

PRINCIPIOS DE DESARROLLO DE ÍNDICES DE ANCESTRALIDAD PARA TAXONES BIOLÓGICOS

PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF INDEX OF ANCESTRALITY FOR BIOLOGICAL TAXA

 ELIÁN M. ESPÓSITO SANDOVAL

Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, La Plata, Argentina.

Mail de correspondencia: espositoelian@gmail.com

Resumen

Antecedentes: Históricamente en biología ha habido discrepancias a la hora de considerar a ciertos taxones dentro de las categorías “nativo” o “exótico” en determinadas áreas geográficas.

Preguntas y/o hipótesis: ¿Tienen los taxones cualidades inherentes que permitan establecer formalismos concordantes con un principio de prioridad como criterio para resolver los problemas derivados de la categorización “nativo-exótico”?

Especies de estudio/Descripción de datos/Modelo matemático: Se utilizaron *Eucalyptus globulus*, *Phytolacca dioica*, *Prosopis alba*, *Schinus longifolius* y *Tipuana tipu* como especies de referencia para aplicar los modelos matemáticos denominados “Índices de Ancestralidad” que permitan formalizar el grado de cualidad ancestral de un taxón en un área determinada,

Sitio y años de estudio: Tres áreas asociadas geográficamente pero con características discordantes fueron seleccionadas. Este trabajo se realizó entre 2017 y 2022.

Métodos: Se proponen dos tipos de índices complementarios. El “Índice de Ancestralidad Binario”, que parte de la distinción clásica de especie “nativa-exótica” y se codifica en forma binaria. El “Índice de Ancestralidad Escalar”, que se basa en el desarrollo de dos criterios: uno espacial (“distancia al área de origen”) y otro temporal (“tiempo de permanencia”).

Resultados: Se obtuvieron tablas con los índices mencionados para las especies y áreas elegidas.

Conclusiones: Estos índices resultarán útiles, por ejemplo, cuando sea necesario tomar decisiones que puedan afectar negativamente a los ecosistemas, considerando la historia e identidad del sitio. Los índices también serían fundamentales como estímulo a investigaciones de temáticas asociadas y para componer lo que se propone como estratigrafía ecológica de un área.

Palabras clave: Biogeografía, centro de origen, conservación y restauración, distribución de especies, especies nativas y exóticas, perspectiva heurística.

Abstract

Background: Historically, in biology, there have been discrepancies when considering certain taxa within the “native” or “exotic” categories in particular geographic areas.

Questions and/or Hypotheses: Do the taxa have inherent qualities that allow establishing formalisms consistent with a principle of priority as a criterion to solve problems derivatives of the categorization “native-exotic”?

Studied species/ Data description /Mathematical model: *Eucalyptus globulus*, *Phytolacca dioica*, *Prosopis alba*, *Schinus longifolius* and *Tipuana tipu* were used as reference species to apply mathematical models called “Ancestrality Indices” that allow formalizing the degree of ancestral quality of a taxon in a given area.

Site and years of study: Three areas geographically associated but with discordant characteristics were selected. This work was carried out between 2017 and 2022.

Methods: Two types of complementary indices are proposed. The “Índice de Ancestralidad Binario”, which starts from the classic distinction of “native-exotic” species and is coded in binary form. The “Índice de Ancestralidad Escalar”, which is based on the development of two criteria: a spatial one (“distance to the area of origin”) and a temporal one (“permanence time”).

Results: Tables were obtained with the indices mentioned for the species and areas chosen.

Conclusions: These indices will be useful, for example, when it is necessary to make decisions that may negatively affect ecosystems, considering the history and identity of the site. The indices would also be fundamental as a stimulus to research on associated themes and to compose the ecological stratigraphy of an area.

Key words: Biogeography, center of origin, conservation and restoration, distribution of species, native and exotic species, heuristic perspective.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En la literatura biológica en la que se tratan cuestiones sobre especies exóticas y nativas se otorga escasa o nula atención al tema del análisis de la categorización de un taxón como “nativo-exótico” y, si es tratado someramente, no se explicitan conceptos y consideraciones de relevancia fundamental para desarrollar criterios de demarcación y definición. En casos como, por ejemplo, el de Cabrera (1971) se aplica el concepto de ‘clímax’ para determinar qué especies son propias de cada región biogeográfica descrita, enumerándolas dentro de las categorías de ‘comunidades climáticas’ y ‘subclimáticas’. Las primeras son comunidades vegetales que se encuentran en un estado de equilibrio y desarrollo máximo en relación al clima de una región y que teóricamente se establecieron sin intervención humana; las últimas son comunidades en equilibrio y desarrollo similar al climático pero que, por determinadas variaciones de factores ambientales como, por ejemplo, el suelo (comunidades edáficas), desarrollan otro tipo de vegetación. Parece en dicho trabajo asumirse implícitamente que las especies de cada una de dichas comunidades son, en su totalidad, nativas del área biogeográfica en la que se ubican. Algo similar sucede en otro tipo de trabajos, como el de Burkart *et al.* (1999), en donde las descripciones de cada ecorregión sólo mencionan series de especies que coincidirían de forma implícita con el carácter de “nativas”. Así, en esta clase de textos cada región fitogeográfica es caracterizada implícitamente por sus elementos florísticos “nativos”, prescindiendo de menciones sobre taxones considerados “exóticos” al respecto.

Por otra parte, en las diversas floras y demás fuentes con descripciones de todos los taxones existentes en una determinada región, los datos sobre su origen suelen estar resumidos en apartados con los nombres de “origen y distribución”, “observaciones” o similares, en los cuales es común ver enumeradas las áreas políticas y/o fitogeográficas en donde se distribuyen (León 2000, Frodin 2001, Ulibarri *et al.* 2002, CJBG 2023 www.cjbg.ch/fr). También se suele considerar si una especie es “nativa o exótica” dentro del concepto denominado “estatus” o directamente en un párrafo o apartado dentro de la descripción general del taxón (Cárdenas 1989, Patiño 2002, Rodríguez *et al.* 2018). En ciertos textos suelen mencionarse otras categorías como las de especies “naturalizadas”, “adventicias”, entre otras, que, como en el fondo son formas del concepto de “especie exótica”, se considerarán aquí como tales (Marzocca 1997). Existen otros trabajos en donde se utilizan categorías intermedias para dar cuenta de cierta diferenciación o se apela al concepto de “lo nacional” (Burgueño & Nardini 2009).

Ante esta situación, se propondrá aquí revisar los conceptos de “nativo-exótico” aplicados a taxones biológicos, en este caso, a especies vegetales, con el fin de establecer y formalizar alternativas de categorización asociadas a correspondencias espacio-temporales intrínsecas de ellos. Para eso se expondrán y desarrollarán, desde una perspectiva heurística, una serie de herramientas conceptuales o índices derivados del análisis de dichas variables que permitirán el desarrollo y profundización de su abordaje ante diferentes problemáticas.

Se aludirá a una propiedad de cada taxón, asociada a dicha correspondencia, a la que podríamos denominar “ancestralidad” o “natividad”, la cual manifiesta en qué grado es nativo tal taxón en un sitio determinado. Se utilizarán sólo “taxones específicos”, ya que la “especie” constituye una categoría taxonómica ampliamente utilizada y de fácil manejo cuando se consideran escalas espacio-temporales asociadas a eventos de índole antrópica. Los índices, sin embargo, pueden fácilmente aplicarse a ciertos géneros, como *Prosopis* y *Eucalyptus* y familias como Tropeolaceae o Passifloraceae, que posean características concordantes con los términos expuestos. Esto no quiere decir que los índices no sean aplicables a otras categorías taxonómicas. Los índices son plenamente aplicables a cualquier categoría, sólo que para algunas de ellas se requiere explicitar ciertas consideraciones filosóficas que excederían el espacio y los objetivos de este trabajo.

Para la CEQ (Council of Environmental Quality) ‘especie nativa’ significa, “con respecto a un ecosistema particular, una especie que, en vez de ser el resultado de una introducción, se ha hallado histórica o actualmente en ese ecosistema” (CEQ 1999). Analizando esta definición observamos términos análogos a los que se tratarán aquí pero expuestos de una manera imprecisa: respecto al criterio espacial se menciona la palabra “ecosistema” que, al no ser un concepto netamente espacial, terminaría representando una delimitación geográfica vaga, especialmente si se pretendiera considerar los límites exactos de dichos ecosistemas; respecto al temporal se encuentra la frase: “hallado histórica o actualmente” que también acusa bastante vaguedad, al no precisar los límites de esas temporalidades.

Por otro lado, como sucede en nuestro caso, el evento de delimitación temporal resultaría de índole antrópica: “la introducción” de una especie atípica en un sitio en cuestión. Es decir que se basa en un evento histórico humano, debido a la gran capacidad de esa especie para transportar, adaptar y cultivar especies vegetales en todo el planeta, más allá de sus límites “naturales” de distribución.

Según Burgueño & Nardini (2009) el término “nativo”, como también los términos “autóctono” o “indígena”, se utilizan para referirse a las especies de una nación entera sin diferenciar los ambientes, o bien a las de una región natural indistintamente de los límites políticos. Estos autores llaman “paisaje y lugares naturales” a los espacios con estado cercano al previo a las intervenciones del hombre.

De esto surgen varias problemáticas que se han considerado en este trabajo: el desarrollo de dichos ambientes “naturales” asociados a intervenciones humanas desde hace miles de años, la sistematización de dichas intervenciones y la categorización de las áreas consideradas. Es decir que para ponderar aquella “cercanía al estado previo” mencionada habría que considerar también los diversos grados de intervención humana.

Desde la perspectiva expuesta, aquí se definirá “taxón nativo o autóctono” de un lugar determinado como aquel que es propio de tal; siendo lo “propio” algo “particular o característico de una cosa” (DRAE 2021 www.rae.es). Entonces, se puede definir a tal concepto como un conjunto de seres vivos con una relación filogenética estrecha que posee un sentido de “pertenencia” e “identidad” con respecto a un sitio determinado. A esto último se pueden asociar correspondencias espacio-temporales (o histórico-geográficas) que se desarrollarán en este artículo.

Por ende, y con el objeto de explayar estas cuestiones con mayor precisión y profundidad, se proponen los “Índices de ancestralidad” como una serie de criterios espacio-temporales (o histórico-geográficos) para establecer cuan ancestral o nativa es una especie en un área determinada. De esta manera se podrá abarcar cualquier tipo de área, ya sea de delimitación política, fitogeográfica, biogeográfica, entre otras.

Los conceptos “nativo” y “ancestral” así como “ancestralidad” y “natividad” son sinónimos. Sin embargo, aquí preferiremos el término “ancestral” y su derivado debido a sus carácter más general y novedoso, y a que “natividad” puede confundirse con otros términos.

Materiales y métodos

A continuación se expondrán y desarrollarán las definiciones y metodologías correspondientes a dos tipos de índices: el “Índice de Ancestralidad Binario (IAB)”, y el “Índice de Ancestralidad Escalar (IAE)”. El primero es más bien una formalización de un criterio que se ha utilizado tradicionalmente, el segundo representa con mayor precisión el estatus de una determinada especie en un área o sitio.

Índice de ancestralidad binario (IAB). Este índice determina la ancestralidad de una especie en un área según lo siguiente: Sea e una especie tal en un área determinada A_E , e será nativa de A_E si cumple que A_E pertenece total o parcialmente al área de distribución basal de referencia de e .

Siendo el “área de distribución basal de referencia” (ADBAR) de la especie aquella en la que esa especie existe hasta la fecha crítica o de demarcación, es decir, aquella determinada por un criterio de demarcación particular. Como la distribución de especies varía a lo largo del tiempo, para estas áreas deben explicitarse ciertos criterios que determinen las fechas críticas o de demarcación.

El criterio de demarcación es el evento causal relevante que permite delimitar entre lo que se considera “nativo” y lo que se considera “exótico”, y que deberá ser preestablecido según el contexto de trabajo. Una importante fuente de argumentación para estos criterios la constituye el traspaso de barreras geográficas. Una vez atravesadas éstas, se produce la denominada “invasión” o la “introducción”, es decir, la aparición de taxones extraños a tal medio geográfico. El momento en el que se traspasa esa brecha se puede tomar como fecha de demarcación.

Por ejemplo, para nuestra situación en el “continente americano”, parecería tomarse como referencia general implícita de inicio de introducción de exóticas y, por ende, como fecha de demarcación, el comienzo de la era de la conquista y colonización europea en el siglo XV, es decir, aquella que iniciada hace alrededor de 500 años. Así,

podemos decir que a partir del año 1492 todas las plantas introducidas en la masa de tierra que luego se denominó “América” se consideran “exóticas”. Utilizando esa fecha de referencia, se puede establecer la situación inversa para Europa y los demás continentes. Esta es la demarcación que suele ser usada implícitamente en los trabajos que, en general, aluden a los conceptos de “nativas” y “exóticas” para las especies de dicho continente, dándolo como sobreentendido, y dejando el tema sin precisar. En este caso, la barrera geográfica la constituye el Océano Atlántico y su traspaso, con tecnología náutica, sería el evento en que se basa este criterio de demarcación de naturaleza antrópica.

El Índice de Ancestralidad Binario está basado en el uso más común de los conceptos “nativo-exótico”, pero preestableciendo explícitamente una fecha de inicio de existencia en el área: todas las plantas existentes en el área correspondiente a partir de esa fecha se consideran exóticas. Tal índice tomará el valor de 1 para las especies nativas y de 0 para las exóticas del área especificada (A_E). Para presentar dichos datos se utilizarán cuadros de doble entrada en donde figuren los nombres de las especies como títulos de las columnas y los nombres de las áreas como títulos de las filas. El IAB es un tipo de índice compuesto de una variable dicotómica sobre una constante que puede dar como resultado esa tabla o matriz de presencias-ausencias, variables según la fecha de demarcación. Aquí utilizaremos “1492 DC” como tal fecha por los motivos expresados anteriormente.

Debemos aclarar que esto representa sólo un caso entre las múltiples elecciones de fechas de demarcación, las cuales pueden variar según se utilicen otros criterios. Por ejemplo, podemos tomar “2000 AC”, “500 DC”, u otras, justificándolas mediante argumentos apropiados y establecer los valores del IAB con relación a ellas. Por otra parte, las relaciones de dispersión previas con otros seres vivos requieren de consideraciones específicas que serán desarrolladas en otros trabajos.

La denominación de Arqueófitas y Neófitas que existe en algunos trabajos (Argüelles *et al.* 2006, Castro *et al.* 2018) es homóloga de esta elección de fecha de demarcación. Sin embargo, hay que hacer dos salvedades importantes: (1) Esa es, como se ha mencionado, un caso entre los tantos posibles derivados del concepto aquí propuesto. (2) Para nuestro caso, será prescindible la nomenclatura “Neófitas” y “Arqueófitas” debido a que con esa posibilidad de variar la fecha mencionada resultaría en una categorización en vano. Lo que nos debe importar es cuan ancestral es una especie en un área independientemente de la fecha que se eligiera pues su elección no modificaría esa característica intrínseca del taxón.

El “área de distribución basal de referencia” de una especie coincidiría con lo que se suele denominar como “área de distribución natural” (Demaio *et al.* 2002, SIB 2021 <https://sib.gob.ar/index-old.php>) de una especie y que muchas veces se usa implícitamente para discriminar entre especies nativas y exóticas. Las áreas para las cuales las especies se consideran endémicas serán consideradas como homólogas de las ADBAR y por ende con las mismas atribuciones que ellas aunque hay que aclarar que lo son a los fines prácticos ya que sus connotaciones son distintas. La idea de modificar el término es que rectifique su comprensión: el epíteto “natural” alude en el último caso a “sin intervención humana”, cosa que no es necesariamente cierta.

Para visualizar y evaluar la aplicabilidad e independencia de los índices se ha optado por áreas diferenciadas según distintos criterios de delimitación puesto que, ya sean áreas preestablecidas políticamente o áreas biogeográficas con límites justificados por su fisonomía vegetal, los índices seguirán siendo coherentes (sólo existiendo límites racionales de tipo espacial para determinar la elección del área que serán luego detallados).

Índice de Ancestralidad Escalar (IAE). Si bien el IAB se puede usar con relativa facilidad, estaría limitando nuestra perspectiva en ciertos sentidos. Por ejemplo, no tiene en cuenta reintroducciones acaecidas dentro del área considerada o casos de transportes previos o posteriores a la fecha establecida, entre otras cosas. Debido a esto, propongo el Índice de Ancestralidad Escalar (IAE).

El IAE indica el grado de ancestralidad de un taxón determinado (en este caso una especie) a través del siguiente postulado: Sean e una especie determinada y A_E un área elegida, e es más o menos nativa para A_E según dos variables: 1. Distancia (d) del área A_E al Área de Origen Hipotética (AOH) de e . 2. Tiempo de permanencia (t) de la especie e en dicha área A_E .

A continuación se definirán ambas variables:

Distancia al área de origen.- Estamos aquí ante un concepto clásico y relativamente antiguo, utilizado ya por Linneo y Cuvier, y también asociado a la escuela evolucionista de Darwin y Wallace, dentro de la cual está ligado a otros conceptos biológicos como el de especiación (López Martínez 2003).

Según Cabrera & Willink (1973) se denomina “centro de origen” de una determinada entidad biológica al lugar de la Tierra donde ésta se originó. Otro concepto similar propuesto es el de “área ancestral”, que permite señalar a un grupo ancestral sin tener que precisar un antepasado concreto (López Martínez 2003). Aunque en biogeografía histórica existan detractores de este concepto que cuestionan su aplicabilidad o incluso la realidad de su existencia (López Martínez 2003) aquí nos servirán como herramienta conceptual fundamental.

Para los fines operativos de este trabajo trataremos ambos conceptos como homologables y equivalentes y denominaremos al concepto común o “Área de Origen”, como el área específica en dónde se originó un taxón determinado, prefiriendo el uso del concepto “área” al de “centro” y el de “área de la especie” en vez del de “área del taxón más primitivo de la categoría taxonómica inferior” por cuestiones de parsimonia y pragmatismo. Como esta área es provisoria y postulada a partir de una hipótesis la llamaremos “Área de Origen Hipotética” (AOH).

En términos estadísticos, se definirá al AOH como una superficie con los mayores grados de probabilidad de que determinada especie haya tenido su origen en ella. Es decir que, estadísticamente hablando, cada punto del AOH establecida debería tener los mayores e iguales rangos de probabilidades de que el taxón considerado se haya originado en ella. Podemos tomar como referencia rangos de $P > 0.9$ como una buena estimación (donde P significa “probabilidad”, expresada como fracción entre 0 y 1). Entre los seis criterios citados por Morrone (2002) como consideraciones que se tienen en cuenta para la identificación de Áreas de Origen sólo se tendrán en cuenta los dos primeros combinadamente, por ser más los consistentes y de más sencilla determinación: 1. Área de diferenciación taxonómica y/o ecológica máxima; 2. Área con mayor abundancia de individuos de una especie. Además se deberán utilizar para su determinación todas las fuentes disponibles al respecto, ya sean históricas, antropológicas, ecológicas, u otras.

A partir de estas definiciones y teniendo como base ciertos parámetros de la superficie terrestre se establecerá la transformación del criterio espacial “d” (distancia al área de origen) en un parámetro escalar “D” (distancia al área de origen ajustada) definido como sigue:

Como la Tierra es un geoide, es decir, una forma esférica levemente achatada en los polos tenemos que su radio no es igual en todas partes: el radio polar es de 6,357 km, mientras que el ecuatorial es de 6,378 km (García López 2014). Por ende, dicha esfera también poseerá diferentes circunferencias, de las cuales la mayor circunda la línea del Ecuador y posee 40,074 km (Rojas Peña 2013, García López 2014).

La distancia mayor entre dos puntos extremos o polares situados en la superficie terrestres (puntos por los que puede atravesar un eje que pase por el centro del planeta) es equivalente a la mitad de la circunferencia de la Tierra medida en el Ecuador. Esta es la mayor de las semicircunferencias posibles de la Tierra, con lo cual se tomará como patrón de referencia (Figura 1A). Sabiendo que ella mide algo más de 20,000 km (exactamente 20,037 km), se multiplicó este valor por 0.1 para obtener una subunidad decimal y equipararlo al IAB, con lo cual:

$$S \cdot 0,1 = 2,003.7 \text{ km} \approx 2,000 \text{ km}$$

siendo S dicha semicircunferencia mayor de la Tierra.

Este patrón obtenido corresponderá a la unidad general de criterio para D . De tal manera, partiendo del concepto básico y sabiendo que el grado de ancestralidad de un taxón en un área aumenta en proporción inversa a la distancia de dicha área A_E a AOH, tenemos que:

$$D = 1 - \left(\frac{d}{S}\right) = 1 - \left(\frac{d}{20,037 \text{ km}}\right) \quad (1)$$

siendo d la distancia entre el área A_E y el área AOH, o sea, la distancia al área de origen.

Entonces cuando d alcanza la máxima distancia establecida ($d = S$), $\frac{d}{S} = 1$ y, por ende, $D = 0$.

Índices de Ancestralidad

Una vez establecido esto, debemos resolver dos problemas más: uno sobre las dimensiones del área a elegir y otro sobre los puntos de las áreas desde dónde efectuar las mediciones.

i). Sobre las dimensiones de las áreas. Las áreas A_E para las que se cuantificará el índice deberán tender a representar una superficie terrestre de resolución adecuada para lograr una mejor precisión. Siendo la resolución R_A (en analogía con el concepto óptico) definida como la razón entre el tamaño del área elegida A_E y el del área total de la superficie terrestre A_T . O sea

$$R_A = \frac{A_E}{A_T}$$

Que sea equilibrada la resolución implica que haya “foco”, es decir que el valor de R_A se aleje de un rango de valores de referencia basados en las dimensiones terrestres. En nuestro caso, una buena resolución para especies terrestres estaría aproximadamente entre los valores 0.1 y 2×10^{-7} . El primero como resultado de considerar como numerador de la fórmula las superficies de masas continentales mayores (Eurasia o América); el segundo, tomando como numerador un valor arbitrario de 100 km².

Para R_A tendiente a 1 el área elegida tendería a ser igual a la superficie del planeta y como “toda especie de la Tierra es nativa de la Tierra” perdería sentido la aplicación del índice. Por otra parte si R_A tiende a 0 desde el valor

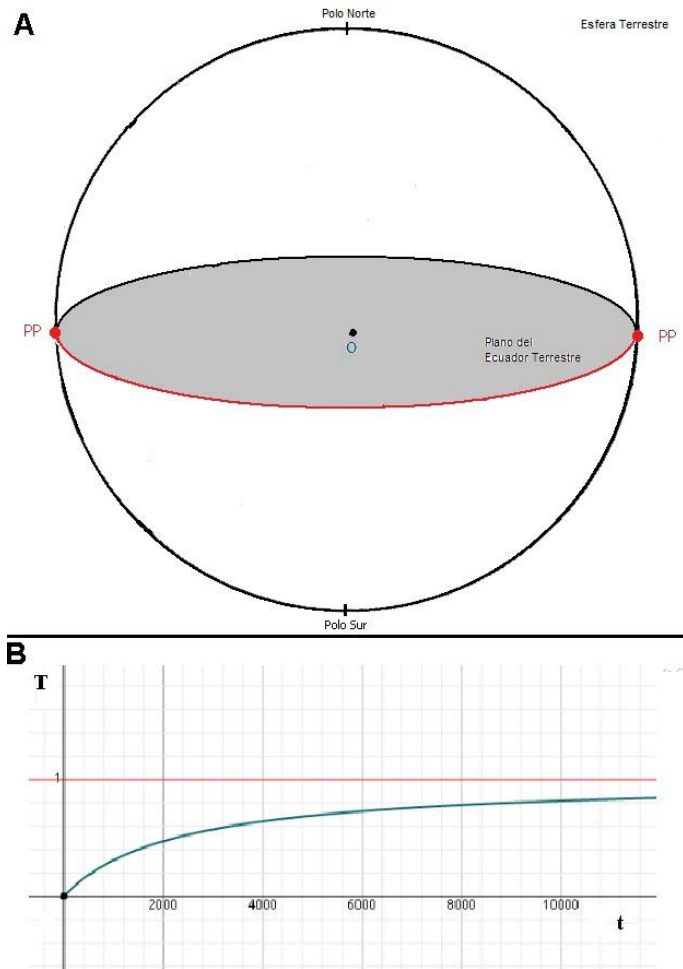


Figura 1. Gráficos sobre procedimientos para calcular los parámetros T y D. A) Gráfico del patrón de referencia tomado para calcular D = semicircunferencia mayor de la Tierra; PP = puntos polares. B) Representación cartesiana de la ecuación para el cálculo de T (ordenadas), donde “t” es el “tiempo de permanencia” (abscisas).

menor del rango, el área elegida tendería a ser menor que el tamaño de un individuo de una especie determinada con lo cual también perdería sentido la aplicación de los índices.

Además, a medida que se reduce el área elegida, el valor del tiempo de permanencia tiende a hacerse igual a cero ($t = 0$) para cualquier especie, es decir que, eligiendo áreas menores o microscópicas, la variable T pierde foco y sólo tendría sentido el valor de D . Esto es debido a una característica inherente a este tipo de datos. Por ejemplo, supongamos que elegimos como área A_E un área menor a 1 cm^2 en cualquier lugar más o menos alejado del AOH de una especie e , esa área sería menor a lo que suele ocupar una especie vegetal (especialmente si consideramos especies más conspicuas), con lo cual tendería a perder sentido la medición. Incluso si se eligiera un área reducida dentro de los límites circunscriptos por el sitio en donde se encuentra; por ejemplo, un árbol ya implantado, el valor de “ t ” no superaría al de la longevidad de dicho árbol para dicha área, aportando así un dato trivial a los fines de nuestra búsqueda. Además, sería engorrosa y/o inexistente la obtención de datos válidos para áreas de esas dimensiones y se correría el riesgo de dejarlas aisladas de las relaciones ecosistémicas con su entorno con una consecuente pérdida de visión integral.

Ante este “problema del límite inferior”, debemos definir un concepto que podemos denominar “área mínima de demarcación específica” (AMDE) como el área mínima que posea registros temporales concretos con los que se pueda establecer el tiempo de permanencia para cada una de las especies tenidas en cuenta. Es decir que un área, arbitrariamente elegida, estaría supeditada a la información que se tenga para otra área mayor que la incluya parcial o totalmente.

La información para los registros puede encontrarse por ejemplo en referencias escritas, relatos orales, árboles vivos o restos arqueobotánicos. Por ejemplo, sabiendo solamente que *Eucalyptus globulus* se introdujo en Argentina en 1857, el AMDE para esa especie será la que abarque ese país, pero si se encuentran datos que indicaran que fue introducida en 1857 en provincia de Buenos Aires y en 1878 en Córdoba el área mínima de demarcación será la que corresponda a las provincias respectivamente.

A medida que existan datos más precisos sobre el tiempo de introducción y de permanencia de las especies, mejor resolución tendrá el área mínima. Además, una vez establecida esa área, y ante la ausencia de datos más precisos, se podrá operar con sus mismos datos en áreas menores incluidas en ella. Por ejemplo, los datos de la introducción del *Eucalyptus globulus* para la provincia de Buenos Aires se podrán utilizar para cualquiera de los municipios o subdivisiones arbitrarias de la misma, mientras no se encuentren otros más precisos.

Por otra parte: (1) Se deberán evitar macro-áreas (R_A tendiendo a 1) y micro-áreas como fue especificado anteriormente. (2) Las distribuciones terrestres discontinuas se tomarán como continuas. (3) Se tendrán en cuenta, sólo implícitamente, las barreras orográficas, hidrológicas, climáticas, pero se considerarán despreciables, en un principio, las influencias correspondientes a irregularidades de la superficie terrestre como alturas sobre o debajo del nivel del mar; quedando estos temas reservados para discusiones y desarrollos ulteriores. (4) El área de origen no puede ser mayor al área de distribución máxima de la especie, debe ser menor que “área de endemismo” y estar circunscripta (total o parcialmente) a su “área de distribución natural”.

ii). Sobre los sitios desde donde efectuar las mediciones. Cada uno de los puntos dentro del área de origen hipotética (AOH) pertenecerá al mismo rango mayor de probabilidad de que sea el área de origen real del taxón suponiendo una distribución ideal homogénea de probabilidades para dicha área. A consecuencia de esto, se tomarán los puntos más cercanos y alejados del AOH al área A_E y con ellos medir las distancias mayores y menores.

Entonces, para calcular las distancias entre las áreas AOH y A_E se debe proceder con los siguientes pasos: (1) Establecer AOH con base a literatura específica sobre las especies consideradas. (2) Establecer A_E según nuestra voluntad o necesidad, con las condiciones expuestas anteriormente. (3) Determinar las distancias mayores y menores entre las A_E y las AOH. Con eso establecer un rango de distancias para determinar D .

Tiempo de permanencia.- Llámese tiempo de permanencia a la cantidad de unidades de tiempo totales acumuladas (en nuestro caso “años”), continuas y/o discontinuas, durante las que un taxón ha permanecido en un sitio deter-

minado. Este concepto representa la cantidad de poblaciones históricas de dicho taxón que han vivido en el área considerada.

Para determinar todo IAE se deberá conocer la historia ecológica de cada área elegida A_E , especialmente los momentos de introducción, reintroducción y/o aparición de las especies en tales áreas.

Como solemos medir el tiempo con parámetros lineales infinitos los índices se presentan como escalas finitas y definidas, para este parámetro, a diferencia del anterior, deberemos establecer una forma o criterio de demarcación representándolo con fechas a establecer en base a eventos de influencia antrópica que hayan sido de importancia para el recambio específico o taxonómico del contexto considerado.

Debido a que las escalas temporales arqueológicas son demasiado extensas, lo que prácticamente tiende a invisibilizar las introducciones relativamente recientes, y debido también a la escasez de datos arqueobotánicos concluyentes, empezaremos por tomar patrones de referencias más adecuados para nuestros fines. Por ejemplo, considerando la masa continental denominada “América”, los últimos grandes eventos de transporte humano de especies se han dado a partir del principio de la expansión y colonización europea, es decir hace alrededor de 500 años. Esto no sólo marca un principio de diferenciación florística en el continente sino también en todo el mundo, ya que a su vez se empiezan a suceder series de introducciones sincrónicas de plantas del “Nuevo Mundo” en otros continentes, y viceversa.

Así se adoptarán series de sucesos históricos cruciales asociados a eventos de introducción y sus fechas combinadas como base de una aproximación al establecimiento de una unidad patrón de medida temporal. Entre ellos podemos mencionar: el comienzo de la colonización y expansión europea por otros continentes y otros acontecimientos coetáneos para una primera fecha patrón en hace alrededor de 500 años y, por otra parte, el desarrollo del Iluminismo, la aparición del Sistema de Nomenclatura Binaria, el arribo de los ingleses a Australia, etcétera, para una fecha hace alrededor de 250 años, a partir de las cuales se inician movimientos importantes de especies e ideas asociadas a ellas.

En base a lo expuesto, se estableció entonces una subunidad patrón de 250 años (pd). Con ella, primeramente, se estableció un modelo lineal en que resultó inapropiado para escalas mayores, por lo que se lo reemplazó por un modelo asintótico considerando un tiempo medido en años acumulados (t , en las abscisas), desde 0 a infinito, y con $T = 1$ y $T = 0$ como límites superior e inferior respectivamente de las ordenadas.

Con todo lo expuesto

$$T = \frac{t}{(t + n)} \quad (2)$$

donde T es la transformación escalar del tiempo total estimado de permanencia t es la cantidad de años estimados (consecutivos o no) en los que la especie considerada estuvo en un área determinada y n es igual a un número de referencia equivalente al patrón de demarcación (pd) multiplicado por 10, menos ese mismo patrón. Para nuestro caso como el patrón de demarcación es de 250 años obtenemos un valor de 2,250 para n . Es decir: $n = \text{pd} \times 10 - \text{pd} = 2,250$ años. Por lo tanto, (Figura 1B):

$$T = \frac{t}{[t + (2,500 \text{ años} - 250 \text{ años})]}$$

$$T = \frac{t}{(t + 2,250 \text{ años})}$$

Además se señalará como se indica, en los siguientes casos:

i) Especies cuyas AOH se encuentran en las A_E y para las cuales actualmente no existen datos precisos sobre su tiempo de permanencia. En dichas áreas se apelará al fechado de “+10,000 años AP”, éste coincidiendo aproxima-

damente con el comienzo del Holoceno y la aparición y consolidación de los ambientes y especies modernas (Iriarte *et al.* 2020).

ii) Especies cuya aparición no está precisada más que en un periodo probable entre dos fechas. Se establecerá un rango entre dichas fechas separándolas con un guión “(-)”.

iii) Especies con estimación aproximada alrededor de una fecha. Se le antecederá a ésta el símbolo “≈”.

iv) Especies con fechas de estimación dudosa o con falta de fuentes. Se colocará un signo de pregunta “?”.

Entonces, con la cantidad de tiempo t para cada especie calculamos T . De esta forma, y con ambos factores (T y D) calculados, la especie e considerada en una A_E determinada será nativa de esa área en un grado representado por el promedio de las ecuaciones 2 y 3, es decir

$$IAE = \frac{D + T}{2} \quad (3)$$

Donde D y T son las transformaciones escalares de la distancia al centro de origen (d) y del tiempo total estimado de permanencia (t), respectivamente, para el área A_E . El rango de valores del IAE va del 0 al 1 y el valor obtenido debe interpretarse así: mientras más cercano a 1 más ancestralidad posee esa especie en esa área. Para una síntesis de los procedimientos que conducen a este índice véase la [Figura S1](#).

Casos especiales. Se tendrán en cuenta algunas consideraciones especiales para ciertos casos, a decir: (1) Categorías subespecíficas e interespecíficas: Para categorías taxonómicas subespecíficas e interespecíficas como híbridos, subespecies, ecotipos, etcétera, debemos establecer tratamientos teniendo en cuenta las proporciones de sus componentes genéticos y demás consideraciones. Por ejemplo utilizando modelos de máxima entropía y/o análisis de la variabilidad interna de los taxones. (2) Categorías supraespecíficas: Ciertos casos de taxones supraespecíficas se pueden adaptar bien a los patrones de los índices anteriores. Sin embargo, muchos otros deben ser expuestos a otros tipos de consideraciones o criterios particulares que van más allá del objetivo de este trabajo. (3) Dispersión antrópico-zoológica: Debemos considerar que, una vez introducida una especie en un territorio, no sólo está expuesta a la influencia humana sino también a la de otro tipo de factores bióticos y abióticos como, por ejemplo, animales que actúan como intermediarios en su propagación. Esto puede conllevar tratamientos especiales, pero aquí la “fracción zoológica” de este fenómeno se ha considerado despreciable y, por ende, los casos se tratarán como dispersiones humanas.

Procedimientos ante déficit de datos. Ante la ausencia de datos precisos, se sugiere utilizar, como esquema de ordenamientos tentativos cuando sea necesaria la toma de una decisión al respecto, la siguiente forma: sean dos taxones determinados A y B en un área determinada. A será más nativo que B si cumple que: 1) Es más cercano a su área de origen hipotética. 2) Está desde hace más tiempo en dicha área.

Teniendo estos datos no numéricos se podrán obtener valores aproximados y comparativos entre dos o más taxones que, dispuestos ordenadamente, nos proporcionarán una serie de prioridades a la hora de tomar una decisión.

Se han seleccionado sólo seis especies y tres áreas representativas para aplicarles los índices desarrollados. Esto no sólo constituye una forma de ejemplificación genérica sino también el intento de resolución de problemáticas específicas de tales áreas y especies. La elección está basada en su representatividad, capacidad de representar una gran cantidad de casos con el menor arreglo posible. Es decir que cada especie elegida representa a muchas otras en situación geográfica similar.

Dichas especies se enumeran a continuación: 1. *Prosopis alba* Griseb., “algarrobo blanco”; 2. *Phytolacca dioica* L., “ombú”; 3. *Schinus molle* (L.) Speg., “molle, incienso”; 4. *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, “tipa”; 5. *Ligustrum lucidum* W.T Aiton, “ligustro”; 6. *Eucalyptus globulus* Labill. “eucalipto blanco”.

Las áreas seleccionadas se mencionan y tipifican a continuación:

Área A: Argentina. Área de división política.

Área B: Áreas forestales del norte de la provincia de Buenos Aires. Área fitogeográfica dentro de un área de subdivisión política.

Área C: Municipios del centro de la provincia de Buenos Aires. Selección de municipios que comprenden áreas de subdivisión política.

Resultados

En lo que sigue se expondrán los resultados de los distintos índices calculados para dichas especies leñosas:

Índice de ancestralidad binario (IAB). En la [Tabla 1](#) podemos ver algunos casos emblemáticos en donde seis especies se sometieron a los criterios del Índice Binario, con una demarcación con la fecha de 1,492 DC, a partir de la cual se tiene constancia escrita del comienzo de las introducciones masivas desde Europa a América, viceversa y desde esos continentes a otros.

Las primeras cuatro especies son de segura presencia previa a la fecha de demarcación en el área que hoy abarca el país de Argentina (A), es decir, nativas de este país. Dentro de esas, tres son propias de las formaciones forestales del N de la provincia de Buenos Aires (B), si bien no exclusivas de esas.

Para los municipios del centro de la provincia de Buenos Aires (C), tenemos varios tipos de casos. Una especie cuya presencia se puede suponer en la región antes del año 1492 DC es el molle, debido a que: (1) Es una especie típica de la formación de talares, los cuales están presentes en ciertos partidos de la región como Lobos y 25 de Mayo (Parodi 1940); (2) Existen evidencias prehispánicas de más de 2,000 años de talar, especialmente de *Schinus* en Lobos y partidos aledaños (González & Frère 2009). Por otra parte, tenemos dos casos problemáticos: *Prosopis alba* y *Phytolacca dioica*, especies asociadas a ciertos tipos de talares pero que no se suelen relacionar con la vegetación de la región pampeana a la que pertenecen los municipios mencionados. Según Parodi (1940), *Phytolacca dioica* está presente en los talares de Lobos, lo que constituye un gran argumento, aunque no suficiente, como para considerar su presencia prehispánica en la región. Los restantes casos problemáticos serán considerados como de “ausencia prehispánica” en

Tabla 1. IAB calculado para seis especies vegetales leñosas (columna de la izquierda) para tres áreas: Argentina (A), Áreas forestales del N de la provincia de Buenos Aires (B), Municipios del centro de la Provincia de Buenos Aires (C). Año de demarcación: 1492 DC (calendario cristiano). El signo de pregunta a la derecha del número indica que la asignación de ese número es dudosa para el área.

	A	B	C
<i>Prosopis alba</i>	1	1	0?
<i>Schinus longifolius</i>	1	1	1
<i>Phytolacca dioica</i>	1	1	1?
<i>Tipuana tipu</i>	1	0	0
<i>Ligustrum lucidum</i>	0	0	0
<i>Eucalyptus globulus</i>	0	0	0

esta región hasta que se obtengan datos contrarios. Estos tipos de casos problemáticos tendrán como indicación el símbolo “?” a la derecha del número en la [Tabla 1](#). Los casos restantes son todos de “ausencia” para esta área.

Índice de ancestralidad escalar (IAE). Para calcular este índice necesitaremos datos empíricos espacio-temporales que serán definidos según dos parámetros: Distancia al área de origen (d) y tiempo de permanencia (t). Para establecerlos se ha consultado bibliografía sobre cada especie considerada.

Establecimiento de las áreas de origen (AOH).- Para calcular las distancias a las áreas de origen primeramente se debe establecer un “área de origen hipotética” (AOH) de cada especie considerada. Su construcción estará basada en

los criterios mencionados anteriormente. Dicha AOH será provisoria, en la medida que se conozca su ubicación con mayor exactitud y dependerá de los datos empíricos de distribución de las especies consideradas, utilizando diversas fuentes bibliográficas como se verá en lo siguiente:

1. *Prosopis alba* Griseb. Se distribuye desde el S de Perú hasta el N de la provincia de Buenos Aires, Argentina; teniendo su mayor aparición en la provincia fitogeográfica del Chaco. Se encuentra en distintos tipos de suelo prefiriendo los bien drenados y profundos. Resiste la sequía pero su crecimiento es óptimo con buena disponibilidad de agua. Resiste también las heladas en estado adulto. Es un componente normal del segundo estrato de bosque alto en el Chaco semiárido y subhúmedo (Burkart 1952, Demaio *et al.* 2002, Zuloaga *et al.* 2008, Capparelli & Prates 2015).

2. *Phytolacca dioica* L. Es originario de las zonas subtropicales de América del Sur, distribuyéndose desde el S de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina (Salta, Tucumán, Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes, Entre Ríos y NE de Buenos Aires). Según Parodi (1940) su área se extiende desde Misiones, Corrientes y zona oriental del Chaco santafecino hasta la ribera sur de la ciudad de Magdalena (Parodi 1940, Zuloaga *et al.* 2008, Pirondo & Keller 2014).

3. *Schinus longifolius* (Lindl.) Speg. Se extiende desde el S de Brasil, Uruguay y NE de Argentina hasta las barrancas del Paraná y los bosques de tala del E de Buenos Aires (Cabrera & Zardini 1993). El autor ha constatado su presencia en el interior de la provincia de Buenos Aires.

4. *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze. Se suele asociar a la región de Yungas y la podemos encontrar en zonas del Chaco húmedo. Está presente en áreas forestales de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán (Ulibarri *et al.* 2002).

5. *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. Tiene su origen en China y otros países de Asia. Se encuentra en centro y S de China hasta Hainan, y en Corea del Sur. Presente en las provincias chinas de Hubei, Szechuan, Fujian, Zhejiang (Young-Chun 1921, Gavier-Pizarro *et al.* 2012).

6. *Eucalyptus globulus* Labill. Es oriunda del E de Australia, Tasmania, el promontorio de Wilson y del área costera de la región S de Victoria (Sibley 1959, Beale & Ortiz 2013, ALA 2021 www.ala.org.au).

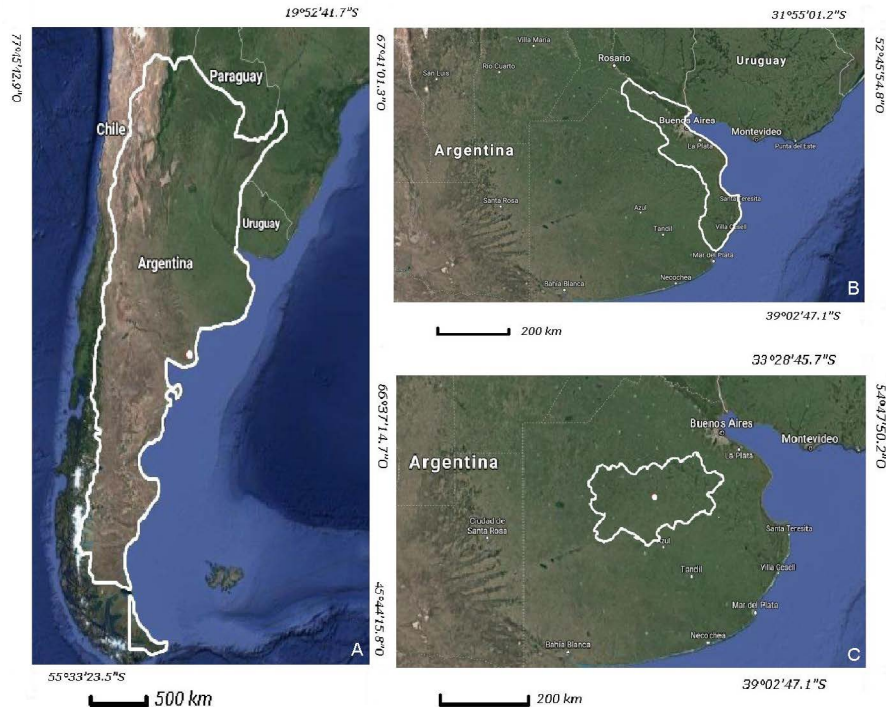


Figura 2. Áreas elegidas A_E. A) Argentina continental. B) Áreas forestales del NE de la provincia de Buenos Aires. C) Municipios del centro de la provincia de Buenos Aires. Escala A es 500 km. Escalas B y C es 200 km.

Índices de Ancestralidad

Según los datos de distribución anteriores más otros de georreferenciación (GBIF 2021 www.gbif.org, SIB 2021 sib.gob.ar/index-old.php, Tropicos 2021 www.tropicos.org) se establecieron las siguientes posibles AOH para las especies consideradas:

Prosopis alba: Zona interna de la región del Chaco (Figura 3A).

Phytolacca dioica: Zona interna de la Región biogeográfica Paranaense, abarcando NE de Argentina, E de Paraguay y SE de Brasil (Figura 3B).

Schinus longifolius: Zona relacionada con la Mesopotamia argentina (Figura 3C).

Tipuana tipu: Zona interna de la región biogeográfica de Yungas (Figura 3D).

Ligustrum lucidum: Región al S de China (Figura 3E).

Eucalyptus globulus: Área al SE de Australia (Figura 3F).

Establecimiento de áreas elegidas (A_E).- El tiempo de permanencia se establece con los momentos de aparición de una especie en un área determinada. En lo siguiente se presentan todos los datos históricos para cada especie seleccionada en base a los cuales se establecerán los t respectivos.

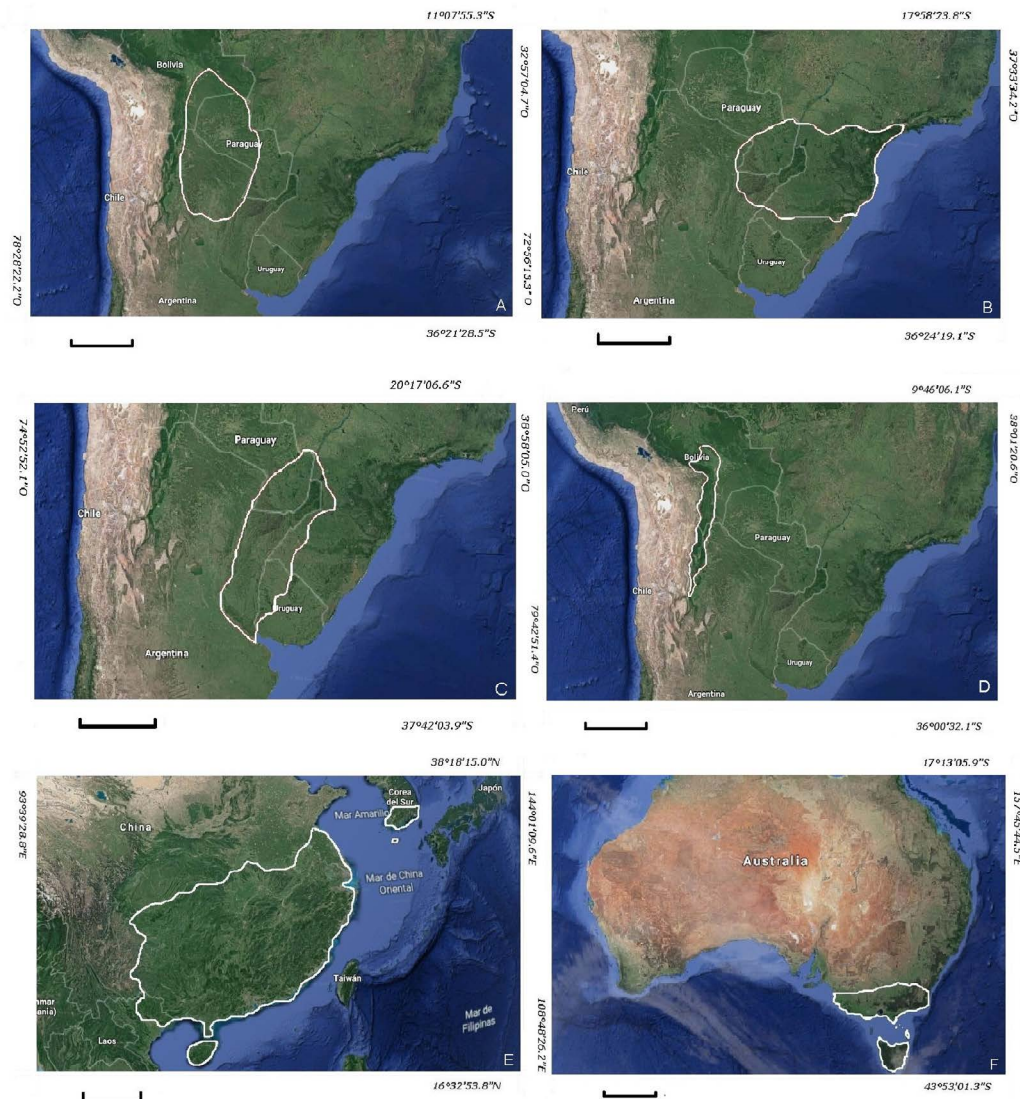


Figura 3. Mapas de las áreas de origen hipotéticas (AOH) de las siguientes especies: A) *Prosopis alba*. B) *Phytolacca dioica*. C) *Schinus longifolius*. D) *Tipuana tipu*. E) *Ligustrum lucidum*. F) *Eucalyptus globulus*. Escalas A-F) 500 km.

Área A. Argentina continental ([Figura 2A](#)). Comprende toda el área política del país exceptuando los territorios de Antártida e Islas del Atlántico Sur.

Todas las especies consideradas nativas para esta área, según el IAB establecido anteriormente, poseen parcialmente su AHO dentro de ella y no se conoce exactamente cómo se han sucedido en el territorio, para lo cual sería recomendable desarrollar investigaciones específicas. Dichas especies son *Prosopis alba*, *Schinus longifolius*, *Phytolacca dioica* y *Tipuana tipu*.

El tiempo de permanencia de las especies exóticas según el IAB puede ser conocido a partir de los registros históricos de las introducciones de tales especies. *Eucalyptus globulus* fue introducido en el año 1857 por Domingo F. Sarmiento con semillas plantadas principalmente en la provincia de Buenos Aires (Beale & Ortiz 2013). *Ligustrum lucidum* ha sido introducido a fines del siglo XIX (Pochettino *et al.* 2016).

Área B. Áreas forestales del norte de la provincia de Buenos Aires, ([Figura 2B](#)). Comprende una franja forestal de alrededor de 700 km que recorre el borde de la Provincia de Buenos Aires, compuesta por un cordón de talaes que va desde San Nicolás de los Arroyos hasta la laguna Mar Chiquita (Parodi 1940, Haene 2006), más una franja de selva ribereña que va desde el límite superior de la provincia de Buenos Aires hasta el este del municipio de Berisso.

A partir de los 6,000 años AP aparece un evento regresivo en la zona caracterizado por un descenso gradual del nivel del mar y entre 5,000 y 3,500 AP un periodo de estabilización. Los registros de *Celtis tala* y de *Schinus* spp., indican que elementos aislados del bosque semejantes a los que se desarrollan actualmente en el área estuvieron presentes desde los 5,400 años AP (Villanova *et al.* 2006). Con estos datos se puede establecer el siguiente esquema hipotético de sucesiones para las especies consideradas nativas según el Índice Binario en este trabajo.

Respecto a *Schinus longifolius* los datos palinológicos expuestos anteriormente nos permiten establecer una antigüedad estimada de su aparición en esta área de hace alrededor de 5,400 años. Para *Phytolacca dioica* puede haber sido de aparición algo posterior. A pesar de la ausencia de datos palinológicos, la presencia de una especie endémica (*P. tetramera*) con otras especies del mismo género o familia (*P. americana*, *Rivinia laevis*) (Parodi 1940) nos puede estar indicando, por el grado de diversificación, una aparición antigua en la zona, que estimaremos tentativamente en hace alrededor de 4,000 o 3,000 años para el norte de esta área. *Prosopis alba* puede haber ingresado a partir de hace alrededor de 3,000 años propiciada por dispersión, zoócora o atropócora local o una combinación de ellas. Si bien aún no se han encontrado evidencias arqueobotánicas que coincidan exactamente con esta datación, sí existen indicios de una fecha de introducción similar a la establecida hacia el norte de esta región (Aldazabal & Vázquez 2015) y a la de otras regiones cercanas al centro de origen de la especie (McRostie *et al.* 2017). Si bien *Tipuana tipu* es nativa de Argentina, en esta zona se ha introducido posteriormente. Charles J. Thays la introduce en la ciudad de Buenos Aires durante su gestión como Director de Parques y Paseos de Buenos Aires, desde 1891 hasta 1914 (Thays 2016).

Considerando dinámicas específicas y análisis genéticos, poblacionales, etcétera se podría estimar con mayor precisión la secuencia de apariciones en esta zona. Especies de otros continentes fueron introducidas a partir del inicio de la colonización europea. Según las estimaciones para el área anterior (A), incluida (B) en esta, para las especies consideradas podemos estimar las siguientes fechas de introducción: *Eucalyptus globulus* ($t \approx 166$), *Ligustrum lucidum* ($t = [123-173]$).

Área C. Municipios del centro de la provincia de Buenos Aires, ([Figura 2C](#)). Abarca un área que comprende: Lobos, Monte, General Paz, General las Heras, Navarro, Carlos Casares, 9 de Julio, Bolívar, 25 de Mayo, Roque Pérez, Saladillo, Las Flores, General Alvear, Tapalqué. Esta área poseería estimaciones de t similares a los de las anteriores. Como está relativamente cerca de la región de núcleos forestales y lo más probable es que la difusión de las especies sea desde ellos hasta esta área, el tiempo de permanencia en ella debería ser menor.

Las especies arbóreas estructurantes del bosque xerófito de esta área deben ser las más antiguas para esta zona debido a su cercanía con la primera y la antigüedad citada de presencia de estas en ella. Podemos establecer, por ende, para *Schinus longifolius* una edad similar pero menor a la del área anterior en alrededor de [4,000-5,000] años AP. El caso de *Phytolacca dioica* es problemático. Existen datos que evidencian su presencia a partir de la época colonial en esta área (Banzato 1999, Garavaglia 2012). Sin embargo, se desconoce con precisión su presencia en la zona antes de dicha época. Según los datos de Parodi (1940) vistos anteriormente *P. dioica* sería de presencia prehispánica en

Índices de Ancestralidad

la zona. Por lo pronto nos queda postular un intervalo hipotético de 400-1,000 años AP para t que abarque ambas aproximaciones mencionadas. Estudios específicos serían de gran ayuda para estos casos. Si bien *Tipuana tipu* está presente en la zona y es nativa para Argentina, aquí hay que considerar la posibilidad de introducciones más recientes, probablemente a partir de los dos siglos pasados, entonces $t \approx 80$ años AP. No se conocen registros de presencia de *Prosopis alba*. La zona más cercana con esta especie se encuentra al nordeste de la provincia de Buenos Aires. Para las especies de otros continentes se tomarán los datos de t correspondientes al área anterior, es decir *Eucalyptus globulus* ($t \approx 166$), *Ligustrum lucidum* ($t = [123-173]$).

Cálculo del IAE.- Finalmente con los datos de T y de D obtenidos tenemos el IAE para cada especie en cada área según la ecuación (3) tendremos los datos que se muestran en la [Tabla 2](#). Con base en estos resultados podemos establecer prioridades para tomar decisiones respecto a la incorporación de especies en cada una de las áreas consideradas. Las especies con mayor IAE poseen mayor prioridad de consideración. En la [Tabla 3](#) se pueden apreciar, además de la síntesis de los resultados establecidos a través de los Índices, una muestra de su compatibilidad y una forma de graficar la estratigrafía ecológica mencionada, como probables momentos (estratos) de sucesión las especies

Tabla 2. Resultados de D , T y IAE en las áreas A (Argentina), B (Áreas forestales del norte de la provincia de Buenos Aires y C (Municipios del centro de la provincia de Bs. As.) para seis especies vegetales en base a estimaciones de d (distancia al área de origen) y t (tiempo de permanencia).

	d (km)	D	t (años AP)	T	IAE
Área A					
<i>Prosopis alba</i>	0-500	1-0.975	+10,000	+0.816	+0.895
<i>Phytolacca dioica</i>	0-3,900	1-0.806	+10,000	+0.816	+0.811
<i>Schinus longifolius</i>	0-3,750	1-0.813	+10,000	+0.816	+0.864
<i>Tipuana tipu</i>	0-4,300	1-0.786	+10,000	+0.816	+0.015
<i>Eucalyptus globulus</i>	8,575-13,000	0.573-0.352	163	0.067	0.320-0.209
<i>Ligustrum lucidum</i>	15,900-19,600	0.208-0.024	140-120	0.058-0.050	0.133-0.037
Área B					
<i>Prosopis alba</i>	460-2,280	0.978-0.886	$\approx 3,000$	≈ 0.571	$\approx 0.774-0.728$
<i>Phytolacca dioica</i>	530-1,854	0.973-0.908	4,000-3,000	0.64-0.571	0.806-0.739
<i>Schinus longifolius</i>	0-1,580	1-0.921	5400	0.705	0.852-0.813
<i>Tipuana tipu</i>	850-2,500	0.958-0.875	?	?	?
<i>Eucalyptus globulus</i>	10,500-11,900	0.477-0.407	163	0.067	0.272-0.237
<i>Ligustrum lucidum</i>	17,500-19,900	0.128-0.009	170-120	0.070-0.050	0.099-0.029
Área C					
<i>Prosopis alba</i>	650-2,090	0.968-0.896	0	0	0.484-0.448
<i>Phytolacca dioica</i>	690-2,000	0.966-0.900	1,000-400	0.307-0.150	0.636-0.525
<i>Schinus longifolius</i>	80-1,550	0.996-0.923	5,000-4,000	0.689-0.64	0.842- 0.781
<i>Tipuana tipu</i>	1,000-2,250	0.950-0.888	80	0.034	0.492-0.461
<i>Eucalyptus globulus</i>	10,650-11,700	0.479-0.417	163	0,067	0.273-0.242
<i>Ligustrum lucidum</i>	17,800-19,900	0.113-0.009	170-120	0.070-0.050	0.091-0.029

en los territorios considerados. Los números menores representan los estratos más profundos (ancestralidad mayor) y los mayores los más superficiales (ancestralidad menor). Vemos también que la precisión de estos números varía según el área elegida; para Argentina, por ejemplo, todas las especies con un valor de 1 para el IAB y mayor de 0.5 para el IAE tienen el mismo grado de prioridad (1). En cambio, en las otras dos áreas, este grado se ve diferenciado en otros (1, 2, 3, 4) asignados a distintas especies, según el caso. Tablas de este tipo derivadas de los resultados de IAB e IAE, con diversas fechas de demarcación y aplicados a determinadas áreas estratégicas nos permitirán determinar dataciones tentativas para arribos de especies o movimientos sucesionales, así como la “Riqueza Ancestral” de un área.

No se han tenido en cuenta los requerimientos climáticos como factores de diagnóstico de una distribución pues se consideran implícitos de las mismas. Se recomienda igualmente, cuando se requiera establecer zonas de introducción, el uso de isohietas e isotermas o parámetros similares. Además, en la construcción de los índices no nos atañe la

Tabla 3. Orden de prioridades de las especies consideradas respecto a cada área elegida según prioridad de IAE. Desde 1 (mayor prioridad) a 6 (menor prioridad).

	A	B	C
<i>Prosopis alba</i>	1	3	4
<i>Phytolacca dioica</i>	1	2	2
<i>Schinus longifolius</i>	1	1	1
<i>Tipuana tipu</i>	1	4	3
<i>Eucalyptus globulus</i>	2	5	5
<i>Ligustrum lucidum</i>	3	6	6

causa o el motivo de los movimientos de ejemplares, con lo cual son independientes del concepto de ‘translocación de especies’ (Hodder & Bullock 1997).

Discusión

Se han obtenido en este trabajo dos tipos de índices: (1) un Índice Binario, derivado de la formalización y explicitación de un criterio de uso común; (2) un Índice Escalar construido a partir del establecimiento y la formalización de criterios basados en conceptos espacio-temporales. Estos índices son necesariamente complementarios y compatibles, es decir que pueden ser aplicados conjuntamente para la resolución un mismo problema.

Una de sus principales utilidades se puede apreciar, por ejemplo, en casos de manejo del territorio en donde se deban tomar decisiones que impliquen reordenamientos y disposiciones de ejemplares vegetales; sean con prioridades de índole conservacionista-proteccionista o de plantaciones del tipo integral-holístico. De todas formas, la aplicación de estos índices es mucho más amplia, pudiendo abarcar casi cualquier caso que implique disposición de especímenes, siendo uno de los criterios a considerar en cualquier tipo de intervención territorial humana. Como ejemplos adicionales de las diversas aplicaciones consideremos los siguientes casos: Para generar sistemas integrados que armonicen con la historia ecológica del paisaje del interior de la provincia de Buenos Aires vemos que de las especies de este trabajo, *Schinus longifolius* es la que posee mayor prioridad, tanto por cercanía a su AOH como por el tiempo establecida en el área. Esto es aplicable a especies análogas en los términos espacio-temporales propuestos y no mencionadas aquí. Seguirían en este sentido de prioridades especies como el *Phytolacca dioica* y *Prosopis alba*, las cuales podrían promoverse en mayor medida que especies como *Eucalyptus globulus* y *Li-*

gustrum lucidum. De esta manera, estableciendo el grado de protección en base al grado de ancestralidad, *Schinus longifolius* y especies análogas deberían ser más protegidas, o explotadas de una manera mucho más restringida, que especies como el *Eucalyptus globulus*. Para las primeras convendría priorizar usos que no impliquen la destrucción de la totalidad del organismo como, por ejemplo, PFNM (productos forestales no maderables) y restringir su explotación maderera.

Sobre el caso de *Ligustrum lucidum* como invasora en el territorio argentino podemos decir que posee un valor de IAE muy bajo. Por ende, sería una de las principales especies a tener en cuenta en cuanto a tratamiento ambiental restrictivo. Por otro lado, como factor adicional, posee una tasa reproductiva alta en las condiciones climáticas de ciertas zonas del país, lo que le confiere un alto grado de invasividad (Gavier-Pizarro *et al.* 2012, Zamora Nasca *et al.* 2014). Para regular esto se podrían establecer estrategias de manejo, aprovechamiento y explotación de dicha especie.

La necesidad de establecer ciertos criterios para la toma de decisiones de esa índole radica en que la introducción de especies nuevas a un ambiente distinto al de su origen puede ser riesgoso debido a su potencialidad para ocasionar desequilibrios ecosistémicos tales como desplazamientos y extinciones de poblaciones autóctonas y generación de plagas (Mooney & Cleland 2001, Andersen *et al.* 2004, Charles & Dukes 2008). El programa de trabajo del Convenio de Diversidad Biológica reconoce que las especies exóticas invasoras constituyen una de las mayores amenazas a la diversidad biológica y establece como prioridad buscar soluciones para este problema (Cecon 2014).

La generación de estos índices posee además la intención de fomentar investigaciones de diversa índole tanto inter como multidisciplinarias, en las cuales se aborden las problemáticas tratadas sobre las que se tenga escasa información disponible, tales como la búsqueda del área de origen. En este sentido, consideremos algunos casos problemáticos en los que nos puede ayudar este ordenamiento. Para *Phytolacca dioica* ¿Qué prioridad tendría ante las otras especies? ¿Desde cuándo está presente en el interior de la provincia de Buenos Aires? ¿Habría sido llevado por dispersión ornitócora desde hace miles de años o introducido por las poblaciones prehispánicas? El marco establecido por estos índices nos puede hacer plantear cuestiones como esas y generar estímulos para obtener datos empíricos al respecto.

Otra utilidad importante de estos índices se puede dar en el estudio de la sucesión en los ambientes de las áreas consideradas. Para esto, las tablas obtenidas darían una idea de la historia sucesional del sitio. Así obtendremos una especie de “estratigrafía ecológica” en donde se pueda apreciar la serie de apariciones de las diversas especies en un área.

Finalmente todo esto implicaría una forma de valoración y respeto a la identidad del sitio conduciéndonos a evitar la aplicación del concepto de Marc Augé de “no lugares” (Burgueño *et al.* 2015), y con esto la creación de sitios sin identidad. En fin, permitiéndonos abordar el problema de la identidad desde una perspectiva ambiental.

Material suplementario

El material suplementario puede ser consultado aquí <https://doi.org/10.17129/botsci.3266>.

Agradecimientos

Agradezco a M Farace por las charlas germinales y las sugerencias. AA Martínez por las fuentes suministradas. También deseo agradecer las sugerencias, apreciaciones y devoluciones de G Burgueño, JJ Morrone, F Zuloaga, P Demaio, P Arenas y las de los revisores de este trabajo.

Literatura citada

Aldazabal V, Vázquez F. 2015. El registro arqueobotánico del sitio Divisadero Monte 6 (partido de General Lavalle, Buenos Aires). *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos* 1: 83-90.

- Andersen MC, Adams H, Hope B, Powell M. 2004. Risk assessment for invasive species. *Risk Analysis: An International Journal* **24**: 787-793 <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00478.x>
- Argüelles LC, García ÁI, Orueta, JF, Zilleti B. 2006. *Especies Exóticas Invasoras. Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio De Medio Ambiente. Sociedad Anónima de Fotocomposición. ISBN: 84-8014-667-2
- Banzato G. 1999. Análisis y comentarios de fuentes para el estudio de la tierra en los partidos de Chascomús, Ranchos y Monte 1779-1850. *Trabajos y Comunicaciones* **25**: 151-178. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revis-tas/pr.2780/pr.2780.pdf (accessed October 21, 2022).
- Beale I, Ortiz EC. 2013. El Sector Forestal Argentino: eucaliptos. *Agrícola y Agroindustrial. Revista de Divulgación Técnica*. **53**: 1-10
- Burkart A. 1952. *Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas*. 2da ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Acme.
- Burkart RN, Bárbaro O, Sánchez RO, Gómez DA. 1999. *Eco-regiones de la Argentina*. Buenos Aires. Administración de Parques Nacionales y Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. 43 pp. <https://sib.gob.ar/> (accessed November 7, 2019).
- Burgueño G, Nardini C. 2009. *Introducción al Paisaje Natural. Diseño de espacios con plantas nativas rioplatenses*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. ISBN: 978-987-9260-65-4
- Burgueño G, Barrandeguy D, Perazzo-Olmos A. 2015. *Paisaje en una botella. Mensaje en una maceta*. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur. ISBN: 978-950-5046-29-4
- Cabrera AL. 1971. Fitogeografía de América Latina. *Boletín de la sociedad Argentina de Botánica*. **14**: 1-50
- Cabrera AL, Willink A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía N°13. Serie biológica, OEA, Washington D.C. <https://campus.mec.gob.ar/> (accessed March 30, 2019).
- Cabrera AL, Zardini EM. 1993. *Flora de los alrededores de Buenos Aires*. Buenos Aires: Editorial ACME S.A.C.I.
- Capparelli A, Prates L. 2015. Explotación de frutos de algarrobo (*Prosopis* spp.) por grupos cazadores recolectores del noreste de Patagonia. *Chungará (Arica)* **47**: 549-563. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-73562015005000030>
- Cárdenas M. 1989. *Manual de Plantas Económicas de Bolivia*. La Paz -Cochabamba. Bolivia: Editorial los Amigos del Libro. Werner Guttentag. ISBN: 978-84-8370-155-3
- Castro SA, Guerrero-Leiva N, Figueroa JA. 2018. Distribución espacial de la riqueza de la flora nativa y exótica en Santiago de Chile. *Caderno de Pesquisa*. **30**: 41-54. <https://shre.ink/IF4O> (accessed April 5, 2023).
- CEQ [Council on Environmental Quality]. 1999. Executive Order 13112. Presidential Documents Executive Order 13112 of February 3, 1999 Invasive Species. Section 1 Definitions. <https://www.invasivespeciesinfo.gov/executive-order-13112> (accessed October 23, 2018).
- Ceccon E. 2014. *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-849-0520-28-4
- Charles H, Dukes JS. 2008. Impacts of invasive species on ecosystem services. In: Nentwig, W. eds: *Biological invasions, Ecological Studies* **193**: 217-237. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-36920-2_13
- Demaió P, Karlin UO, Medina M. 2002. *Árboles Nativos del Centro de Argentina*. Buenos Aires: Editorial L.O.L.A. ISBN: 978-950-9725-51-5
- Frodin DG. 2001. *Guide to standard floras of the world: an annotated, geographically arranged systematic bibliography of the principal floras, enumerations, checklists and chorological atlases of different areas*. United Kingdom: Cambridge University Press. ISBN: 978-113-942-865-1
- García López Y. 2014. *Geografía: una visión de tu espacio*. Cd. México: Grupo Editorial Patria Renacimiento, San Juan Tliluaca, eISBN: 978-607-744-036-9
- Garavaglia JC. 2012. La pampa como ecosistema, siglos XVI-XIX. In: Gabriel K, Otero H, Palacio JM, Ternavasio M, Barreneche O, Fradkin R eds. *Historia de la Provincia de Buenos Aires*, Vol. 1. Buenos Aires: UNIPE, Editorial Universitaria. pp. 79-112. ISBN: 978-987-628-162-1

- Gavier-Pizarro GI, Kuemmerle T, Hoyos LE, Stewart SI, Huebner CD, Keuler NS, Radeloff VC. 2012. "Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina." *Remote Sensing of Environment* **122**: 134-145.
- González MI, Frère MM. 2009. Talaes y paisaje fluvial bonaerense: arqueología del río Salado. *Intersecciones en Antropología* **10**: 249-265.
- Haene E. 2006. Caracterización y conservación de talar bonaerense. In: Mérida E y Athor J. Ed. *Talaes bonaerenses y su conservación*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Universidad Maimónides. pp. 46-70. ISBN: 978-987-2212-15-5
- Hodder KH, Bullock JM. 1997. Translocations of native species in the UK: implications for biodiversity. *Journal of Applied Ecology* **34**: 547-565. DOI: <https://doi.org/10.2307/2404906>
- Iriarte J, Elliott S, Maezumi SY, Alves D, Gonda R, Robinson M, De Souza JG, Watling, Handley J. 2020. The origins of Amazonian landscapes: Plant cultivation, domestication and the spread of food production in tropical South America. *Quaternary Science Reviews* **248**: 1-78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106582>
- León J. 2000. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José, CR: IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. ISBN: 92-9039-395 5
- López Martínez N. 2003. La búsqueda del centro de origen en Biogeografía Histórica. *Graellsia* **59**: 503-522.
- Marzocca A. 1997. *Vademécum de malezas medicinales de la Argentina*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. ISBN: 987-987-9260-00-5
- McRostie VB, Gayo EM, Santoro CM, De Pol-Holz R, Latorre C. 2017. The pre-Columbian introduction and dispersal of Algarrobo (*Prosopis*, Section Algarobia) in the Atacama Desert of northern Chile. *PlosOne* **12**: e0181759. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181759>
- Morrone JJ. 2002. El espectro del dispersalismo: De los centros de origen a las áreas ancestrales. *Revista Sociedad Entomológica Argentina* **61**: 1-14.
- Mooney HA, Cleland EE. 2001. The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **98**: 5446-5451 DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.091093398>
- Patiño VM. 2002. *Historia y dispersión de los frutales nativos del Neotrópico*. Cali, Colombia: CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. ISBN: 958-694-037-3
- Parodi L. 1940. La distribución geográfica de los talaes en la Provincia de Buenos Aires. *Darwiniana* **4**: 33-56
- Pirondo A, Keller H. 2014. El «ombú» (*Phytolacca dioica*: Phytolaccaceae) en la Vida del hombre de Iberá (Corrientes, Argentina). Estudio de caso sobre su interrelación. *Etnobiología* **12**: 68-75.
- Pochettino M, Doumecq MB, Satampella P, García Lerena M, Paleo M. 2016. *La construcción del paisaje litoral platense. 2, Las estancias y sus árboles*. La Plata, Argentina: Talleres Gráficos Servicop. ISBN: 978-987-595-308-6
- Rodríguez R, Marticorena C, Alarcón D, Baeza C, Cavieres L, Finot VL, Fuentes N, Kiessling A, Mihoc M, Pauchard A, Ruiz E. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana. Botánica* **75**: 1-430.
- Rojas Peña I. 2013. *Astronomía Elemental Volumen I: Astronomía Básica*. Valparaíso, Chile: USM ediciones. Editorial USM. ISBN: 978-956-332-53-55
- Sibley EC. 1959. Los eucaliptos en Argentina. *Unasyuva* **13**: 119-123.
- Thays C. 2016. *Árboles. Mitos, leyendas, poemas, historia, relatos y síntesis botánica*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Letemedia. ISBN: 978-987-1316-66-3
- Ulibarri EA, Sosa EG, Cialdella AM, Fortunato R, Bazzano D. 2002. *Leguminosas nativas y exóticas*. In: Hurrell JA, Lahitte HB. eds. *Biota Rioplatense VII*. Buenos Aires, Argentina: Literature of LatinAmerica. L.O.L.A ISBN: 978-950-9725-52-2
- Villanova I, Prieto A, Strunz S. 2006. Historia de la vegetación en relación con la evolución geomorfológica de las llanuras costeras del este de la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. *Ameghiniana* **43**: 147-159.
- Young-Chun W. 1921. *Chinese economic trees*. Nanking: College of agriculture and forestry. University of Nanking, Commercial press LTS, ISBN: 978-024-327-446-8

Zamora Nasca L, Montti L, Grau R, Paolini L. 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste Argentino. *Bosque (Valdivia)* **35**: 195-205.

Zuloaga FO, Morrone O, Belgrano MJ. 2008. *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Buenos Aires: Missouri Botanical Garden, Press-Institute of Buenos Aires, Darwinion. ISBN: 193-072-37-09

Editor de sección: Teresa Terrazas

Author contributions: Primer autor Escritura, análisis y desarrollo de todo el manuscrito.