobertura mayor al 20% y menor al 65%.
- Bosque inundado: corresponde a áreas de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos puros, donde la capa freática se encuentra por lo general en la superficie o cercana a ella (áreas encharcadas). La cobertura vegetal natural formada por árboles, arbustos o una mezcla de ambos está influenciada significativamente por el agua y/o depende de inundaciones.
- Pantano y pastizal inundable: corresponde a vegetación natural herbácea predominantemente nativa influenciada por excesos de agua. Ocupa suelos hidromórficos, que se inundan en forma permanente o temporaria. Incluye bañados, esteros y orillas de lagunas y otros cuerpos de agua con vegetación típicamente higrófila, con herbáceas acuáticas y palustres, que ocupan planicies y depresiones que permanecen inundadas por breves (meses) o extensos períodos (años).
- Pastizal: corresponde a vegetación natural herbácea, o naturalizada. En general presenta una mezcla de gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, o subarbustivas y ocasionalmente leñosas con cobertura inferior al 20 %. Ocupa suelos profundos o someros, hasta muy llanos y rocosos, bien drenados (psamófilo), mal drenados (húmedo, con notable presencia de ciperáceas), y o bajo influencia salina (halófilo). Se suele utilizar con fines ganaderos.
- Pastura: corresponde a las vegetaciones herbáceas cultivadas con una o más especies forrajeras perennes, en general de gramíneas y leguminosas exóticas. Requiere de intervención humana para permanecer como tal en el tiempo.
- Agricultura: corresponde a las áreas ocupadas con cultivos anuales, o sea que hayan sido plantadas o cosechadas durante el año de referencia. Incluye las áreas de cultivos extensivos, verdeos anuales y de horticultura. Se incluyen también áreas con pe-

ríodo de descanso entre siembras agrícolas.

- Plantación forestal: corresponde al uso de áreas con cultivos de plantas leñosas, por lo general de especies exóticas.
- Área sin vegetación: áreas con cobertura vegetal menor al 5 %. Clase mixta que incluye playas, dunas y salinas (cordones arenosos de color blanco brillante, en donde no hay predominio de vegetación de ningún tipo), infraestructura urbana y rural (con predominio de superficies no vegetadas como construcciones y asfalto, excluyendo situaciones de vegetación en asentamientos como arbolado o pastos), áreas de minería (como canteras, minería a cielo abierto, sin presencia de agua), afloramientos rocosos (roca naturalmente expuesta en la superficie sin cobertura vegetal) y otras áreas con escasa o nula cobertura vegetal.
- Río o lago: áreas con presencia de agua en superficie de forma permanente. Incluye arroyos, ríos, lagunas, lagos naturales y artificiales, y el océano.

Se realizó un análisis detallado de la composición de coberturas de suelo dentro de cada celda, calculando tanto el área absoluta como el porcentaje de superficie que ocupa cada categoría anteriormente mencionada en el área de estudio.

6. Geotecnologías y Geoestadística

Se trabajó con el software de libre y gratuita distribución QGIS versión 3.34.15 y se utilizó la proyección POSGAR 2007 Faja 5, que es la más adecuada para la provincia de Entre Ríos. En la región el uso de la Faja 5 no genera deformaciones mayores a medio metro por kilómetro, lo que la hace recomendable para escalas de 1:5.000 o mayores (Maldonado et al., 2012).

Para evaluar la precisión de las estimaciones, se aplicaron pruebas estadísticas, incluyendo la de Shapiro-Wilk modificada para evaluar la normalidad de los datos, la prueba t para dos muestras pareadas para comparar las medias, y la prueba de Wilcoxon (prueba W) para muestras pareadas cuando los datos no presentaron una distribución normal. Debido al gran volumen de datos, se utilizó la plataforma de Google Collaboratory, y las librerías pandas, geopandas, matplotlib, scipy.stats entre otras.

Resultados y discusión

La revisión bibliográfica realizada permitió identificar los principales resultados obtenidos por otros autores para la provincia de Entre Ríos. En la Tabla 1 se resumen los va-

lores de biomasa aérea y carbono reportados para las principales ecorregiones y tipos de cobertura. En el Espinal, los estudios de Sione et al. (2018, 2021, 2023), Ledesma et al. (2021) y Eclesia et al. (2020) registran biomasas aéreas que, según el tipo de bosque, estructura y manejo ganadero, oscilan aproximadamente entre valores inferiores a 40 Mg MS/ha en bosques abiertos o degradados y más de 100 Mg MS/ha en bosques cerrados o de mayor desarrollo estructural. Los valores de carbono almacenado en la biomasa aérea se ubican en el rango de 20 a 50 Mg C/ha, utilizando fracciones de carbono de 0,47 (Sione et al. 2021) y 0,50 (IPCC, 1997) de la biomasa seca para la estimación de carbono en biomasa aérea. Estudios recientes en bosques de Nandubay del Espinal en la cuenca del arroyo Feliciano (Sione et al., 2025) reportan valores de carbono en la biomasa aérea total entre 11,0 y 44,7 Mg C/ha (promedio 27,8 Mg C/ha) y alrededor de 74,7 Mg C/ha en el carbono orgánico del suelo, destacando tanto la alta variabilidad entre tipos de bosque como la utilidad de la relación aproximada $B \approx C/2$ y su vínculo con el carbono del suelo.

En la Pampa Mesopotámica, Piani (2024) documentó para forestaciones de *Eucalyptus grandis* valores de biomasa aérea comprendidos aproximadamente entre 107 y 346 Mg MS/ha, dependiendo de la edad, el tipo de suelo y el manejo forestal, lo que sitúa a estas plantaciones entre las coberturas de mayor potencial de almacenamiento de carbono de la provincia.

En el Delta e Islas del Paraná, los trabajos de Aceñolaza et al. (2007) y Zamboni (2017) registran valores de biomasa aérea total del orden de 100 Mg MS/ha en bosques mixtos de albardones internos, alrededor de 157 Mg MS/ha en bosques simples de alisales y hasta 225 Mg MS/ha en sauzales maduros, con rangos que pueden descender a valores cercanos a 7 Mg MS/ha en bosques simples abiertos. Para la misma ecorregión, Piani (2024) reportó para forestaciones de salicáceas (principalmente *Salix* spp. y *Populus* spp.) biomassas entre aproximadamente 70 y 470 Mg MS/ha, según la combinación de edad, manejo y condiciones ambientales.

En Argentina, diversos estudios han cuantificado la biomasa aérea en bosques nativos de distintas ecorregiones. Gasparri y Manghi (2004) reportaron aproximadamente 98 Mg MS/ha en el Parque Chaqueño, 173 Mg MS/ha en la Selva Tucumano-Boliviana, 266 Mg MS/ha en la Selva Misionera y 540 Mg MS/ha en el Bosque Andino Patagónico, evidenciando un gradiente amplio en la acumulación de biomasa y carbono entre ambientes húmedos de alta productividad y bosques montanos de elevada estructura.

Tabla 1. Publicaciones relacionadas con la provincia de Entre Ríos para estimaciones de Biomasa aérea total y Carbono, para diferentes compartimentos, especies/comunidades, y tipos de cobertura.

Referencia	Año	Cobertura	Especies o comunidad vegetal	Compartimento de carbono	Biomasa (MgMS/ha)	Carbono almacenado (MgC/ha)	Fracción de C
Aceñolaza et al. 2009	2002	Bosque cerrado	<i>Salix humboldtiana</i>	Hojarasca	6.8	3.4	0.5
	2002	Bosque cerrado	<i>Tessaria integrifolia</i>	Hojarasca	6.5	3.2	0.5
	2002	Bosque cerrado	<i>Albizia inundata</i>	Hojarasca	3.3	1.6	0.5
	2002	Bosque cerrado	<i>Nectandra angustifolia</i>	Hojarasca	9.6	4.8	0.5
Aceñolaza et al. 2007	2007	Bosque cerrado	<i>Salix humboldtiana</i>	Biomasa aérea	225	112.5	0.5
	2007	Bosque cerrado	<i>Tessaria integrifolia</i>	Biomasa aérea	157	78.5	0.5
	2007	Bosque cerrado	<i>Albizia inundata</i>	Biomasa aérea	100	50	0.5
	2007	Bosque cerrado	<i>Salix humboldtiana</i>	Carbono orgánico de suelo	-	53.3	-
	2007	Bosque cerrado	<i>Tessaria integrifolia</i>	Carbono orgánico de suelo	-	48.5	-
	2007	Bosque cerrado	<i>Albizia inundata</i>	Carbono orgánico de suelo	-	140	-
Ledesma et al. 2021	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	111.82	52.78	0.47-0.5
	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	78.05	36.84	0.47-0.5
	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	102.98	48.61	0.47-0.5
	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	52.13	26.02	0.47-0.5
	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	102.81	48.53	0.47-0.5
	2021	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis</i>	Biomasa aérea	108.26	51.1	0.47
Sione et al. 2018	2018	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	80.27	40.14	0.47-0.5
Sione et al. 2021	2019	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven</i>	Biomasa aérea	96.03	45.29	0.47
	2019	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven</i>	Biomasa aérea	88.26	41.88	0.47
	2019	Bosque abierto	<i>Neltuma affinis</i>	Biomasa aérea	26.46	12.47	0.47
Sione et al. 2023	2023	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	65.5	30.8	0.47
	2023	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Carbono orgánico de suelo	-	80.5	-
Sione et al. 2025	2025	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Biomasa aérea	57.5	27.8	0.47
	2025	Bosque cerrado	<i>Neltuma affinis; Vachellia caven; Neltuma nigra</i>	Carbono orgánico de suelo	-	74.7	-
Gaitán et al. 2025	2025	Tierras Forestales Nativas	Sin descripción	Carbono Orgánico de suelo	-	66.3	-

- Cartografía de Biomasa Aérea

Se obtuvo un mapa de distribución de la biomasa aérea en la provincia de Entre Ríos a partir del producto Biomass_cci y las capas auxiliares con información territorial (Figura 4). En cuanto al patrón espacial de distribución de la biomasa aérea, se aprecian los mayores valores en las zonas asociadas a cauces de ríos, arroyos y lagunas; y principalmente al río Paraná, desde el oeste hasta el sur de la provincia, y al río Uruguay en su extensión norte-sur al este de la provincia. Los valores más altos (> 100 Mg MS/ha) se encuentran en la porción sureste de la provincia, sobre la costa del río Uruguay, representando una superficie menor al 2% del área estudiada. En otras palabras, menos del 2% de la superficie provincial presenta valores de biomasa que superan los 100 Mg MS/ha.

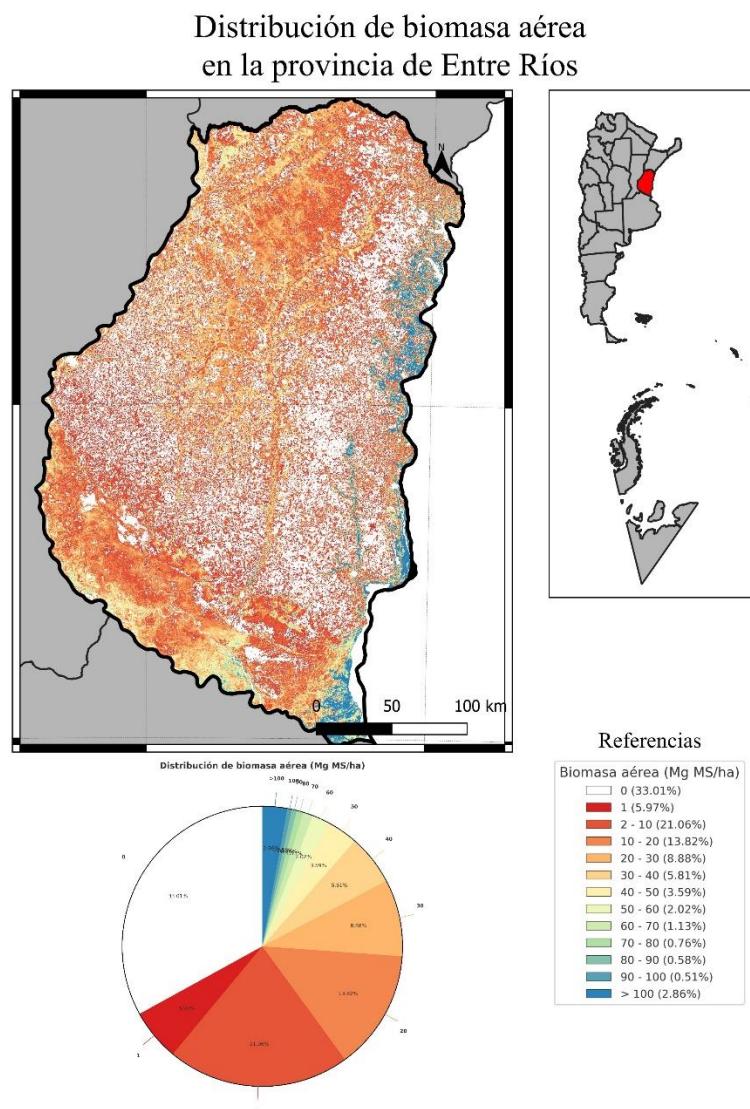


Figura 4. Mapa de distribución de biomasa aérea en la provincia de Entre Ríos generado a partir del producto ESA Biomass-CCI para el año 2021.

En términos generales el 38 % de la provincia presenta valores igual o menores a 10 Mg MS/ha, principalmente en el centro y centro-norte de la provincia; y el 57% no supera los 40 Mg MS/ha; en correspondencia con valores reportados previamente para la región (Aceñolaza et al., 2007; Aceñolaza et al., 2009; Sione et al., 2018, Ledesma et al., 2021; Sione et al., 2021; Sione et al., 2025) y la variabilidad asociada principalmente a la topografía y edafología, la vegetación y otras variables identificadas como predictoras como el clima (Gaitán et al., 2025).

Cabe mencionar que un 21,18% del territorio provincial presentó valores inferiores a 1 Mg MS/Ha; correspondiendo a zonas sin vegetación (cuerpos y cursos de agua, suelo sin cobertura vegetal, zonas urbanas, etc).

- *Carbono Almacenado en la Biomasa Aérea Total de la Provincia de Entre Ríos*

En cuanto al análisis de los patrones espaciales de distribución del carbono almacenado en la biomasa aérea total: al considerar las ecorregiones como unidades territoriales de análisis (Figura 5), en el Espinal los resultados obtenidos (8,4 Mg C/ha) coinciden parcialmente con los valores reportados por Sione et al. (2023) para bosques subxerofíticos (promedio de 31 Mg C/ha), pero revelan un promedio provincial sustancialmente menor, posiblemente asociado a la alta variabilidad reportada para algunas zonas del norte de la provincia (Sione et al., 2025). Esta discrepancia puede explicarse porque el área de estudio integra no solo los bosques analizados por Sione y colaboradores, sino también las áreas degradadas y de uso agropecuario que predominan en esta ecorregión (Eclesia et al., 2020; Ledesma et al., 2021).

En la ecorregión del Delta e Islas del Paraná, los valores obtenidos de carbono almacenado en la biomasa aérea (12,9 Mg C/ha) se ubican en el rango intermedio de lo documentado en la literatura existente. Estos resultados son consistentes con los rangos de 4 a 57 Mg C/ha que fueron reportados por Zamboni (2017) para bosques de albardones, pero resultan inferiores a los 50 Mg C/ha encontrados por Aceñolaza et al. (2007) en sauzales maduros.

En la ecorregión de la Pampa, que representa el 38% de la superficie de la provincia de Entre Ríos, se registró el 27% del carbono total de la provincia, con un promedio de 5,8 Mg C/ha.

Finalmente, la ecorregión de Esteros del Iberá, si bien posee una pequeña superficie en la provincia, contribuye con un 1% del carbono, con un promedio de 9 Mg C/ha.

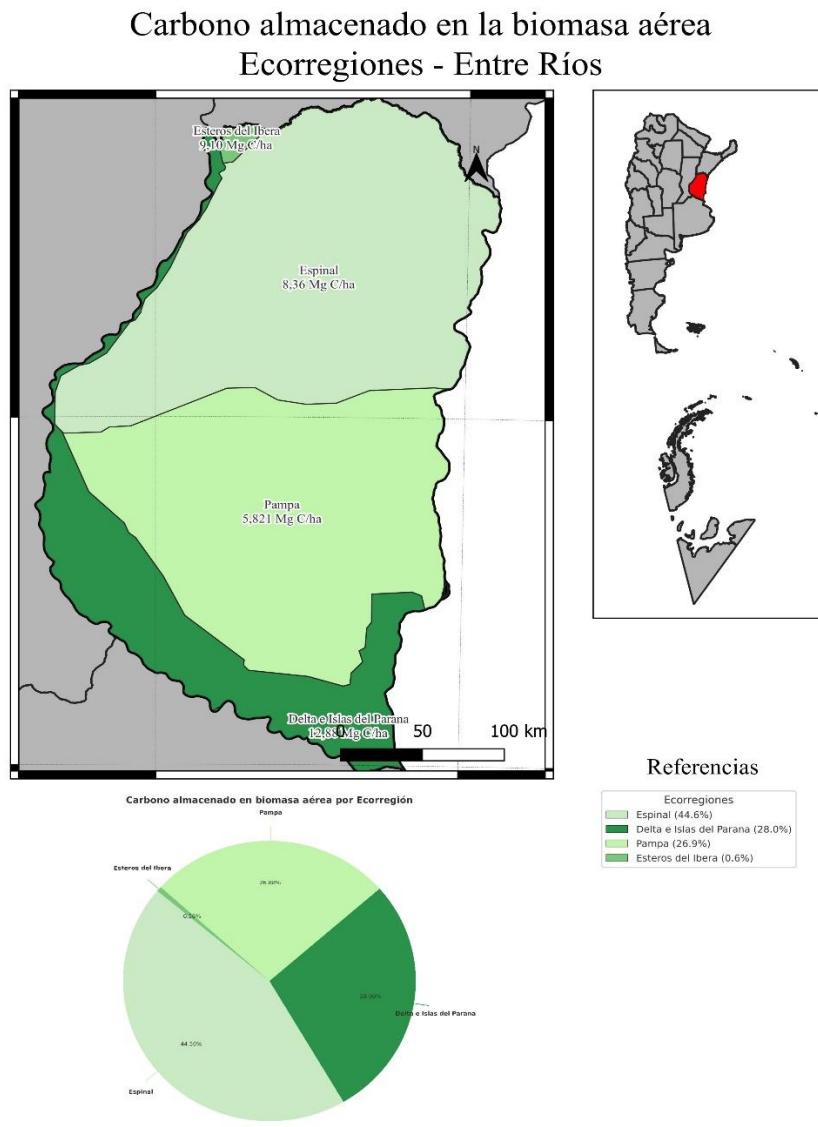


Figura 5. Distribución del Carbono almacenado en la biomasa aérea a nivel de ecorregión.

En cuanto a la distribución del Carbono tomando en cuenta las cuencas hidrográficas de la Provincia (Figura 6), la cuenca del Delta del Paraná es la que más carbono almacena, con un 26 % del total, y un promedio de 9,9 Mg C/ha, cubriendo el 21,5% de la superficie del territorio provincial. En otras palabras, el 26% del carbono se encuentra en el 21,5% de la provincia. Los Arroyos menores de Entre Ríos afluentes del Río Uruguay también tienen una contribución significativa, con el 23,3% del carbono y un promedio de 15,8 Mg C/ha, aunque sólo representan el 12 % de la superficie. En la cuenca del Río Gualeguay se almacena el 17,4% del carbono, con un promedio de 5,1 Mg C/ha, y cubre el 28 % de la superficie. Otras cuencas, como la del Río Feliciano y la Propia del Río Uruguay en Argentina, tienen contribuciones menores, con 9,2% y 6,7% del carbono total, respectivamente.

Carbono almacenado en la biomasa aérea Cuenca hidrográfica - Entre Ríos

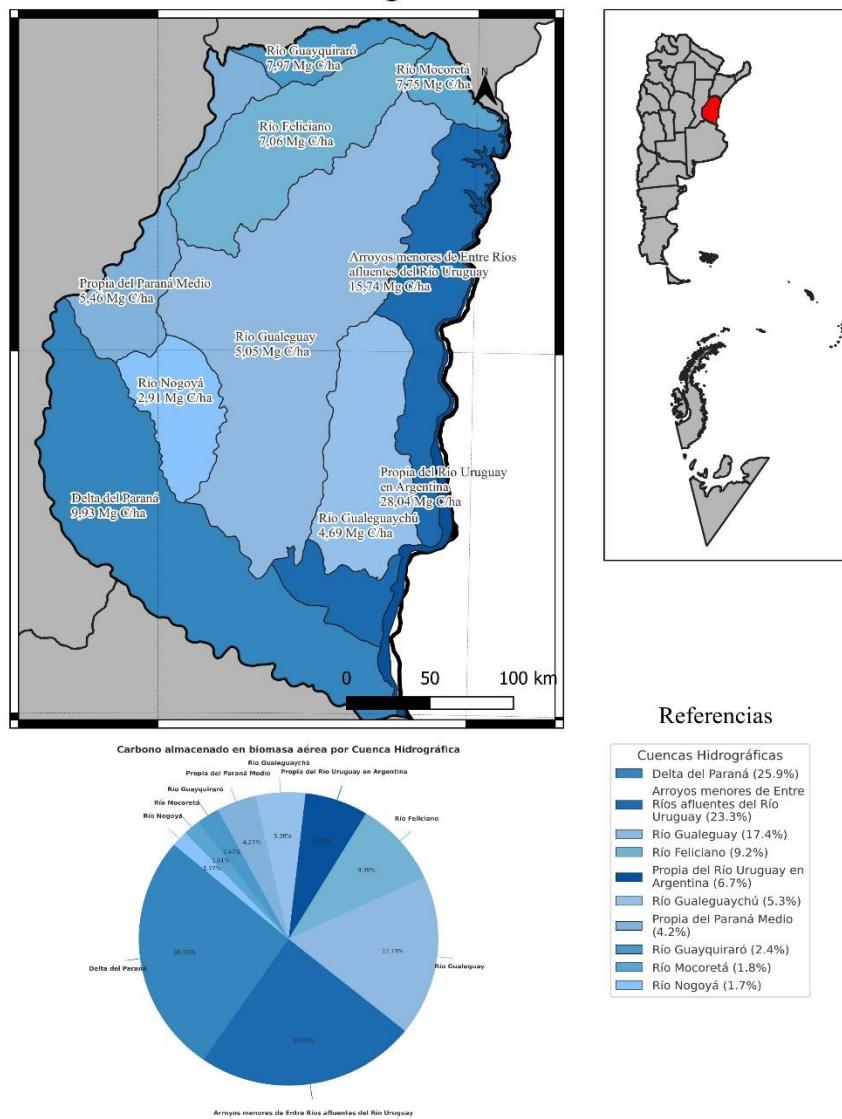


Figura 6. Carbono almacenado en la biomasa aérea a nivel de cuencas hidrográficas.

Finalmente, a nivel departamental (Figura 7), Islas del Ibicuy es el que más carbono almacena, con un promedio de 17,6 Mg C/ha, cubriendo el 6 % de la superficie. Concordia, contiene el 11,3% del carbono de la Provincia y un promedio de 22,1 Mg C/ha, representando el 4 % de la superficie. La Paz y Uruguay también tienen contribuciones importantes, con 8,4% y 7,8% del carbono total, respectivamente. En contraste, departamentos como San Salvador y Diamante tienen contribuciones menores, con 1,0% y 1,8% del carbono total, respectivamente. Los valores más elevados en los departamentos Concordia e Islas del Ibicuy pueden vincularse a la presencia de plantaciones forestales en estos departamentos.

Artículos

Evequoz González Garmendia, A. et al., Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea...

Carbono almacenado en la biomasa aérea Departamentos - Entre Ríos

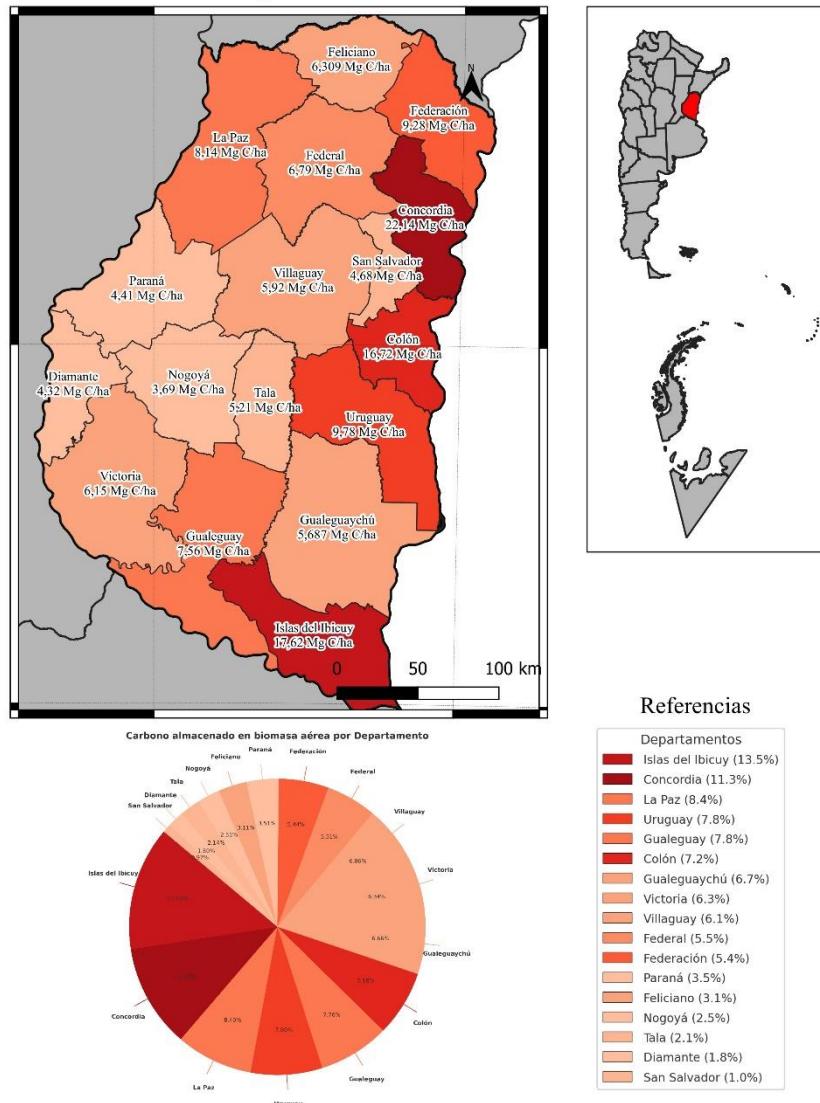


Figura 7. Carbono almacenado en la biomasa aérea a nivel de departamentos.

Los patrones espaciales muestran que las áreas con mayor almacenamiento de carbono tienden a estar asociadas con ecorregiones como el Espinal y el Delta e Islas del Paraná, así como con cuencas como la Delta del Paraná y los Arroyos menores de Entre Ríos. Estas áreas tienen un mayor almacenamiento de carbono por hectárea, asociado a su vegetación más densa.

Los patrones de almacenamiento de carbono en la provincia de Entre Ríos revelan marcadas diferencias entre los distintos tipos de cobertura vegetal (Figura 8). Los humeda-

les (pantanos y pastizales inundables) presentan valores intermedios de almacenamiento (8,4 Mg C/ha), pero su amplia representación (20% del territorio) los convierte en los mayores contribuyentes al almacenamiento de carbono en la provincia (28%). Estos valores son consistentes con los reportados por Zamboni (2017) para humedales deltaicos (7-105 Mg MS/ha), aunque en el extremo inferior del rango. El bosque inundado, aunque con un alto almacenamiento de carbono (6,31 Mg C/ha), tiene un bajo impacto a escala regional (0,18% del carbono almacenado total) por su mínima extensión (0,07% del área de la provincia).

Los bosques muestran una clara gradación según su estructura: mientras los bosques abiertos (5,51 Mg C/ha) cubren cerca del 20% del área y aportan el 26% del carbono, los bosques cerrados alcanzan los valores más altos por unidad de superficie (10,98 Mg C/ha), aunque su limitada extensión (5%) reduce su contribución relativa (18%). Esta diferencia entre los bosques abiertos y los bosques cerrados coincide con los hallazgos de Sione et al. (2021) para el Espinal, donde bosques más densos almacenaban hasta 45 Mg C/ha frente a 12 Mg C/ha en formaciones abiertas.

Las plantaciones forestales registran los mayores valores de almacenamiento de carbono (29,33 Mg C/ha), superando a los bosques nativos, lo que coindice con los datos de Piani (2024) para forestaciones de salicáceas en la porción inferior del rango (35-235 MgC/ha). Su limitada distribución (1,71% de la superficie provincial) limita su impacto total (13,01% del carbono almacenado total), evidenciando que su potencial como sumideros depende críticamente de políticas de expansión sostenible.

En el extremo opuesto, los sistemas agrícolas muestran un marcado bajo aporte como reservorio de carbono (0,67 Mg C/ha), con una contribución marginal (3,39% del carbono almacenado total) pese a ocupar el 24,31% de la superficie del territorio. Los pastizales presentan valores de 1,52 Mg C/ha, que se sitúan apenas por encima del extremo inferior documentado por Eclesia et al. (2020) para sitios abiertos de tipo sabana o mixtos. Este patrón es también evidente en pasturas (0,86 Mg C/ha), cuyos valores son hasta 10 veces menores que los de pastizales naturales, coincidiendo con los reportes de Eclesia et al. (2020) sobre la pérdida de capacidad de secuestro en sistemas ganaderos intensivos.

Las áreas con cobertura vegetal menor al 5% (1,38 Mg C/ha) y los cuerpos de agua (0,49 Mg C/ha) cumplen un rol irrelevante en el almacenamiento de carbono. Estos valores que pueden parecer evidentemente demasiado altos para sectores donde no cabría esperar vegetación arbórea puede verse explicado por la asociación de estos mismos a coberturas

de mayor cobertura vegetal como parques urbanos o bosque en galería, de manera que interfiere con valores anómalos debido a la resolución espacial de los productos de biomasa aérea y cobertura de suelo.

Carbono almacenado en la biomasa aérea Cobertura y uso de suelo - Entre Ríos

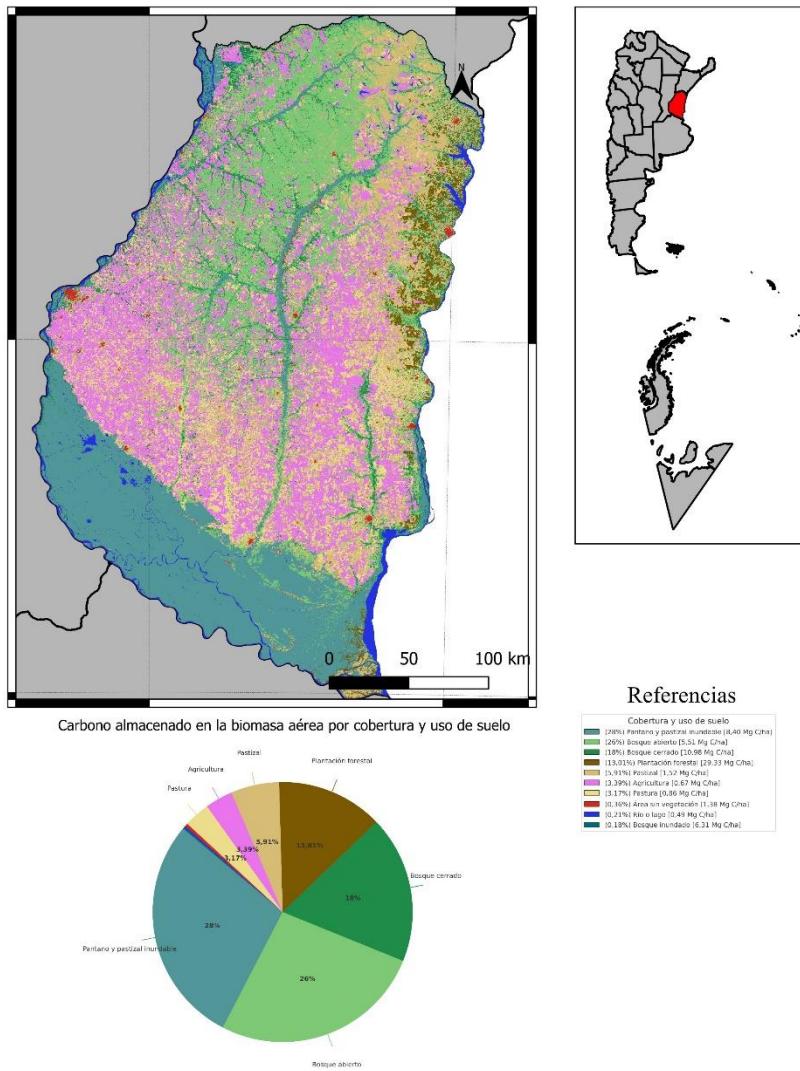


Figura 8. Mapa de cobertura y uso de suelo para la provincia de Entre Ríos a partir del producto Proyecto MapBiomas - Colección 1 para el año 2021.

En cuanto a los patrones temporales, se presenta únicamente el mapa para el año 2021, si bien se generó la cartografía para los años disponibles (2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021). El resto de los mapas se encuentran disponibles en la IDE -FCyT para su descarga. No se identificaron patrones temporales consistentes de variación de biomasa entre los diferentes años del período analizado, si bien se observaron aumentos en el carbono almacenado en la biomasa aérea en la mayoría de las unidades territoriales emplea-

das, especialmente en zonas con cobertura forestal densa. Tomando como unidades las cuencas hidrográficas, la del Río Uruguay en Argentina presentó valores promedio de 26,49 Mg C/ha en 2010 y de 28,36 Mg C/ha en 2021, mientras que el Río Nogoyá registró valores de 2,40 Mg C/ha en 2010 y de 3,43 Mg C/ha en 2015.

Las ecorregiones como el Delta e Islas del Paraná superaron los 12 Mg C/ha en la mayoría de los años, mientras que la Pampa presentó valores más altos en 2010 y 2015. En el Espinal, el carbono almacenado promedio no presentó variaciones en este período.

- *Validación*

Los resultados de los análisis geoestadísticos para los conjuntos de datos utilizados a partir de puntos de validación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados de análisis estadístico para los conjuntos de datos utilizados.

Cobertura / Año	n	Diferencia Media	Desviación Estándar de la diferencia	Shapiro-Wilk (p-valor)	t-test Pareado (p-valor)	Wilcoxon (p-valor)
Bosque 2017	186	18,85	52,93	<0,001	<0,001	<0,001
Bosque 2018		18,47	52,60	<0,001	<0,001	<0,001
Bosque 2019		18,83	52,72	<0,001	<0,001	<0,001
Plantación forestal 2020	53	94,99	93,31	0,074	<0,001	<0,001
Plantación forestal 2021		101,58	91,87	0,018	<0,001	<0,001
Bosque 2010	15	28,77	27,08	0,199	<0,001	<0,001
Bosque 2015		32,77	26,63	0,223	<0,001	<0,001

Se realizó la validación empleando como verdad de terreno los datos de registros obtenidos de relevamientos en campo, para los diferentes conjuntos de datos disponibles. El conjunto de datos usados para la validación integró registros correspondientes a bosques con un variado grado de cobertura arbórea para los años 2017, 2018 y 2019. Los resultados de las pruebas estadísticas (Shapiro Wilks) reportaron valores de $p = <0,05$ en todos los

casos, sugiriendo que los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se empleó la prueba de Wilcoxon para comparar las medias, obteniendo valores de $p=<0,05$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre las estimaciones de biomasa en los valores observados y los valores observados (producto Biomass_cci) para los diferentes años analizados. La diferencia media en 2017 fue de 18,85 MgMS/ha con un desvío estándar de 52,94 MgMS/ha, en 2018 fue de 18,48 MgMS/ha con un desvío estándar de 52,60 MgMS/ha, y en 2019 fue de 18,83 MgMS/ha con un desvío estándar de 52,73 MgMS/ha.

El segundo conjunto de datos, correspondiente a plantaciones forestales para el año 2021, las pruebas indicaron diferencias significativas entre las estimaciones y los valores observados (producto Biomass_cci) ($p=<0,05$). Este conjunto de datos presentó los valores de biomasa más altos, entre 73 Mg MS/ha y 470 Mg MS/ha, y la mayor media de diferencia respecto a los valores de biomasa estimados.

El tercer conjunto de datos, correspondientes a bosques (años 2014 / 2015) en el Delta del Paraná, presentaron distribución normal, por lo que se aplicó la prueba t para muestras pareadas para comparar las medias de las estimaciones con los valores observados.

Dado que las pruebas de comparación de medias revelaron diferencias significativas en todos los casos, se concluye que las estimaciones de biomasa (Producto Biomass_cci) presentan una desviación considerable respecto a los valores observados, lo que sugiere la necesidad de ajustes en los métodos de estimación utilizados.

Tomando en cuenta los valores de referencia para otras regiones de nuestro país, como el Parque Chaqueño, la Selva Misionera, la Selva Tucumano-Boliviana y el Bosque Andino Patagónico, Gasparri y Manghi (2004) registraron valores de biomasa aérea cercanos a los 99 Mg MS/ha (Parque Chaqueño) para zonas representadas por baja proporción de coberturas arbóreas; datos mayores a los registrados en este trabajo para coberturas similares (bosques abiertos, con baja densidad de plantas, maduros). Asimismo, los registros para zonas con alta cobertura arbórea y desarrollo de los bosques como en la Selva Misionera los valores reportados alcanzaron los 266 Mg MS/ha; valores similares a los reportados en este trabajo para zonas de bosques cerrados y densos. En general los rangos de los valores registrados coinciden con los reportados para los diferentes ecosistemas estudiados de la provincia.

Los reportes analizados para los bosques nativos del Espinal en la provincia de Entre Ríos con una variación entre los 11 y 47 Mg MS/ha en promedio (Sione et al., 2018; 2025; Ledesma et al., 2021) son representativos de los registros proporcionados por los productos

globales; lo que indica la alta utilidad de estos productos principalmente a escala regional.

La variabilidad de los valores observados refleja la heterogeneidad de los distintos ecosistemas, por lo que el análisis de los patrones de distribución de la biomasa y el carbono y su relación con unidades territoriales delimitadas con criterios funcionales (ecorregiones, cuencas, cobertura y uso del suelo, etc.) y su asociación a unidades de gestión territorial (Departamentos), resulta de gran utilidad y conveniencia para generar información imprescindible para el ordenamiento territorial.

Entre los resultados registrados por MapBiomass, se identificaron zonas clasificadas como plantación forestal que, en realidad, corresponden a áreas con vegetación leñosa, posiblemente con una alta presencia de especies exóticas y un elevado valor de biomasa. Esta condición les otorga una fenología similar a las forestaciones, lo que podría explicar la clasificación errónea. Este hallazgo pone en evidencia la dificultad de discriminar entre vegetación espontánea y cultivada, lo que resalta la necesidad de intensificar el análisis en estos sitios y de contar con un conocimiento del terreno para una correcta interpretación del territorio.

Un caso concreto se observó en la Reserva de la Escuela Alberdi, donde, a pesar de que no existe plantación forestal, MapBiomass registró 1,5 hectáreas bajo esta categoría, cuando en realidad corresponden a bosque cerrado (Galarza y Quinodoz, 2012).

La información georreferenciada y datos de este trabajo se encuentran disponibles en la IDE- FCyT (<https://ide-fcyt.github.io/IDE-FCyT/>).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo aportan insumos para cartografiar el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de la provincia de Entre Ríos utilizando bases de datos globales y regionales, modelos y ecuaciones, siendo esencial ajustar estos modelos a las condiciones locales del área de estudio. Esto incluye considerar la heterogeneidad de los ecosistemas, el uso de los suelos, las variables climáticas y la composición de las comunidades vegetales presentes en el ecosistema para obtener estimaciones más precisas y representativas. Los valores de biomasa reportados para diversos ecosistemas de Argentina, como el Parque Chaqueño, la Selva Misionera y el Bosque Andino Patagónico, constituyen referencias útiles. Sin embargo, los registros específicos de los ecosistemas del Espinal, la Pampa y el Delta del Paraná resultan particularmente relevantes, especialmente cuando corresponden a antecedentes de la provincia de Entre Ríos. Estos datos son funda-

mentales para comparar y contrastar los resultados de este trabajo con las estimaciones de biomasa o carbono almacenado reportadas por otros autores, permitiendo así evaluar la coherencia de los valores estimados a partir de productos globales.

Los resultados de este trabajo muestran que las áreas con mayor almacenamiento de carbono están asociadas a las ecorregiones del Espinal y el Delta e Islas del Paraná, así como a cuencas como la del Delta del Paraná y los arroyos menores de Entre Ríos.

En términos temporales, los valores de carbono y biomasa aérea muestran una estabilidad relativa a lo largo de los años, con variaciones mínimas pero sostenidas de aumento de biomasa en algunos sectores.

El análisis de la distribución de biomasa y carbono en función de unidades territoriales con criterios funcionales (ecorregiones, cuencas hidrográficas, cobertura) y su vinculación con unidades de gestión (departamentos) se presenta como una herramienta de utilidad para el ordenamiento territorial. Este enfoque permite integrar la información generada en escalas globales y regionales con las particularidades locales, lo que resulta fundamental para abordar desafíos como la conservación, la mitigación del cambio climático y la planificación del uso del suelo. En este sentido, los productos globales, aunque útiles, deben ser complementados con estudios detallados y adaptados a las condiciones específicas de cada región para maximizar su aplicabilidad y precisión. Los resultados obtenidos a partir de los valores de estimaciones globales, sin un previo ajuste a la escala local o regional, no deben ser tomados como valores absolutos sino que pueden ser utilizados de manera relativa para interpretar patrones espaciales y temporales.

Los productos globales y regionales, como MapBiomas y ESA Biomass CCI, presentan limitaciones en contextos regionales, como la dificultad para discriminar entre vegetación espontánea y cultivada, o la subestimación de biomasa para áreas con escasa o dispersa vegetación leñosa. Estas limitaciones resaltan la necesidad de complementar los productos globales con conocimiento del terreno, además de validar los resultados con datos de campo, para superar estas limitaciones y maximizar su utilidad en la gestión territorial.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Pablo Aceñolaza y Fernando Tentor por sus aportes al trabajo. Financiamiento: Consejo Interuniversitario Nacional (Beca EVC-CIN), Proyecto Federal de Innovación (PFI-Aceñolaza), UADER-PIDAC Maldonado y FONTAGRO (15416 FTG/RF-15461-RG). Apoyo institucional: UADER-FCyT y Centro Regional de Geomática.

Bibliografía citada

- ❖ Aceñolaza, P. G.; Zamboni, L. P. y J. Gallardo Lancho, 2007. “Estimación de C del suelo en tres bosques de la llanura aluvial del Bajo Paraná (R. Argentina)” (pp. 39-53). En: Juan F. Gallardo (edt.). *La captura de Carbono en ecosistemas terrestres iberoamericanos*. S.i.F.yQ.A., Salamanca.
- ❖ Aceñolaza, P.; Zamboni, L. P. y J. Gallardo Lancho, 2009. “Litterfall production of forests at the pre-Delta area of the Paraná River (Argentina)” (pp. 135-145). *Bosque*, 30.
- ❖ Bianchi, A. R. y S. A. Cravero, 2010. *Atlas Climático Digital de la República Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- ❖ Bravo, F.; Delgado, J. A.; Gallardo, J. F.; Bravo-Oviedo, A.; Ruiz-Peinado, R.; Merino, A.; Montero, G.; Cámaras, A.; Navarro, R.; Ordoñez, C. y E. Canga, 2007. “Métodos para cuantificar la fijación de CO₂ en los sistemas forestales” (pp. 65-112). En Bravo F (coord.). *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático*, Fundación Gas Natural.
- ❖ Brown, S. y A. E. Lugo, 1982. “The Storage and Production of Organic Matter in Tropical Forests and Their Role in the Global Carbon Cycle” (pp. 161-187). *Biotropica*, 14. <http://dx.doi.org/10.2307/2388024>
- ❖ Brown, S., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. *FAO Forestry Paper 134*, Rome: For the Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- ❖ Chuvieco Salinero, E., 2008. *Teledetección ambiental*. Grupo Planeta (GBS). 594 pp.
- ❖ Dirección General de Hidráulica y Obras Sanitarias (DGHyOS), 2025. Capas de información geográfica. Gobierno de la Provincia de Entre Ríos. Recuperado de: https://www.hidraulica.gob.ar/capas_geograficas.php
- ❖ Eclesia, R. P.; Lezana, L.; Zamboni, P. y S. B. Canavelli, 2020. “Importancia del campo natural para el almacenaje de carbono en sistemas ganaderos de cría” (pp. 32-37). *Serie Extensión / EEA Paraná (INTA)*, no. 86.
- ❖ Evequoz González Garmendia, A., 2025. Mapa de carbono almacenado en la biomasa aérea en la provincia de Entre Ríos a partir del procesamiento de datos en la nube.

Artículos

Evequoz González Garmendia, A. et al., Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea...

- Tesis de grado en Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Entre Ríos. Facultad de Ciencia y Tecnología. <https://rd.fcyt.uader.edu.ar/handle/123456789/86>
- ❖ FAO, 1998. FRA 2000. Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales. *Programa de Evaluación de los Recursos Forestales*. 45 pp.
 - ❖ Gaitán, J. J.; Peri, P. L.; Barral, M. P.; Accame, M. F.; Alaggia, F. G.; Albarracín, S.; Álvarez-Cortés, D. J.; Álvarez, C.; Bacigalupo S.; Balducci E.; Benegas, N.; Barbaro, S.; Behr, S.; Beltrán, M. J.; Benedetto, M. V.; Berhongaray G.; Buduba, C.; Caballero, E.; Carfagno, P.; Caruso, C.; Casasola, E.; Céspedes, F.; Chalco Vera, J.; Colazo, J. C.; Correa, S.; Diez, J. P.; Enrico, J. M.; Enríquez, A. S.; Fantozzi, A.; Fernández, P. D.; Fernández López, C.; Furlan, N.; García Martínez, G. G.; Giannini, A. P.; Goytía, S. Y.; Gyenge, J.; Irizar, A.; Iturrealde, R.; Kloster, N.; Kurtz, Ditmar B.; La Manna, L.; Laclau, P.; Lara, J.; Ledesma, R.; Lertora, R.; López Morillo, C. S.; López, Á.; López, D.; Lupi, A.; Madias, A.; Mansilla, N.; Martinefsky, M. J.; Mastrángelo, M.; Meglioli, P. A.; Moavro, E.; Mónaco, I.; Moretti, L.; Moyano, A.; Murray, F.; Nosetto, M.; Oliva, G.; Opazo, W.; Paredes, P.; Peralta, G.; Restovich, S.; Rey Montoya, T.; Rojas, J.; Roldán, M. F.; Salvagiotti, F.; Sánchez, M. C.; Sandoval, M.; Saracco, F. S.; Sello, M. E.; Sirimarcó, X.; Sleiman, L.; Ugarte, C.; Valiente, S.; Varela, S.; Velasco, V.; Viana, A.; Villagra, P. E.; Villarino, S.; Von Wallis, A.; Vorraber, L.; Wilson, M. G.; Wolf C., Ú. I. y Ybarra D., 2025. “Modelado y cartografía del almacenamiento de carbono en los suelos de la República Argentina”. *Ciencia del Suelo*.
 - ❖ Galarza, R. A. y G. I. Quinodoz, 2012. Relevamiento del Área Natural Protegida correspondiente a la Escuela Juan Bautista Alberdi y ubicación de ejemplares de *Prosopis* sp. mediante el empleo de sistemas de información geográfica, para su estudio y caracterización. Trabajo Final de Tesis para la obtención del Título de Licenciado en Biología. 97 pp.
 - ❖ Gasparri, I. y F. Manghi, 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas (Informe Final). Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
 - ❖ Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D. y R. Moore, 2017. “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone” (pp 18–27). *Remote Sensing of Environment*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

- ❖ Hansen, M. C.; Potapov, P.V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, P. V.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S. V.; Goetz, S. J.; Loveland, T. R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. O. y J. R. G. Townshend, 2013. “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change” (pp. 850-853). *Science* 342 (6160). DOI: 10.1126/science.1244693
- ❖ Hochmair, H. H., Juhász, L. y T. Kemp, 2024. “Correctness Comparison of ChatGPT-4, Gemini, Claude-3, and Copilot for Spatial Tasks” (2219-2231). *Transactions in GIS*, 28(7).
- ❖ Infraestructura de Datos Espaciales FCyT (IDE-FCyT), 2025. Infraestructura de Datos Espaciales de la Facultad de Ciencia y Tecnología (IDE-FCyT). Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos. <https://ide-fcyt.gitbook.io/IDE-FCyT/>
- ❖ Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), 2025. Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina. Instituto Geográfico Nacional. <https://www.idera.gob.ar>
- ❖ INTA, 1990. *Atlas de suelos de la República Argentina*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD ARG. 85/019.
- ❖ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Lim, B.; Treanton, K.; Matamat, I.; Bonduki, Y.; Griggs, D. J.; Callender B. A. (eds), IPCC/OECD/IEA.
- ❖ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2003. *Good practice guidance for land Use, land-use change and forestry*. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, pp 2.7-2.17.
- ❖ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, pp 1.1-1.21.
- ❖ Ledesma, S. G.; Sione, M. S.; Oszust, J. D. y L. J. Rosenberger, 2021. “Estimación del contenido y captura potencial de carbono en la biomasa arbórea de bosques nativos del Espinal (Entre Ríos, Argentina)” (pp. 331-345). *FAVE Sección Ciencias Agrarias*

Artículos

Evequoz González Garmendia, A. et al., Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea...

20 (1). <https://doi.org/10.14409/fa.v2oii.10274>

- ❖ Legg, S., 2021. IPCC, 2021. “Climate change 2021-the physical science basis” (pp. 44-45). *Interaction*, 49(4).
- ❖ Maldonado, F. D.; Sione, W. y F. R. Tentor, 2012. “Posibilidades para la cartografía de la provincia de Entre Ríos usando la extensión de la faja Gauss-Krüger” (pp. 7-16). *Scientia Interfluvius*, 3(1-2). Recuperado de: [https://revista.uader.edu.ar/index.php/aasif/article /view/61](https://revista.uader.edu.ar/index.php/aasif/article/view/61)
- ❖ Mo, L.; Zohner, C. M.; Reich, P. B.; Liang, J.; de Miguel, S.; Nabuurs, G.-J.; Renner, S. S.; van den Hoogen, J.; Araza, A.; Herold, M.; Mirzagholi, L.; Ma, H.; Averill, C.; Phillips, O. L.; Gamarra, J. G. P.; Hordijk, I.; Routh, D.; Abegg, M.; Adou Yao, Y. C.; Alberti, G.; Almeyda Zambrano, A. M.; Alvarado, B. V.; Alvarez-Dávila, E.; Alvarez-Loayza, P.; Alves, L. F.; Amaral, I.; Ammer, C.; Antón-Fernández, C.; Araujo-Murakami, A.; Arroyo, L.; Avitabile, V.; Aymard, G. A.; Baker, T. R.; Bałazy, R.; Banki, O.; Barroso, J. G.; Bastian, M. L.; Bastin, J-F.; Birigazzi, L.; Birnbaum, P.; Bitariho, R.; Boeckx, P.; Bongers, F.; Bouriaud, O.; Brancalion, P. H. S.; Brandl, S.; Brearley, F. Q.; Brienen, R.; Broadbent, E. N.; Bruelheide, H.; Bussotti, F.; Cazzolla Gatti, R.; César, R. G.; Cesljak, G.; Chazdon, R. L.; Chen, H. Y. H.; Chisholm, C.; Cho, H.; Cienciala, E.; Clark, C.; Clark, D.; Colletta, G. D.; Coomes, D. A.; Cornejo Valverde, F.; Corral-Rivas, J. J.; Crim, P. M.; Cumming, J. R.; Dayanandan, S.; de Gasper, A. L.; Decuyper, M.; Derroire, G.; DeVries, B.; Djordjevic, I.; Dolezal, J.; Dourdain, A.; Engone Obiang, N. L.; Enquist, B. J.; Eyre, T. J.; Fandohan, A. B.; Fayle, T. M.; Feldpausch, T. R.; Ferreira, L. V.; Finér, L.; Fischer, M.; Fletcher, C.; Frizzera, L.; Gianelle, D.; Glick, H. B.; Harris, D. J.; Hector, A.; Hemp, A.; Hengeveld, G.; Hérault, B.; Herbohn, J. L.; Hillers, A.; Honorio Coronado, E. N.; Hui, C.; Ibanez, T.; Imai, N.; Jagodziński, A. M.; Jaroszewicz, B.; Johannsen, V. K.; Joly, C. A.; Jucker, T.; Jung, I.; Karminov, V.; Kartawinata, K.; Kearsley, E.; Kenfack, D.; Kennard, D. K.; Kepfer-Rojas, S.; Keppel, G.; Khan, M. L.; Killeen, T. J.; Kim, H. S.; Kitayama, K.; Köhl, M.; Korjus, H.; Kraxner, F.; Kucher, D.; Laarmann, D.; Lang, M.; Lu, H.; Lukina, N. V.; Maitner, B. S.; Malhi, Y.; Marcon, E.; Marimon, B. S.; Marimon-Junior, B. H.; Marshall, A. R.; Martin, E. H.; Meave, J. A.; Melo-Cruz, O.; Mendoza, C.; Mendoza-Polo, I.; Miscicki, S.; Merow, C.; Monteagudo Mendoza, A.; Moreno, V. S.; Mukul, S. A.; Mundhenk, P.; Nava-Miranda, M. G.; Neill, D.; Neldner, V. J.; Nevenic, R. V.; Ngugi, M. R.; Niklaus, P. A.;

Oleksyn, J.; Ontikov, P.; Ortiz-Malavasi, E.; Pan, Y.; Paquette, A.; Parada-Gutierrez, A.; Parfenova, E. I.; Park, M.; Parren, M.; Parthasarathy, N.; Peri, P. L.; Pfautsch, S.; Picard, N.; Piedade, M. T. F.; Piotto, D.; Pitman, N. C. A.; Poulsen, A. D.; Poulsen, J. R.; Pretzsch, H.; Ramirez Arevalo, F.; Restrepo-Correa, Z.; Rodeghiero, M.; Rolim, S. G.; Roopsind, A.; Rovero, F.; Rutishauser, E.; Saikia, P.; Salas-Eljatib, C.; Saner, P.; Schall, P.; Schelhaas, M-J.; Schepaschenko, D.; Scherer-Lorenzen, M.; Schmid, B.; Schöngart, J.; Searle, E. B.; Seben, V.; Serra-Diaz, J. M.; Sheil, D.; Shvidenko, A. Z.; Silva-Espejo, J. E.; Silveira, M.; Singh, J.; Sist, P.; Slik, F.; Sonké, B.; Souza, A. F.; Steřenčák, K. J.; Svenning, J-C.; Svoboda, M.; Swanepoel, B.; Targhetta, N.; Tchekabakova, N.; ter Steege, H.; Thomas, R.; Tikhonova, E.; Umunay, P. M.; Usoltsev, V. A.; Valencia, R.; Valladares, F.; van der Plas, F.; Van Do, T.; van Nuland, M. E.; Vasquez, R. M.; Verbeeck, H.; Viana, H.; Vibrans, A. C.; Vieira, S.; von Gadow, K.; Wang, H-F.; Watson, J. V.; Werner, G. D. A.; Wiser, S. K.; Wittmann, F.; Woell, H.; Wortel, V.; Zagt, R.; Zawiła-Niedźwiecki, T.; Zhang, C.; Zhao, X.; Zhou, M.; Zhu, Z-X.; Zo-Bi, I. C.; Gann, G. D.; Crowther, T. W., 2023. "Integrated global assessment of the natural forest carbon potential" (pp. 92-101). *Nature* 624(7990). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06723-z>

- ❖ Piani, V. (2024). Evaluación de ecosistemas forestales del sur mesopotámico: un enfoque funcional y multitemporal en base a geomática. Tesis Doctorado en Ciencias Aplicadas. Universidad Nacional de Luján. Argentina. 122 pp.
- ❖ Proyecto MapBiomas Argentina- Colección 1 de los Mapas Anuales de Cobertura y Uso del Suelo en Argentina, accedido en 29/11/2024 a través del enlace: <https://argentina.mapbiomas.org/herramientas/>
- ❖ Santoro, M. y O. Cartus, 2024. ESA Biomass Climate Change Initiative (Biomass_cci): Global datasets of forest above-ground biomass for the years 2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 and 2021, v5. NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis, 22 August 2024. doi:10.5285/o2e1b18071ad45a19b4d3e8adafa2817. <https://dx.doi.org/10.5285/o2e1b18071ad45a19b4d3e8adafa2817>
- ❖ SINIA, 2025. Centro de Información Ambiental. Disponible en: <https://ciamambiente.gob.ar/>
- ❖ Sione, S. M. J.; Wilson, M. G.; Andrade, H. J.; Rosenberger, L. J.; Sasal, M. C. y E. A. Gabioud, E. A., 2018. Carbono almacenado en la biomasa arbórea de los bosques na-

Artículos

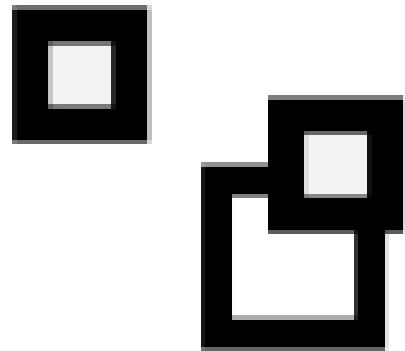
Evequoz González Garmendia, A. et al., Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea...

tivos del Espinal (Argentina). VIII Congreso sobre uso y manejo del suelo. La Coruña, España, 25 al 27 de junio de 2018. La Coruña, España.

- ❖ Sione, S. M. J., Ledesma, S. G., Rosenberger, L. J., Oszust, J. D., Carpp, I. A., Wilson, M. G., Andrade Castañeda, H. J. y M. C. Sasal, 2019. “Fracción de carbono en la biomasa de *Prosopis affinis* Spreng. en un bosque nativo del Espinal (Argentina)” (pp. 6-15). *Agronomía & Ambiente*. Revista de la Facultad de Agronomía UBA, 39(1).
- ❖ Sione, S. M. J.; Andrade, H. J.; Wilson, M. G.; Rosenberger, L. J.; Sasal, M. C.; Ledesma, S. G. y E. A. Gabioud, 2021. “Reducción de emisiones de carbono por deforestación evitada en bosques del Espinal (Entre Ríos, Argentina)” (pp. 39–51). *Colombia forestal*, 24(2). <https://doi.org/10.14483/2256201X.16166>
- ❖ Sione, S. M. J.; Wilson, M. G.; Ledesma, S. G.; Oszust, J. D.; Rosenberger, L. J.; Gabioud, E. A. y Hildt, M. (2023). Relación entre las reservas de carbono en árboles y suelos de bosques semixerofíticos del Espinal. VIII Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino.
- ❖ Sione, S. M.; Ledesma, S. G.; Wilson, M. G.; Rosenberger, L. J.; Oszust, J. D.; Sasal M. C. y A. M. Cattaneo Hildt, 2025. “Captura y fijación de carbono como servicio ambiental de los bosques nativos del Espinal” (pp. 1-29). *Suplemento Ciencia Docencia y Tecnología* 15(18). Disponible en: <https://pcient.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/view/2200/2409>
- ❖ Soriano, A., León, R., Sala, O., Lavado, R., y V. Deregbus, 1991. “Río de la Plata Grasslands” (pp. 367-407). *Ecosystems of the World*, 8(1), Elsevier.
- ❖ Wang, Y., Li, M. y G. Jin, 2024. “Exploring the optimization of spatial patterns for carbon sequestration services based on multi-scenario land use/cover changes in the changchun-Jilin-Tumen region, China”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 438, 140788, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140788>
- ❖ Zamboni, L. P., 2017. Dinámica del fuego en el Complejo Litoral del Río Paraná, integrando información satelital y del terreno. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Salta. Argentina. 98 pp.
- ❖ Zamboni, L. P.; Sione, W.; Tentor, F. y P. Aceñolaza, 2017. “Fuel model cartography for the parana river fluvio littoral complex from field and remote sensing data” (pp. 65-76). *Scientia Interfluvius* 8.

- ❖ Zhang, Y., Wei, C., Wu, S., He, Z. y W. Yu, 2023. GeoGPT: understanding and processing geospatial tasks through an autonomous GPT. *arXiv* preprint arXiv:2307.07930.

Cita: Evequoz González Garmendia, A.; Piani, V. A.; Maccarrone, M. J. y L. P. Zamboni, 2025. “Geoinformática y cartografía del carbono en la biomasa aérea para Entre Ríos” (pp. 101-131), *@rchivos de Ciencia y Tecnología* N° 7, FCyT-UADER, Oro Verde.



NOTAS

Mi cuaderno de la huerta, una guía para aprender jugando

My vegetable garden notebook, a guide to learning through play

María P. Campos-Soldini,* Carlos E. Camaño Schettini♦ y Sol Herbel▼



Fecha de recepción: 01/08/2025

Fecha de aceptación: 10/10/2025

Introducción

Las escuelas son un espacio fundamental para el desarrollo integral de las personas y para el progreso de la sociedad. En ella los niños y las niñas adquieren hábitos, se relacionan con sus pares y hacen amigos (Desmond y Subramaniam 2004; Ozer 2006). Ir a la escuela permite desarrollar su pensamiento, aprender a comunicarse, expresar sus emociones e ideas. Por ejemplo, al reconocer los objetos, organizarlos y nombrarlos, aprenden sus propiedades; al explorar y reconocer el ambiente, son capaces de percibir como está la naturaleza. Entonces, ¿por qué son importantes las huertas en las escuelas?

No hay dudas que la acelerada inserción de la tecnología al mundo educativo ha traído beneficios, que permitieron optimizar e innovar en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Desde esa perspectiva, la educación abre nuevos desafíos orientados a buscar herramientas que confluyan con la inmediatez de la tecnología, donde la comunidad escolar y, en especial, el maestro tendrá el desafío de instaurar conciencia ambiental para que los

* Laboratorio de Entomología CICYTTP-CONICET-Gob.ER-UADER, 3105, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Cátedra de Sistemática Animal I, Facultad de Ciencia y Tecnología, UADER, 3105, Diamante, Entre Ríos, Argentina. Dirección de contacto: mariapaulacampos@gmail.com

♦ Maestro Agropecuario Escuela N° 8 23 de Diciembre NINA. Pueblo Nuevo General Alvear, Departamento de Diamante, Entre Ríos.

▼ Profesora de Enseñanza Primaria. Secretaría General de AGMER (Asociación Gremial del Magisterio de Entre Ríos), Seccional Diamante.

Notas

Campos Solidini, M. P.; Camaño Schettini, C. E. y S. Herbel, Mi cuaderno de la huerta, una guía...

niños y niñas crezcan en ambientes escolares que otorguen la oportunidad de aprender y familiarizarse con la tierra, la naturaleza y estilos de vida más saludables (Blair 2010; Feito 2011; Bustos-Zapata et al., 2017; Zambrano-Quintero et al., 2018).

Otras experiencias con huertas escolares han demostrado beneficios biopsicosociales, relacionados con el fortalecimiento en los niños y las niñas del trabajo en equipo y de participación, el desarrollo de la paciencia y del respeto por sus pares y de la naturaleza (Moncada, 2017). También los huertos escolares son considerados un escenario de inclusión social y familiar, donde además de desarrollar conocimiento, se fomenta la actividad física (FAO, 2006; Abate et al., 2011; Alvarado-Ortiz, 2020). Muchas de las escuelas del Departamento Diamante se encuentran insertos en una zona rural, con maestros comprometidos que innovan en sus prácticas de enseñanza la incorporación del huerto como un espacio integrador y de aprendizaje.

En ese contexto, “Mi cuaderno de huerta” está orientado a adquirir conocimientos a través de una guía didáctica para ser utilizada en el huerto y en el aula (Figura 1).

Figura 1. Portada “Mi cuaderno de huerta, una guía para aprender jugando”. Autores: María P. Campos-Soldini, Carlos E. Camaño-Schettini y Sol Herbel



Presentación

Este cuaderno que te presentamos (<https://bit.ly/Micuadernohuerta>) es el inicio de una aventura escolar. Partiremos del suelo, de la tierra, sembraremos semillas llenas de esperanza de las que crecerán plantas que nos servirán para educar a nuestros niños y niñas en valores y conocimientos del medio natural que nos rodea. La Tierra premiará nuestro esfuerzo con comida y grandes experiencias que seguramente vamos a disfrutar mucho. Puede parecernos muy difícil, pero en realidad, tener un huerto en la escuela no requiere de mucho espacio, ni de mucho tiempo, ni experiencia. Lo que si vamos a necesitar son muchas ganas de trabajar, y contagiarnos de esas ganas de aprender. Además, te brindaremos una serie de actividades para aquellos días que no se pueda trabajar al aire libre. Con el Cuaderno de Huerta...

- Acompañamos en la construcción de un espacio de aprendizaje que mejora la convivencia entre niños a través del acto de compartir, cooperar, intercambiar opiniones y ejercitarse el trabajo grupal.
- Orientamos en los aspectos técnicos-productivos para el desarrollo de un espacio que permita el contacto con la naturaleza, instancia propicia para mantener la armonía, descubrir la vida en relación con los ciclos ecológicos y el reconocimiento del valor biológico y cultural de la biodiversidad.
- Facilitamos la creación de un aula verde en cada escuela como espacio lúdico, recreativo, donde los saberes se incorporan en el hacer en conjunto, entrelazándose con la experiencia familiar, social, y cultural de todos los niños.
- Brindamos un momento de intercambio entre docentes.
- Acompañamos para lograr hacer de la huerta una Herramienta pedagógica, que mediante el aprender-haciendo, posibilite relacionar los conocimientos contenidos en la currícula.

¿Para quién va dirigido este cuaderno?

Es para toda aquella persona interesada en iniciar o mejorar un huerto escolar. Por ejemplo, para un profesor, o el administrador de un huerto, o un grupo de maestros, padres y miembros de la comunidad de una escuela o de diferentes escuelas. El rango etario propuesto es de niños y niñas de las escuelas primarias del departamento Diamante.

Notas

Campos Solidini, M. P.; Camaño Schettini, C. E. y S. Herbel, Mi cuaderno de la huerta, una guía...

En los huertos escolares que funcionan adecuadamente, todo el personal de la escuela está involucrado de alguna u otra manera y da una mano. Tanto los maestros como otros miembros de la escuela pueden contribuir en:

- Asesorar sobre la nutrición, higiene, preparación, y conservación de los alimentos.
- Usar el huerto para sus materias, porque los huertos son observatorios especialmente valiosos para las ciencias, matemáticas, estudios ambientales, tecnológicos, y un buen estímulo para producir descripciones escritas.

Finalmente, también va dirigido para la familia. Estos espacios resultan más satisfactorios cuando la familia está inserta y comprometida, y es deseable que ésta participe desde el comienzo en la planificación del huerto, ya que de este modo se forja un compromiso y se estimula el interés en las actividades de la escuela.

Conceptos que acompañarán este cuaderno escolar

- *Huerto escolar*: espacio físico educacional con acceso a luz solar y agua, destinada para la siembra de plantas de huerta, aromáticas y medicinales, y plantas con flores. Tendrá el objetivo de que la comunidad educativa experimente diferentes actividades orientadas al aprendizaje como al desarrollo de actitudes y valores relacionados con el bienestar de los niños y niñas, y familiar.
- Elementos para trabajar la huerta (Figura 2).
- *Suelo*: superficie de la corteza terrestre, constituido por materia orgánica, e inorgánica, compartimentos de aire, micro y macro- organismos, y agua.
- *Siembra*: proceso en el que se dispersan semillas.
- *Planta*: vegetal que se caracteriza por crecer arraigado al suelo y que se alimenta de los nutrientes de la tierra. Puede servir para consumo humano, aromatizante o como plantas trampa.
- *Semillas*: estructura embrionaria que se transformará en planta de cultivo.
- *Compost*: abono natural obtenido de la degradación de la materia orgánica (restos de orgánicos, no cocidos) (Figura 3).

- *Plagas:* organismos que al estar sobre una planta en grandes poblaciones causan daño (Figura 4).

Figura 2. Fragmento del libro “Herramientas para trabajar la huerta”



Figura 3. Guía para el mantenimiento de la Compostera en la escuela (fragmento del cuaderno)



101

Figura 4. Fragmento del libro “¿Los malos de la huerta?”

Otros invertebrados masticadores que no son artrópodos, sino que están dentro del grupo de los moluscos que raspan el tejido de la planta y lastimándola.



Caracol



Babosa

En la huerta, existen otros artrópodos beneficiosos que ayudan a controlar plagas y mejorar la polinización. A continuación te dejamos algunos ejemplos que puedes encontrar en la huerta escolar.



Vaqueja: adulto y larva



Mantis



Crisopa



Abejas



Arañas

Consideraciones finales

Los huertos escolares son espacios de encuentro educativo que pueden contribuir en una formación integral. De acuerdo con Haros et al. (2013), en ellos se aprende a cuidar la naturaleza, a tener una mejor alimentación y a mejorar las relaciones entre las personas. Esto se encuentra sustentado en diferentes trabajos donde se habla del potencial que estos espacios tienen en los resultados académicos, principalmente en las Ciencias Naturales. Además, las huertas escolares pueden favorecer la integración grupal y el trabajo colaborativo (Blair, 2010; Williams y Dixon, 2013; Moncada, 2017; Santiz, 2018). El huerto escolar es un espacio de encuentro y colaboración entre estudiantes-docentes, por el simple hecho de que interactúan en las diferentes actividades para el establecimiento y mantenimiento del huerto, como la observación, mediciones, trasplantes, siembra, entre otras muchas. Este tipo de actividades fomenta en el estudiante un sentimiento de identidad y pertenencia hacia la escuela y, por lo tanto, mejorar la relación estudiantes-familias-escuela. Con este aporte pretendemos promover los huertos escolares en el Departamento Diamante ya que los mismos necesitan seguir siendo impulsados por las escuelas y la sociedad en su conjunto. Además, porque responden a problemáticas alimenticias, ambientales y económicas relevantes en la actualidad... en un contexto como el de hoy en día, donde además existen huertos urbanos, comunitarios, familiares.

Bibliografía citada

- ❖ Blair, D., 2010. "The child in the garden: An evaluative review of the benefits of school gardening" (pp. 15-38). *The Journal of Environmental Education* 40(2).
- ❖ Bustos-Zapata, N.; Corvalán-Aguilar C. y M. L. Garmendia-Miguel, 2017. *Un espacio de encuentro con la naturaleza y la enseñanza “Escuela Huerto”*. Universidad Nacional de Chile, Instituto de Nutrición de los Alimentos Doctor Fernando Monckeberg Barros 107 pp.
- ❖ Desmond, D. y A. Subramaniam, 2004. *Revisiting garden-based learning in basic education*. FAO, Roma.
- ❖ FAO, 2006. *Crear y manejar un huerto escolar. Un manual para profesores, padres y comunidades*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

tación, Roma, 198 pp.

- ❖ Feito, R., 2011. *Los retos de la participación escolar. Elección, control y gestión de los centros educativos*. Morata, Madrid.
- ❖ Moncada, S., 2017. *La huerta escolar agroecológica como ambiente de aprendizaje colaborativo en el Colegio Monseñor Ramón Arcila del Carmen de Viboral* [Tesis pre grado]. Universidad de Antioquia-Seccional Oriente, El Carmen de Viboral.
- ❖ Ozer, J., 2006. “The effects of school gardens on students and schools: Conceptualization and considerations for maximizing healthy development” (pp. 846-863). *Health Education & Behavior*, 34(6): <http://dx.doi.org/10.1177/1090198106289002>
- ❖ Santiz, G., 2018. *El huerto escolar, oportunidad para fortalecer el trabajo colaborativo y la integración entre los estudiantes de escuelas primarias* (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, México.

Cita: Campos-Soldini, M. P.; Camaño Schettin, C. E. y S. Herber, 2025. “Mi cuaderno de la huerta, una guía para aprender jugando” (pp. 133-139), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

Protocolo de recolección y conservación entomológica forense en experiencias con *Sus Scrofa* (Linnaeus)

*Protocol for the collection and preservation of forensic entomological samples in experiences with *Sus Scrofa* (Linnaeus)*

Denise A. Thomas, Mario Bordi y María P. Campos Soldini*



Fecha de recepción: 29/09/2025

Fecha de aceptación: 01/11/2025

Introducción

La importancia de los protocolos entomológicos forenses radica en su lineamiento de estandarizar y asegurar la calidad de recolectar, preservar y analizar insectos para la determinación del tiempo transcurrido desde la muerte (intervalo post-mortem) y el lugar de deceso, siendo crucial para obtener evidencia científica confiable y generar conocimientos sobre la biodiversidad y las dinámicas poblacionales de insectos. Un protocolo efectivo garantiza la recolección correcta de muestras vivas y muertas, la documentación detallada de la escena y los hallazgos, a la vez que permite al profesional reconstruir los hechos de forma precisa. El uso de evidencias entomológicas es cada vez más frecuente; más concretamente, la utilización de insectos y artrópodos en general como elementos de investigación se encuentra justificada por diversas razones (Catts y Goff, 1992; Byrd y Castner, 2001). Entre ellas podemos destacar que son estos organismos los primeros en descubrir un cadáver, incluso si se lo ha intentado esconder. Por ejemplo, los dípteros son capaces de localizar un cadáver tan solo unos minutos después del descenso, o incluso antes (Amendt et al., 2004; Greenberg y Kunich, 2002) y, por otro lado, los artrópodos aparecen en el cuerpo en descomposición en una secuencia temporal determinada y por lo tanto predecible,

* Laboratorio de Entomología. CICYTTP (CONICET-Prov. ER-UADER) Entre Ríos, Argentina. Cátedra de Sistematica Animal I, Licenciatura en Biología (FCyT-UADER). Contacto: mariapaulacampos@gmail.com

aunque es variable en función de la región geográfica y la época del año. De esta manera, se puede obtener conclusiones significativas desde el punto de vista forense, a partir de datos relativos de colonización sucesiva de un cadáver, o identificando el estado de desarrollo de los insectos colectados en un cadáver o en relación a él (Arnaldos et al., 2001). Para que pueda ser utilizada con todo el rigor necesario, la entomología forense debe recurrir a los procedimientos de toma de muestras y su tratamiento lo más riguroso posible. Se han descrito diversos protocolos de actuación: Catts y Haskell (1991), Catts y Goff (1992), Arnaldos et al. (2001), Byrd y Castner (2001), Greenberg y Kunich (2002), Amendt et al. (2004). Se estima aconsejable unificar, de modo sencillo, completo y adecuado, el conjunto de procedimientos a seguir en el orden más conveniente para la adecuada recolección y conservación de muestras entomológicas, de modo que se convierta en un protocolo a seguir en la rutina forense. Es por ello que proponemos un protocolo de colecta y conservación de muestras entomológicas para biomodelos colocados en dos ambientes diferentes: (1) en la tierra, (2) a orillas de un curso de agua.

Protocolo de recolección y conservación de muestras entomológicas

Materiales necesarios para la recolección, manipulación y conservación del material entomológico (véase la Figura 1).

Trabajo a campo y laboratorio

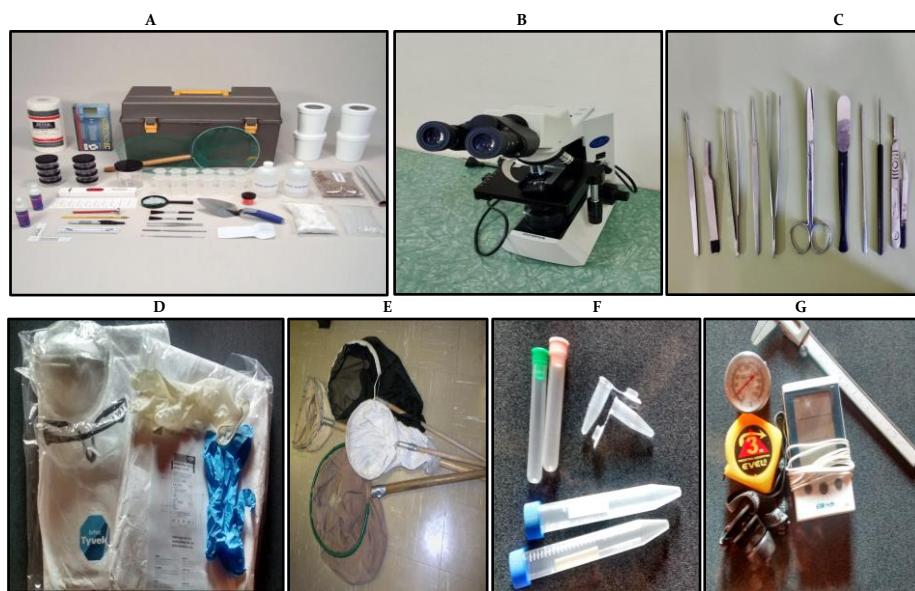
- 1) Guantes de cuero/lona y nitrilo.
- 2) Pinzas de punta fina.
- 3) Pincel (número 2 o similar).
- 4) Trampas adhesivas o, en su defecto, tiras adhesivas para insectos.
- 5) Red entomológica.
- 6) Trampas Pit- fall.
- 7) Anticongelante al 10% o mezcla detergente.
- 8) Jaulas de madera y alambre romboidal.
- 9) Estacas para fijar las trampas al suelo.
- 10) Pinzas y alicates para el alambre.
- 11) Recipientes tipo frasco para análisis, 15 de 60 ml. en plástico, 20 de 25 ml. en vidrio, tubos de plástico de 5 ml.
- 12) Tubos eppendorf.
- 13) Bolsas herméticas de un litro de capacidad.

Notas

Denise A. Thomas, et al., Protocolo de recolección y conservación entomológica forense...

- 14) Recipiente con alcohol etílico 70%.
- 15) Recipientes con tapas adaptadas de 125 ml para las crías de larvas.
- 16) Recipiente térmico con agua caliente entre 80°C- 90°C.
- 17) Pala o azada para recogida de muestras de suelo y hojarasca.
- 18) Papel blanco para etiquetas.
- 19) Lápiz de grafito.
- 20) Espátulas.
- 21) Termómetros de punción y ambiental.
- 22) Cajas entomológicas.
- 23) Camas entomológicas.
- 24) Elementos de bioseguridad personal.
- 25) Calibre vernier.
- 26) Papel tissue para limpieza del equipo.
- 27) Trozos de tela tipo voile de 15x15 cm para cultivos.

Figura 1. A) Equipo comercial para la recolección de evidencia entomológica, marca Evident. B) Lupa estereoscópica. C) Kit de pinzas para entomología. D) Elementos de bioseguridad personal: overol Tyvek, guantes de nitrilo (celeste), látex (blanco), antiparras y barbijo. E) Redes de uso entomológico. F) Frascos tapa rosca para preservar material. G) Termohigrómetro ambiental digital. Dial analógico del termómetro de punción. Linterna de vincha (mantiene la mano libre para la manipulación de los elementos de recogida durante la noche) y elementos de medición estándar (cinta métrica y calibre tipo Vernier).



1. Toma de muestras

En la Tabla 1 se resumen las diferentes etapas, frecuencias, duraciones, métodos de colecta, preservación y cría de los ejemplares observados.

Tabla 1. Toma de muestras de insectos (modificado de Armani et al., 2015)

Etapa del muestreo	Frecuencia de colecta	Duración	Método de colecta	Preservación/cría		
Días 1-4	2 veces por día	4 días	De forma manual, utilizando cucharas, pinzas, red entomológica, trampas de caída	Huevos: parte en alcohol 70%, parte vivos		
				Larvas, prepupas y pupas: parte criadas hasta adultos, parte fijadas en agua caliente (80-90°C) y luego en alcohol 70%		
				Voladores: red entomológica		
				No voladores: trampas de caída, frascos mortíferos		
Días 5-11	1 vez por día	7 días	De forma manual, utilizando cucharas, pinzas, red entomológica, trampas de caída	Huevos: parte en alcohol 70%, parte vivo		
				Larvas, prepupas y pupas: parte criadas hasta adultos, parte fijadas en agua caliente (80-90 °C) y luego en alcohol 70%		
				Voladores: red entomológica		
				No voladores: trampas de caída, frascos mortíferos		
Días 12-18	día por medio	7 días	De forma manual, utilizando cucharas, pinzas, red entomológica, trampas de caída	Huevos: parte en alcohol 70%, parte vivos		
				Larvas, prepupas y pupas: parte criadas hasta adultos, parte fijadas en agua caliente (70-80 °C) y luego en alcohol 70%		
				Voladores: red entomológica		
				No voladores: trampas de caída, frascos mortíferos		
Días 19-33	2 veces por semana	15 días	De forma manual, utilizando cucharas, pinzas, red entomológica, trampas de caída	Huevos: parte en alcohol 70%, parte vivos		
				Larvas, prepupas y pupas: parte criadas hasta adultos, parte fijadas en agua caliente (70-80 °C) y luego en alcohol 70%		
				Voladores: red entomológica		
				No voladores: trampas de caída, frascos mortíferos		
Hasta la esqueletización	1 vez por mes	según duración del proceso (puede superar un mes)	de forma manual, utilizando cucharas, pinzas, red entomológica, trampas de caída	Huevos: parte en alcohol 70%, parte vivos.		
				Larvas, prepupas y pupas: parte criadas hasta adultos, parte fijadas en agua caliente (70-80 °C) y luego en alcohol 70%		
				Voladores: red entomológica		
				No voladores: trampas de caída, frascos mortíferos		
Observaciones	Períodos de colecta de 15 minutos.					
	Cada muestra debe rotularse con fecha, hora de recolección y fase de descomposición antes de ser trasladada al laboratorio.					

2. Registros de parámetros ambientales

Cuerpo sobre el suelo:

- 1) Temperatura del suelo en la superficie.

Notas

Denise A. Thomas, et al., Protocolo de recolección y conservación entomológica forense...

- 2) Temperatura bajo el cadáver: introducir el termómetro entre el cadáver y la superficie del suelo.
- 3) Temperatura rectal del biomodelo.
- 4) Temperatura de la masa de larvas: insertar un termómetro de punción en la región donde se visualicen la mayor cantidad de larvas.
- 5) Humedad y temperatura de la escena: se registrará la temperatura y la humedad relativa proporcionadas por la estación meteorológica del INTA.

Cuerpo a orilla del curso de agua:

- 1) La temperatura ambiente hasta 1 metro sobre la superficie, siempre en las proximidades del cuerpo.
- 2) Temperatura del agua y la superficie de tierra.
- 3) Temperatura bajo el cadáver: introducir el termómetro entre el cadáver y la superficie del agua y la tierra.
- 4) Temperatura de la zona de contacto cuerpo-superficie, deslizando la sonda entre el cuerpo y la superficie del sustrato.
- 5) Temperatura de la masa de larvas: insertar un termómetro de punción en la región donde se visualicen la mayor cantidad de larvas.

Una vez realizada las anotaciones ambientales necesarias del escenario forense, si es posible, se debe fotografiar su entorno. Es recomendable estimar la duración de la exposición del cadáver a la luz solar directa en ambos ambientes. Para ello se debe observar el entorno vegetal (si lo hay).

3. Muestras de insectos sobre la superficie terrestre y a orillas de curso de agua: pasos a seguir

Tabla 2. Pasos para la toma de muestra de insectos alrededor del cuerpo

Etapa	Acción a realizar	Observaciones
1	Observar y registrar la actividad de insectos	Presencia en restos y alrededores inmediatos
2	Localizar zonas de mayor actividad	Regiones del cuerpo y áreas circundantes (3 a 6 cm)
3	Reconocer y registrar estados de desarrollo	Huevos, larvas (gusanos), pupas (marrón oscuro), puparios/adultos o restos
4	Registrar insectos predadores	Ejemplo: himenópteros (avispas)
5	Señalar posición exacta del cuerpo	Orientación, extremidades, cabeza, rostro.
6	Registrar contacto del cuerpo con el suelo y exposición	Identificar partes en contacto con el suelo, expuestas al sol o a la sombra
7	Documentar visualmente	Fotografías y videos.

4. Muestras de insectos recolectadas sobre y dentro del cuerpo, tanto en ambiente terrestre como en las orillas de un curso de agua

Se recolectarán huevos, larvas, prepupas, pupas, exuvias y adultos localizados sobre el cadáver en un área perimetral de 50 cm (Aballay et al., 2011). Se debe colectar solo los ejemplares que se vean con facilidad y ser cuidadosos con la manipulación para evitar cualquier lesión que, inadvertidamente, pueda causarse al cuerpo. Hay que hacer mención a ciertas regiones del cuerpo en que los insectos tienden a concentrarse o mostrar mayor actividad, por ejemplo, orificios nasales, orejas, ojos, zonas de traumatismo, entre otros. Básicamente podemos encontrar tres tipos de evidencias entomológicas: insectos voladores, insectos no voladores, estados preimaginarios (huevos, larvas, pupas) y otros artrópodos. En la tabla 3 se lista una serie de pasos para el muestreo de insectos sobre el cuerpo.

En todas las muestras colectadas se deben indicar: número de muestra, nombre colector, lugar del cuerpo donde fue colectada, fecha, hora, lugar o localidad, provincia, número de causa, expediente o actuación policial.

Tabla 3. Pasos para la toma de muestra de insectos sobre el cuerpo

Toma de muestra (campo/ sobre el cuerpo)			
Tipo de muestra	Recolección	Procedimiento	Embalaje
Insectos adultos (moscas)	Sobre el cadáver, con red entomológica o bolsa plástica	Introducir el frasco denominado matador con acetato de etilo o acetona (quitaesmalte). Mantener aprox. 15 minutos hasta la muerte.	Trasladar a sobres de papel o frascos tapados libres de humedad y rotular.
Insectos adultos (coleópteros)	Con pinzas entomológicas o a mano con guantes de látex	Colocar en frascos de vidrio o plástico herméticos con alcohol al 70%	Doble rótulo (interno y externo), escrito con lápiz o fibra indeleble que se introduce en el frasco; y otro tipo adhesivo que se pega al exterior del recipiente.
Huevos	Con pincel o cuchara.	Colocar en tubo eppendorf o vial pequeño con papel húmedo para evitar deshidratación durante el traslado	Rotular.
Insectos inmaduros (larvas, prepupas y pupas)	Con pinzas, espátula o cuchara con guantes de látex, evitando la ruptura de las muestras.	Colocar en agua caliente (80-90 °C) por 5 min, luego pasar a frascos con alcohol 70%. Y parte criadas hasta adultos. (Ver procedimiento de cría).	Doble rótulo (interno y externo), escrito con lápiz o fibra indeleble que se introduce en el frasco; y otro tipo adhesivo que se pega al exterior del recipiente.

5. Metodología de levantamiento, conservación y cría de muestras

La metodología se resume en la Tabla 4.

Notas

Denise A. Thomas, et al., Protocolo de recolección y conservación entomológica forense...

Tabla 4. Metodología de levantamiento, conservación y cría de muestras

Estadios		Recolección		Conservación
HUEVOS	_____	Con pinzas. Colocar en un trozo de carne (5 x 5 x 1 cm aprox.). Envolver el trozo en sobres de papel metali-zado dejando entreabierta una de las caras. Colocar en un recipiente plástico con 5 cm de tierra. Cubrir con tela voile y sujetar al recipiente con doble banda elástica.		Posteriormente llevar a cámara de cría hasta la emergencia del adulto.
PUPAS Y LARVAS	_____	Con pinza entomológica o espátula usando guantes de látex y evitando la ruptura de la muestra. Colocar en un recipiente y verter agua caliente. Dejar la muestra en el recipiente por 10 minutos.		Trasladar la muestra a frascos de vidrio o plástico herméticos con alcohol 70%. Realizar doble rótulo, uno con papel vegetal escrito con lápiz que se introduce en el frasco y otro (tipo adhesivo) que se pega al exterior del recipiente.
	Dípteros	<u>Larvas</u>	Colocar en un trozo de carne (5 x 5 x 1 cm aprox.). Envolver el trozo en sobres de papel metalizado dejando entreabierta una de las caras. Colocar en un recipiente plástico con 5 cm de tierra. Cubrir con tela voile y sujetar al recipiente con doble banda elástica.	Posteriormente llevar a cámara de cría hasta la emergencia del adulto.
		<u>Pupas</u>	Colocar en un recipiente plástico con 5 cm de tierra. Cubrir con tela voile y sujetar al recipiente con doble banda elástica.	
	Coleópteros	<u>Larvas y pupas</u>	Colocar larvas y pupas destinadas a la cría en laboratorio dentro de un recipiente plástico con tierra húmeda o sustrato del sitio. Sobre este se dispondrá una capa de pequeños trozos de gasa, seguida de carne de pollo y una capa de hojarasca del entorno, cubriendo finalmente con voile. La manipulación de las muestras se realizará con pinzas entomológicas o manualmente, utilizando guantes de látex y procurando no dañarlas.	Trasladar la muestra a frascos herméticos de vidrio o plástico con alcohol 70%.
ADULTOS	Dípteros	Sobre el cadáver con red entomológica. Introducir los especímenes en frasco matador con acetato de etilo y tapar. Dejar la muestra en el frasco por el lapso aproximado de 15 minutos hasta la muerte de los especímenes.		Trasladar a sobres de papel.
	Coleópteros	Con pinzas entomológicas o a mano utilizando guantes de látex y evitando la ruptura de la muestra.		Colocar en frascos herméticos de vidrio o plástico con alcohol 70%. Realizar doble rótulo, uno con papel vegetal escrito con lápiz que se introduce en el frasco y otro (tipo adhesivo) que se pega al exterior del recipiente.

6. Cría de material colectado, realización de cultivos

- El procedimiento para el cultivo de larvas se realizará tomando el recipiente (frasco) con la muestra a cultivar, observando el tamaño y número de individuos presentes. En caso de que en una misma muestra existan diferentes tamaños o morfoespecies de larvas, se deberán realizar cultivos separados de acuerdo a la edad o el tipo.
- Posteriormente, se cortará un trozo de papel aluminio acorde a la cantidad de carne que se vaya a utilizar. El trozo de carne deberá ser proporcional al número y tamaño de las larvas: por ejemplo, un corte de 5 x 5 x 1 cm resultaba adecuado para unas 20

o 30 larvas grandes. En caso de contar con mayor cantidad de individuos, incluso si son pequeños, se debe considerar que necesitarán suficiente alimento hasta alcanzar el estadio III, por lo que será necesario proporcionales más carne.

- Una vez definida la porción, ésta se envuelve con papel aluminio, dejando una de las caras abiertas para introducir las larvas. Luego, se colocará perlita u otro tipo de sustrato en el recipiente hasta completar aproximadamente un cuarto de su volumen y, sobre éste, se apoyará el paquete con carne en posición lateral.
- A continuación, se retirará el voile del recipiente que contiene las larvas y, con ayuda de pinzas, se trasladaron al interior del paquete. Durante este proceso es importante contar o, al menos, estimar el número real de ejemplares. Posteriormente, el paquete se cierra dejando una cara entreabierta y se cubre con voile, asegurándose con una bandita elástica.
- El rótulo original del frasco del que fueron tomadas las larvas debe transcribirse al nuevo recipiente con el cultivo. En caso de preparar más de un cultivo con la misma muestra, se repetirá la operación y se enumeran los recipientes de manera consecutiva para su identificación.
- Finalmente, todos los recipientes preparados se colocarán en los cuartos de cría, donde las larvas continuarán su desarrollo bajo condiciones controladas, manteniendo la temperatura lo más estable posible y evitando la exposición a temperaturas extremas o a la luz solar directa.

7. Registro de datos

A. Volcado de datos a las planillas

- El volcado de datos a las planillas comenzará con la apertura de un archivo en el que se registrarán, para cada fecha de muestreo, las temperaturas obtenidas, la humedad relativa y las observaciones correspondientes. En ese mismo registro se incluirán las anotaciones relacionadas con las condiciones del cuerpo y de la fauna observada, prestando especial atención a los momentos en que se produzcan los cambios de estadio.

Notas

Denise A. Thomas, et al., Protocolo de recolección y conservación entomológica forense...

- De manera complementaria, en una carpeta rotulada con la fecha del muestreo se almacenarán las fotografías tomadas durante la jornada, de modo que queden organizadas y vinculadas con los datos de campo.
- Una vez determinados los ejemplares colectados, se procederá a completar una plantilla específica para cada uno de ellos. En esta se consignarán fecha y hora de captura, los datos sistemáticos correspondientes (orden, familia, género o especie), el estadio, el número de individuos, el rótulo del sobre, frasco o recipiente en que fueron conservados, así como cualquier observación relevante.
- En los casos en que en una misma muestra se presenten varios tamaños o morfoespecies de larvas, se realizarán cultivos separados de acuerdo con la edad y tipo, dejando constancia de ello en las planillas.

B. Identificación de la entomofauna cadavérica

- La determinación taxonómica de lejemplares recolectados se realizará mediante el uso de claves dicotómicas para los distintos niveles taxonómicos o se remitirá a la colaboración de especialistas en los diferentes grupos.
- Para la identificación de los coleópteros se usarán las siguientes claves:
 - Para Subórdenes: Ross (1968).
 - Para Familias: Ross (1968); Bousquet (1990); Ocampo y Ruiz Manzanos (2008); Almeida y Mise (2009).
 - Para subfamilias: Solervicens (2008); Brunke et al. (2011); Vaz-De-Mello et al. (2011).
 - Para las Tribus: Roig-Juñent y Domínguez (2001); Brunke et al. (2011).
 - Para Género y Especie: Vaz-De-Mello y Edmonds (2006); Díaz Martin y Saloña-Bordas (2015); Almeida y Mise (2009); Aballay et al. (2016).

Bibliografía citada

- ❖ Aballay, F. H.; Chanirosse, M. R.; Ayón, M. R. y M. B. Maldonado, 2011. “An illustrated key to and diagnoses of the species of Staphylinidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina” (pp. 101-124), *Zootaxa*, 3860(2). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3860.2.1>

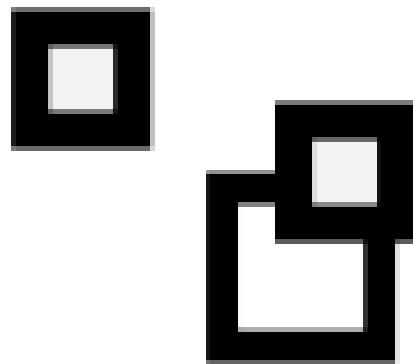
- ❖ Aballay, F. H.; Flores, G. E.; Silvestro, V. A.; Zanetti, N. I. y N. D. Centeno, 2016. “An illustrated key to, and diagnoses of, the species of Tenebrionidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina” (pp. 703–726). *Annales Zoologici*, 66(4). <https://doi.org/10.3161/00034541ANZ2016.66.4.021>
- ❖ Almeida, L. M. y K. M. Mise, 2009. “Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance” (pp. 227–244), *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(2).
- ❖ Amendt, J.; Krettek, R. y R. Zehner, 2004. “Forensic entomology” (pp. 51–65). *Naturwissenschaften*, 91(2).
- ❖ Arnaldos, M. I.; García, M. D.; Romera, E.; Presa, J. J. y A. Luna, 2001. “Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence” (pp. 32–38). *Forensic Science International*, 120(1–2).
- ❖ Bousquet, Y., 1990. *Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide*. Research Branch, Agriculture Canada.
- ❖ Brunke, A., Newton, A., Klimaszewski, K., Majka, C. y S. Marshall, 2011. “Staphylinidae of Eastern Canada and adjacent United States: Key to subfamilies; Staphylininae: Tribes and Subtribes and species of Staphylinina” (pp. 1–110). *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 12.
- ❖ Byrd, J. H. y J. L. Castner, 2001. *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press.
- ❖ Catts, E. P. y N. H. Haskell (Eds.), 1991. *Entomology and death: A procedural guide*. Joyce’s Print Shop.
- ❖ Catts, E. P. y M. L. Goff, 1992. “Forensic entomology in criminal investigations” (pp. 253–272). *Annual Review of Entomology*, 37.
- ❖ Díaz-Martín, B. y M. I. Saloña-Bordas, 2015. Arthropods of forensic interest associated to pig carcasses in Aiako Harria Natural Park (Basque Country, Northern Spain) (pp. 207–228). *Ciencia Forense* (12).
- ❖ Greenberg, B. y J. C. Kunich, 2002. *Entomology and the law: Flies as forensic indicators*. Cambridge University Press.

Notas

Denise A. Thomas, et al., Protocolo de recolección y conservación entomológica forense...

- ❖ Ocampo, F. C. y E. Ruiz-Manzanos, 2008. “Scarabaeidae” (pp. 535–557). En: G. O. Debandi; Claps, L. E. y S. A. Roig-Juñent (Eds.), *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos* (Vol. 2), Sociedad Entomológica Argentina ediciones.
- ❖ Roig-Juñent, S. y M. C. Domínguez, 2001. “Diversidad de la familia Carabidae (Coleoptera) en Chile” (pp. 549–571). *Revista Chilena de Historia Natural*, 74(3). <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2001000300006>
- ❖ Ross, C. A.; Ross, J. R. P. y H. H. Ross, 1982. *Un libro de texto de entomología*. Wiley.

Cita: Thomas, D. A.; Bordi, M. y M. P. Campos-Soldini, 2025. “Protocolo de recolección y conservación entomológica forense en experiencias con *Sus Scrofa* (Linnaeus)” (pp. 140-150), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.



DESDE LOS BORDES

El papel del armamento moderno español en la conquista de Hernán Cortez (1519-1521) del Imperio Mexica

The role of modern Spanish weaponry in Hernan Cortez's conquest (1519-1521) of the Mexica Empire

Ismael Torres*



Fecha de recepción: 22/09/2025
Fecha de aceptación: 02/11/2025

I.

La expedición de Hernán Cortés al actual territorio mexicano de 1519 fue en principio una empresa privada llevada a cabo –no obstante- bajo la estructura legal de la Corona de España, cuyo interés geopolítico por llegar a lugares aún no “descubiertos” por los primeros exploradores era explícito, sobre todo el interés que le suscitaban el oro y otras riquezas del nuevo continente. De hecho, a partir de la caída de Tenochtitlan en 1521 se establece una nueva categoría territorial dentro del imperio español: el Reino de la Nueva España, que identificó y le dio entidad a los territorios de ultramar norteamericanos conquistados a partir del siglo XVI. Vale decir, el destino de los *mexicas* (nominación con la que se reconocían a sí mismo los “aztecas”, tal como fueron re-nominados por los españoles) estuvo signado por la confluencia de dos factores clave: la avaricia de un Cortés cuyo móvil principal era engrosar su fortuna individual, por un lado, y la necesidad del imperio español de lograr expandirse hacia el este del Mediterráneo desplazando al imperio otomano de la centralidad, cuestión que consiguió a partir de la batalla de Lepanto de 1571 y que no hubiera sido posible sin el proceso previo de acumulación originaria del capital que se dio a partir del despojo del oro y la plata de las tierras conquistadas.

La expedición fue organizada, principalmente, por el propio Hernán Cortés y el gobernador de Cuba, Diego Velázquez de Cuéllar, quien autorizó en nombre de la corona la

* Docente de la Licenciatura en Criminalística del FCyT-UADER, JTP de la asignatura Balística I. Miembro del Consejo Directivo de la FCyT. Dirección de contacto: torres.ismael@uader.edu.ar

expedición de Cortés, designándolo Capitán bajo instrucciones precisas de exploración y regreso, una facultad delegada que tenían los gobernadores. Cortés acepta las condiciones del gobernador: tratar bien a los indios y evangelizarlos, describir las tierras que ocupaban y tomarlas en posesión en nombre del rey de España. Luego Cortés tendrá que "... conocer las minas de oro y, lo antes posible, deberá enviar un barco a Cuba con las primeras informaciones" (Grunberg, 2021: 56). Con ello, las instrucciones de Velázquez de Cuellar revelan que hubo otras expediciones que precedieron a la de Cortés o, en otras palabras, que los españoles ya tenían pleno conocimiento de la presencia de oro.

Hoy se sabe que la relación entre Velázquez y Cortés tuvo un giro que fue desde la cordialidad y el sosiego, en sus inicios, que generó el financiamiento de la expedición por parte del primero, hasta el amargo desenlace de la traición por parte del segundo, algo que en su momento Velázquez con su perspicacia "vio venir" al poner bajo sospechas a Cortés, por lo que intentó detener la expedición. Pero ya era tarde: Cortés había zarpado de Cuba. Luego, para soslayar el orden jerárquico de Velázquez y legalizar su traición ante la Corona, Cortés funda en abril de 1519 el primer asentamiento español en América: Villa Rica de la Vera Cruz. Allí establece un cabildo (ayuntamiento) donde es designado por sus hombres Capitán General y Justicia Mayor, una maniobra que le permitió reportar directamente a la instancia superior del rey, Carlos I.

En ese marco, en este breve ensayo se analiza el poderío bélico del pequeño ejército de mercenarios que Hernán Cortés logró reclutar para su campaña, para luego formular el siguiente interrogante: ¿fue realmente determinante el armamento moderno utilizado por Cortés para destruir gran parte de las florecientes culturas mesoamericanas, o en cambio ese fenómeno se dio por la confluencia de varios factores –entre los que también hay que sopesar el armamento de los expedicionarios-, como la alianza masiva que logró con tribus originarias, el colapso político interno que se produjo entre los mexicas, la fabricación de embarcaciones para el combate lacustre y el efecto devastador de las epidemias que tuvieron lugar a partir de la Conquista?

II.

La flota inicial era de 11 embarcaciones: 10 naos (barcos de transporte y combate) y una carabela (barco ágil, veloz y muy maniobrable). Los naos tenían una capacidad de carga de aproximadamente 200 toneles, con una eslora de entre 20 a 30 metros, una manga de 7 a 9 metros y un calado de 2 a 2.5 metros aproximadamente. Las carabelas en cambio

tenían una capacidad de carga de 60 a 100 toneles, una eslora de entre 26 a 30 metros, una manga de 3 a 3.5 metros y un calado de 1.8 metros, habitualmente con una dotación de 15 hombres a un máximo de 30. Las embarcaciones estaban defendidas por cañones de hierro y bronce (bombardas de retrocarga de hierro y falconetes).

La tripulación que componía el total de la expedición era de entre 508 y 550 hombres, aproximadamente: (a) 350 infantes (con espada/rodelas y ballestas), (b) 30 arcabuceros (tiradores de pólvora), (c) de 15 a 20 artilleros y (d) alrededor de 100 marineros armados de apoyo naval. Los infantes contaban con experiencia en guerras en Europa y en luchas en el Caribe con los pueblos originarios. Según Grunberg (op. cit.), a los pocos días de zarpar, Cortés llega a la actual isla de Cozumel, donde al pasar revista a sus tropas cuenta “508 soldados [entre los cuales hay] 200 indios de Cuba, varios negros (libres y esclavos) y algunas mujeres” (op. cit.: 56). Por su parte, la expedición contaba con 16 (algunas fuentes mencionan 15) caballos, novedosos en el nuevo mundo, que eran del tipo andaluz y extremeño, aunque se los detallan como resistentes y pequeños, al contrario de lo que se conoce de esas razas. Se utilizaron mayoritariamente para exploración y mensajería, aunque también en combate de choque y persecución.

III.

¿Cuál era el armamento con el que contaba la expedición de Cortés?

1. Armas individuales blancas: 450-500 espadas de acero; 300-400 dagas/cuchillos; 100-150 lanzas y picas, y muy pocas alabardas (cuyo uso era limitado) (Bernal Díaz, 2015; Hugh Thomas, 2020).
2. Armas de projectiles. Ballestas en un número aproximado de 30, con unos 2.000 a 3.000 viroles. Según Bernal Díaz (op. cit.), las ballestas eran más útiles que los arcabuces en climas húmedos. A su vez contaban con entre 15 y 20 arcabuces con parque de plomo en lingotes (no balas prefabricadas) y moldes portátiles para fundir para balas (Matthew Restall, 2003; Cortés, 2013;).
3. Artillería. Se disponía de 10 a 14 cañones ligeros, Falconetes y Lombardas, con municiones consistentes en bolas de hierro y bolas de piedra (más comunes).
4. Pólvora. Las fuentes no dan cifras exactas en libras, pero la historiografía estima entre 450 y 680 kilos de pólvora. Este parque de distribuía para los arcabuces, la artille-

ría y la reserva estratégica. En sus escritos Cortés (op. cit.) y Bernal Díaz (op. cit.) mencionan reiteradamente la escasez de pólvora tras 1520, lo que confirmaría que no era abundante, si bien se presupone que los informes de Cortés no eran siempre verosímiles. Sumemos otro dato: las mechas eran suficiente para varias semanas de combate, pero no para una campaña prolongada (Parry, 1990).

5. Armamento defensivo. La protección de los soldados era la cota de malla, una armadura de anillos metálicos entrelazados que pesaba entre 10 y 15 kg (la expedición contaba entre 100 y 150), los cascos (el típico morrión o celada, de 200 a 250) y adargas o escudos (de 300 a 400).

IV.

¿Cuáles y cuántas fueron las tropas originarias aliadas a Cortés?

En 1519 se concretaron en la Costa de Golfo las primeras alianzas entre Cortés y algunos pueblos originarios que confrontaban con los Mexicas y que procuraban su liberación. Esto permitió a los españoles no solo aumentar el volumen de su fuerza militar sino poder acceder al conocimiento del terreno, una cuestión decisiva en el éxito de la campaña.

1. Inmediatamente después de la fundación de Villa Rica de la Vera Cruz en 1519 se produce la alianza con los originarios, en particular y mayoritariamente, con Totonacas de Cempoala, un pueblo sometido por los mexicas que aportaron al ejército de Cortés una cantidad estimada de entre 3.000 y 5.000 guerreros, los que trabajaron como guías, cargadores y apoyo de combate ligero (Hassig, 1995; Cortés, op. cit.; Bernal Díaz, op. cit.).
2. La alianza con los tlaxcaltecas -originarios de la región de Tlaxcala- que se produjo entre fines de 1519 y comienzos de 1520 constituye un punto de inflexión en la caída del gran imperio Mexica-Tenochtitlán. En efecto, se trataba de un pueblo muy aguerrido que cuando Cortés llega a su territorio tenía 60 años de bloqueo económico impuesto por los mexicas (con quienes habían tenido guerras previas), motivo que explica el por qué no lucharon con ellos contra los colonizadores. Así, el ejército de Cortés sumó al inicio de la alianza entre 6.000 y 10.000 guerreros tlaxcaltecas, número que luego se incrementó rápidamente.

V.

Hubo un antes y un después de la denominada *Noche Triste* del 30 de junio de 1520, un acontecimiento que se desencadenó a partir de la Matanza del Templo Mayor (o Masacre de Tóxcatl) donde, por orden del conquistador Pedro de Alvarado, se asesinaron nobles mexicas que participaban –desarmados– de una festividad religiosa. Ello devino en la derrota más catastrófica de Cortés y sus aliados, quienes fueron atacados mientras intentaban escapar caóticamente de Tenochtitlan (véase la Figura 1). Antes de esa noche, el ejército español llevaba a cabo el primer sitio de Tenochtitlan, a cuyos efectos había recibido refuerzos de Cuba por un total de alrededor de 1.300 hombres: 100 jinetes, 800 infantes y un número no precisado de artilleros (artillería ligera) y arcabuceros, de los cuales cerca de la mitad se perdió durante la huida de la ciudad. Sin embargo, he aquí el *después* de la Noche Triste- tras la retirada de Tenochtitlan, los aliados indígenas de Cortés no desaparecieron sino que, por el contrario, se reorganizaron conformando una fuerza de, estimativamente, entre 10.000 a 20.000 aliados Tlaxcaltecas, Huexotzincas y Cholultecas disidentes, tomando la función de resistencia, reconquista de territorios, desgaste Mexica, y control de rutas y accesos (Matthew Restall, op. cit.; Hugh Thomas, op. cit.).

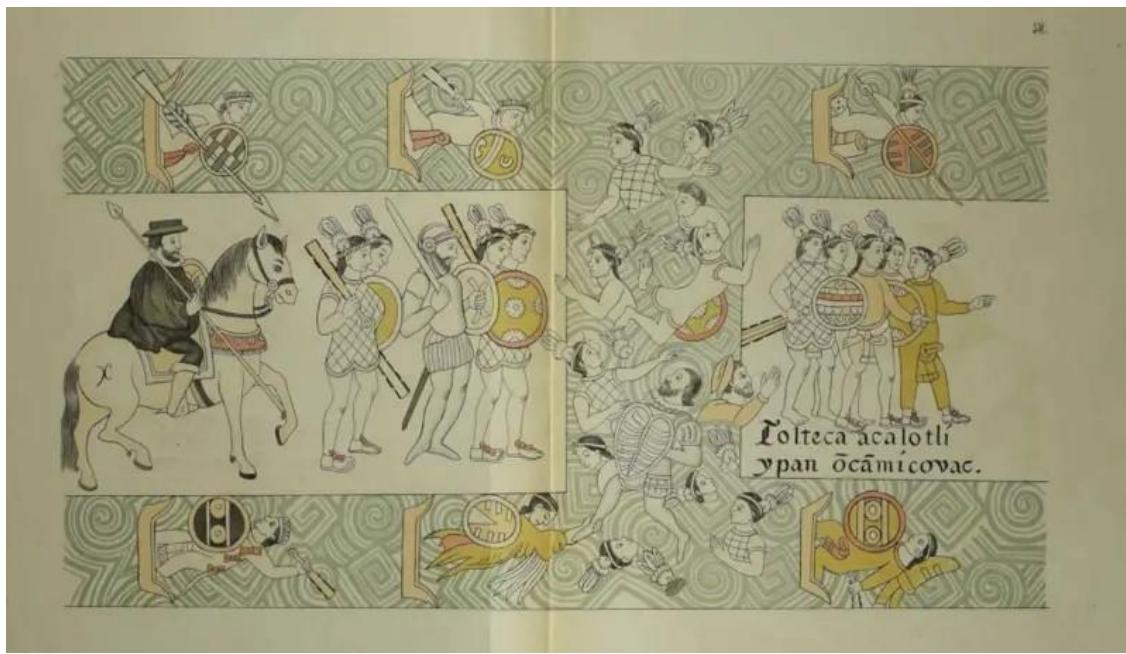


Figura 1. La Noche Triste representada en la reproducción de un lienzo de autor desconocido. Nótese que en esta ilustración se muestra el ejército de Cortés con sus aliados indios (a la izquierda), algo poco común, ya que generalmente son omitidos en las ilustraciones; luego están los caídos en el lago (en el centro) y, por último, los españoles huyendo, pasando por sobre los cadáveres del lago que hacían de “puentes” (a la derecha). Fuente: reproducción del *Lienzo de Tlaxcala*, publicada en 1892 por el antropólogo Alfredo Chavero.

VI.

Algunos números sobre la fuerza beligerante de Cortés indican que cuando éstas se refugiaron en Tlaxcala (1519-1520) recibieron refuerzos desde Cuba, Jamaica y La Española, reorganizándose para un asedio y no ya para una batalla campal, siendo una operación combinada terrestre y lacustre, inédita en esos tiempos en América. Las cifras estimadas eran de entre 900 a 1.300 españoles, compuestas por de 600 a 800 hombres de infantería, de 40 a 50 ballesteros, de 15 a 20 artilleros y de 80 a 100 jinetes de caballería. Un dato ilustrativo fue que el uso de las cotas de malla mermó notablemente, y fueron reemplazadas por la “ichcahuipilli”, una armadura prehispánica usada por los guerreros mesoamericanos, de algodón prensado y cosido, muy eficaz para detener flechas, de mucho menor peso y más apta para el calor reinante en esas latitudes.

Por su parte, la artillería consistió en 15 piezas ligeras compuestas por los Falconetes y Lombardas pequeñas, que fueron utilizadas para defensa de posiciones fijas y bombardeo de calzadas, con un control del parque de pólvora.

Un dato, ahora sí, de relevancia en cuanto a la tecnología y la logística es el de los bergantines, una flota de 13 pequeñas embarcaciones construida por los españoles en Tlaxcala que fue trasladada al lago de Texcoco -un sistema lacustre vital para Tenochtitlán que hacía de regulador de aguas, medio de defensa, transporte y fuente de alimentos de la ciudad, y que resultó decisiva en las batallas lacustres que tuvieron lugar durante el segundo sitio de Tenochtitlan de 1521. La flota contaba con una tripulación de aproximadamente 20 remeros, ballesteros y arcabuceros, con un cañón por unidad, que permitió controlar el lago, las vías de suministro y combatir las canoas mexicas (véase la Figura 2).

En cuanto al segundo sitio de la ciudad de Tenochtitlan de 1521, antes aludido, cabe destacar que esta vez se realizó con máximo despliegue y durante un período que alcanzó los 93 días. En esta ocasión los pueblos aliados principales fueron Tlaxcaltecas, Texcocanos (acolhuas), Chalcas, Xochimilcas y Huexotzincas, estimándose una cifra de entre 50.000 y 100.000 guerreros aliados (Bernal Díaz, op. cit.), aunque también se estima que fue menor a cien mil.

VII.

De manera preliminar se puede concluir este ensayo señalando, por un lado, que el éxito de la conquista no parece haber tenido relación directa con el número de españoles y su poderío armamentístico sino, más bien, con el de los soldados procedentes de los pue-

blos originarios aliados, que fueron miles, especialmente tlaxcaltecas. Solo así fue posible que Cortés haya dominado y sometido al poderoso imperio mexica con menos de 1.500 soldados españoles, y en muchos momentos con menos de 1.000, aunque apoyado por un enorme ejército indio aliado. Puede decirse entonces que, en el momento decisivo, cuando más del 95 % de las fuerzas era indígena, Cortés actuó militarmente como comandante de una coalición entre españoles e indígenas, no como jefe de un ejército europeo clásico.



Figura 2. Bergantines en la toma de Tenochtitlan (Fuente: Publicación de Museos INAH Campeche)

Por otro lado, también parece pertinente señalar que Hernán Cortés contaba con un armamento necesario y suficiente solo para choques breves, no para una guerra prolongada. Ya se mencionó más arriba que la pólvora era un recurso crítico y limitado. También hay que destacar que el armamento europeo multiplicaba la eficacia individual, pero no compensaba la inferioridad numérica, por lo que sin aliados de los pueblos originarios, el arsenal habría sido insuficiente. También impactaron en el “éxito” de la campaña la ocurrencia de enfermedades devastadoras, como la viruela y –sobre todo en su fase final- la superioridad tecnológica y estratégica, que se puso en evidencia con la construcción, traslado y utilización de los bergantines de Tlaxcala, “el arma secreta de Cortés”,¹ decisiva para la toma de Tenochtitlán de mayo de 1521.

¹ <https://lahigueramagica.com/la-toma-de-tenochtitlan-el-arma-secreta-de-cortes-2/>

En cuanto a las doctrinas de guerra, los españoles fueron guiados por tres premisas: (a) matar para vencer, (b) combate total y (c) disciplina europea, mientras que los mexicas lo hicieron sobre la base de otras, también tres, pero muy distintas: (a) capturar prisioneros, (b) guerra ritualizada (*xōchiyaōyōtl*) y (c) honor y estatus guerrero. Este choque doctrinal fue sin duda clave, quizás tan importante como el armamento.

En síntesis, la conquista de México no parece haber sido ganada por la pólvora, sino más bien por una combinación asimétrica de alianzas indígenas masivas, caballería, acero, doctrinas y táctica de guerra, colapsos políticos y epidemias, entre otros factores, que permitieron que finalmente -con la captura de Cuauhtémoc, el último tlatoani (gobernante) de Tenochtitlán- el 13 de agosto de 1521 el Imperio Mexica haya sido conquistado. Fue entonces el inicio de la era colonial española, en la que Cortés pudo reclamar ese territorio para España, renombrando a la ciudad como Ciudad de México, la que él mismo gobernó entre 1521 y 1525.

VIII.

Como corolario o, quizás mejor, como complemento de este ensayo, no es ocioso señalar que después de más de 500 años, las heridas aún parecen estar abiertas. El 1º de marzo de 2019, el entonces presidente de México, Andrés Manuel López Obrador (AMLO), envió una carta al Rey de España, Felipe VI, donde le recordaba que a principios de ese año se había cumplido “medio milenio desde la llegada de Hernán Cortés al territorio de la actual República Mexicana y en 2021 se conmemorarán los 500 años de la caída de Tenochtitlan (...) Nos encontramos, pues, en un periodo en el que resulta ineludible la reflexión ante hechos que marcaron de manera decisiva la historia de nuestras naciones y que aún generan encendidas polémicas en ambos lados del Océano”. De manera exhaustiva, AMLO describía allí de qué manera fueron vulnerados los derechos individuales y colectivos de los pueblos originarios durante la conquista y su inmediato devenir: el proceso de colonización. A su vez manifestaba que el Estado mexicano “no pide un resarcimiento del daño en pecuniario de los agravios que le fueron causados por España ni tiene el propósito de proceder de manera legal ante los mismos; en cambio, México desea que el Estado español admita su responsabilidad histórica por esas ofensas y ofrezca las disculpas o resarcimientos políticos que convengan”. En esa dirección, señalaba AMLO, que en vistas de que el 21 de septiembre de 2021 se celebrarán los 200 años de la independencia de México, día que coincidirá con los 500 años de la caída de Tenochtitlan y el inicio de la Colonia, el gobierno

mexicano propone instituir esa fecha como *Día de la Reconciliación Histórica*, invitando a participar al Estado español, con “el propósito de superar en forma definitiva los desencuentros, los rencores, las culpas y los reproches que la Historia ha colocado entre los pue-blos de España y de México, sin ignorar ni omitir las ilegalidades y los crímenes que los provocaron”. Para tal fin, por último, el mandatario mexicano proponía organizar de manera conjunta una ceremonia al más alto nivel, en la “que el Reino de España exprese de manera pública y oficial el reconocimiento de los agravios causados y que ambos países acuerden y redacten un relato compartido, público y socializado de su historia común, a fin de iniciar en nuestras relaciones una nueva etapa plenamente apegada a los principios que orientan en la actualidad a nuestros respectivos Estados y brindar a las próximas generaciones de ambas orillas del Atlántico los cauces para una convivencia más estrecha, más fluida y más fraternal”.² La respuesta de Felipe VI no solo nunca llegó sino que, por el contrario, tres años después, en su visita a Puerto Rico por la conmemoración del 500 aniversario de la fundación de la ciudad de San Juan, en su discurso del 25 de enero de 2022, reivindicó la conquista de América. Lejos de pedir “disculpas”, como solicitó AMLO, por el genocidio, la usurpación de territorios y sus riquezas, y otros agravios a las culturas mesoamericanas, Felipe VI afirmó que la llegada de la corona en el siglo XVI sentó “las bases del derecho internacional” y –una muy cruel ironía del rey- la “concepción de los derechos humanos”. Por más remoto que parezca, en un mundo cuya violencia parece incrementarse día a día, un acto simbólico como el que quedó trunco hubiera sido muy relevante no solo para México sino para toda la Humanidad.

Bibliografía citada

- ❖ Bernal Díaz del Castillo, 2015. *Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España*, Editorial Espasa, Madrid, 1560 pp.
- ❖ Cortés, H., 2016. *Cartas de relación*. Castalia Ediciones, 640 pp.
- ❖ Grunberg, B., 2021. “Hernán Cortés y el asentamiento español en Nueva España (1519-1528)” (pp. 55-113). En: Grunberg, B.; Martínez Martínez, M. C. y E. Mira Caballos, *Hernán Cortés. Una vida entre dos mundos. Libro quinto*. Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México D.F.

² La carta completa fue recuperada en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605167/CPM_Carta_presidente_AMLO_al_rey_Espa_a_niene21.pdf

- ❖ Hassig, R., 1995. *Aztec Warfare. Imperial expansion and political control* (The Civilization of the American Indian Series), University of Oklahoma Press, 383 pp.
- ❖ Hugh Thomas, 2020. *La conquista de México. Moctezuma, Cortés y la caída de un Imperio*. Editorial Planeta, Barcelona, 928 pp.
- ❖ Matthew Restall, 2003. *Seven Myths of the Spanish Conquest*. Oxford University Press, 218 pp.
- ❖ Parry, J. H., 1990. *The Spanish Seaborne Empire*. University of California Press, Berkeley, 417 pp.

Cita: Torres, I., 2025. “El papel del armamento moderno español en la conquista de Hernán Cortés (1519-1521) del Imperio Mexica” (pp. 152-161), @rchivos de Ciencia y Tecnología Nº 7, FCyT-UADER, Oro Verde.

@rchivos

DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Nº 7, Segundo Semestre 2025

ISSN 2953-4852

