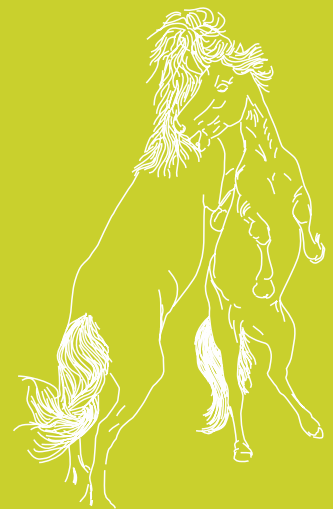


# Recursos Rurais

revista do IBADER



número 20 · novembro 2024  
ISSN 1885-5547 - e-ISSN 2255-5994

2024

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

# Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

## Redacción e Administración

IBADER (Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural) - Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. E-27002 Lugo - Galicia (Spain). Teléfono 982 824 500

## Equipa Editorial:

O equipo editorial de Recursos Rurais, está conformado por un Comité Editorial y un Comité Científico Asesor.

## Comité Editorial:

### Dirección

Dr. Pablo Ramil Rego  
Inst. Biodiversidade  
Agraria e Desenvolvemento Rural  
Universidade de Santiago de Compostela

### Subdirección

Dra. Elvira López Mosquera  
Inst. Biodiversidade  
Agraria e Desenvolvemento Rural  
Universidade de Santiago de Compostela

### Secretaría

Dr. Antonio Iglesias Becerra  
Inst. Biodiversidade  
Agraria e Desenvolvemento Rural  
Universidade de Santiago de Compostela

### Membros

Dra. María Jesús Aira Rodríguez (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dra. Isabel Blanco Penedo (Univ. de Lleida) - Dr. Christian Buson (Institut de l'Environnement Liffre, France) - Dra. Dalila Espirito Santo (Instituto Superior de Agronomía, Univ. Técnica de Lisboa, Portugal) - Dra. María Luisa Fernández Marcos (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Carlos Fernández Rodríguez (Univ. de León, Spain) - Dr. Luis Gómez-Orellana (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dra. Helena Granja (Univ. do Minho, Portugal) - Dra. María Jesús Iglesias Briones (Univ. de Vigo, Spain) - Dra. María José Iriarte Chiapusso (Univ. del País Vasco, Spain) - Dr. Knut Kryzywinski (Univ. of Bergen, Noruega) - Dr. David Miranda Barrós (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Castor Muñoz Sobrino (Univ. de Vigo, Spain) - Dr. Juan Ramón Piñeiro Chousa (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Antonio Rigueiro Rodríguez (Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dra. Patricia M. Rodríguez-González (Univ. de Lisboa, Portugal)

## Comité Científico Asesor:

Dra. Marta Elena Alonso de la Varga (Dpto. de Producción Animal Universidad de León) - Dra. Maruxa Álvarez Jiménez (Dpto. de Ecoloxía e Bioloxía Animal, Univ. de Vigo) - Dr. Jesús Cantalapiedra Álvarez (Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia, Spain) - Dr. Emilio Chuvieco Salinero (Dpto. de Geografía, Univ. de Alcalá de Henares, Spain) - Dra. Elvira Díaz Vizcaíno (Depto. de Botánica, Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Eduardo Luis Farina (Facultad de Agronomía, UNICEN, Argentina) - Dr. Erwan Glemarec (Laboratoire Géoarchitecture, Univ. de Bretagne Occidentale, France) - Dra. Ángeles López Cabarcos (Dpto. de Organización de Empresas e Comercialización, Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Manuel Madeira (Instituto Superior de Agronomía, Univ. Técnica de Lisboa, Portugal) - Dra. Paz Ondina Navarret (Dpto. de Zooloxía, Xenética e Antropoloxía Física, Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dr. Joaquim Orlando Lima Cerqueira (Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal) - Dra. Rita Payan Carreira (Dpto. de Medicina Veterinária, Univ. de Évora, Portugal) - Dr. José Pedro Pinto de Araújo (Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal) - Dr. Diego Rivera Núñez (Dpto. de Botánica, Univ. de Murcia, Spain) - Dra. Ángeles Romero Rodríguez (Dpto. de Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía, Univ. de Santiago de Compostela, Spain) - Dra. Elvira Sahuquillo Valbuena (Dpto. de Bioloxía, Univ. de A Coruña, Spain) - Dr. Joao Tereso (CIBIO, Centro de Investigación em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Univ. do Porto, Portugal) - Dr. Márcio Vargas Ramella (Dpto. de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas Ceres, Univ. do Estado de Santa Catarina, Brasil)

## Copyright

O envío dun manuscrito implica: que o traballo non foi publicado con anterioridade, excepto como resumo ou como parte dun libro, revista ou tese doutoral; que non se está considerando a súa publicación noutro medio; que todos os autores e se for preciso as autoridades do centro onde desenvolven o seu traballo, aceptan a súa publicación. Cando o manuscrito sexa aceptado para a súa publicación, os autores aceptan ceder automaticamente todos os dereitos de explotación do seu artigo á Recursos Rurais - Universidade de Santiago de Compostela, que, coas condicións e limitacións dispostas pola lexislación en materia de propiedade intelectual, é a titular do copyright.

Salvo indicación contraria, todos os contidos distribúense baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

**Recursos Rurais** non se responsabiliza da opinión nin dos contidos dos artigos.

## Suscripción e Intercambios

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. Universidade de Santiago de Compostela, Campus Vida, E-15782 Santiago de Compostela. Tel 981 593 500

## Envío de manuscritos

<https://revistas.usc.gal/index.php/rr>  
info@ibader.gal  
recursos.rurais@ibader.gal

## Edición Electrónica

Unha edición electrónica desta revista está disponíbel en <http://www.ibader.gal> e en <http://www.usc.es/revistas/index.php/rr>

## Sumario electrónico

<http://www.usc.es/spubl/revistas.htm>

## Edita

Servizo de Publicacións  
Universidade de Santiago de Compostela

## Deseño da cuberta e Maquetación

L. Gómez-Orellana

## Fotografía da cuberta

*Arnica montana*. Tremeol de Pena Veira, Serra do Xistral, Abadín, Lugo

Depósito Legal C-3.048-2005

ISSN 1885-5547

e-ISSN 2255-5994

© IBADER - USC



# Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

número 20 novembro 2024 e-ISSN 2255-5994

2024

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

# Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)

## Temática e alcance

O Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER) é un instituto mixto universitario, situado na cidade de Lugo e conformado pola Universidade de Santiago de Compostela, as Consellerías da Xunta de Galicia con competencias en Medio Ambiente e Medio Rural e a Deputación de Lugo.

Unha das actividades do IBADER é a publicación e difusión de información científica e técnica sobre o medio rural desde unha perspectiva pluridisciplinar. Con este obxectivo publícase a revista Recursos Rurais orientada a fortalecer as sinerxías entre colectivos vinculados ao I+D+I no ámbito da conservación e xestión da Biodiversidade e do Medio Ambiente nos espazos rurais e nas áreas protexidas, os Sistemas de Producción Agrícola, Gandeira, Forestal e a Planificación do Territorio, tendentes a propiciar o Desenvolvemento Sostible dos recursos naturais.

A Revista Recursos Rurais aceptará para a súa revisión artigos, revisións e notas vinculados á investigación e desenvolvemento tecnolóxico no ámbito da conservación e xestión da biodiversidade e do medio ambiente, dos sistemas de produción agrícola, gandeira, forestal e referidos á planificación do territorio, tendentes a propiciar o desenvolvemento sostíbel dos recursos naturais do espazo rural.

## Política de revisión

Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. Os traballos presentados a Recursos Rurais serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos anónimos designados polo Comité Editorial, que poderá considerar tamén a elección de revisores suxeridos polo propio autor. Nos casos de discrepancia recorrerase á intervención dun terceiro avaliador. Finalmente corresponderá ao Comité Editorial a decisión sobre a aceptación do traballo. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial -unha vez informado o autor- o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores

A revista Recursos Rurais atópase incluída na publicación dixital Unerevistas da UNE (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) e na actualidade inclúese nas seguintes bases de datos especializadas: CIRBIC, Dialnet, ICYT (CSISC), Latindex, Rebiun, REDIB, ResearchGate, BNE e AGRIS.

IBADER  
Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural  
Universidade de Santiago de Compostela  
Campus Universitario s/n  
E 27002 Lugo, Galicia (España)

Tfno 982 824500  
Fax 982 824501

<http://www.ibader.gal>  
[info@ibader.gal](mailto:info@ibader.gal) - [recursos.rurais@ibader.gal](mailto:recursos.rurais@ibader.gal)

**Recursos Rurais**  
**número 20 · outubro 2024**

Sumario/Summary

Artigos orixinais:

Cazás Fraga, N.:

**Análise da flora vascular da Senda da Pedra Santa (Tui, NO Ibérico) ao seu paso polos ríos Louro e Lagartón 5**

*Analysis of the vascular flora of Senda da Pedra Santa (Tui, Iberian Peninsula NW) along rivers Louro and Lagartón*

Díaz-Fierros Viqueira, F.:

**Os “límites planetarios” en Galicia. Cambios de usos na terra, consumos de auga, nitróxeno e fósforo 21**

*The planetary boundaries from Galicia. Land system change, freshwater use, nitrogen and phosphorus*

Rangel, R. · López, J. · Salcedo, P. · Valencia Alvia, R. · Gregorio Camacho, J. · Camacho Salcedo, B.G. · Méndez Ramírez, O.P. · Dugarte Sulbaran, I.V.:

**Evaluación del método de refinamiento en un sector del bosque nublado montano, San Eusebio, Mérida–Venezuela 29**

*Evaluation of the refinement method in a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida–Venezuela*

Andrades-Grassi, J.E. · Rangel Vasquez, R.E. · Gámez, L.E. · Cuesta Herrera, L. · Gómez Mejías, A.E. · Torres Mantilla, H.A. · López, J.I.:

**Patrones de distribución de árboles en la Reserva Forestal El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela 55**

*Distribution patterns of trees in Forest Reserve El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela*

Gómez-Orellana, L. · Ramil-Rego, P. · Martíns, M. · Meireles, J. · Ferreiro da Costa, J. · Rodríguez Guitián, M.A.:

**Recent dynamics of vegetation and landscape in the Minho region (Portugal) in relation to human occupation of the territory 49**

Nerea Cazás Fraga 

# Análise da flora vascular da Senda da Pedra Santa (Tui, NO Ibérico) ao seu paso polos ríos Louro e Lagartón

Recibido: 27 novembro 2023 / Aceptado: 28 junio 2024  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

**Resumo** Para valorar o estado de conservación da Senda da Pedra Santa (Tui) -coincidente en case toda a súa extensión coa ZEC das Gándaras de Budiño-, preséntase un catálogo da flora vascular que inclúe 243 especies (terrestres e helófitas) de 177 xéneros e 71 familias. Xunto con isto, elabóranse unha serie de mapas dos usos do solo e os impactos potenciais na zona e realízase a análise dos datos onde se calcula a riqueza específica como medida da diversidade alfa e o coeficiente de similitude de Jaccard para os transectos da Senda. O tramo da ZEC preto de zonas de policultivos de autosustentación e vide é o que conta con máis diversidade mentres que o que se atopa baixo a ZEC, sen aparentes impactos, é o que conta con máis especies especialistas típicas de bosques de ribeira, o ecosistema orixinal. Constátase o beneficio da figura de protección na conservación da biodiversidade da zona. Tamén se evidencian diferencias no estado ecolóxico das partes da senda, existindo unha presión negativa dos cultivos no tramo máis próximo a estes (efecto de borde). Ademais, os resultados suxiren que tanto o paso da estrada PO-342 como os cultivos constitúen vía de entrada de especies exóticas invasoras.

**Palabras chave** Inventario florístico, flora, Sistemas de Información Xeográfica, ZEC, estado de conservación.

**Analysis of the vascular flora of Senda da Pedra Santa (Tui, Iberian Peninsula NW) along rivers Louro and Lagartón**

**Abstract** Most of the *Senda da Pedra Santa* (Tui) route corresponds with the *Gándaras de Budiño's* SAC. In order to evaluate its current conservation status it is presented a catalogue of its vascular flora that includes 246 species of vascular plants (terrestrial and helophytes), of 179 genera and 72 families. To complete this evaluation, there were made maps showing land uses and potential impacts. To get closer to the current conservation status of the route, data analysis is performed including specific richness as a measure of alpha diversity and Jaccard's similarity coefficient for the transects of the path. The stretch under the SAC near areas of self-sustaining polycultures and vineyards is the one with the greatest diversity, while the stretch under the SAC without apparent impacts has a greater number of specialist species of the original flood forest. The benefit of the protection status in the conservation of the area's biodiversity is noted. Differences in diversity were found between different parts of the path, proving a negative pressure of the crops (edge effect). Results also suggest that the highway (PO-342) and the crops may be a route of entry of invasive alien species.

**Key words** Floristic inventory, flora, Geographic Information System, SAC, conservation status.

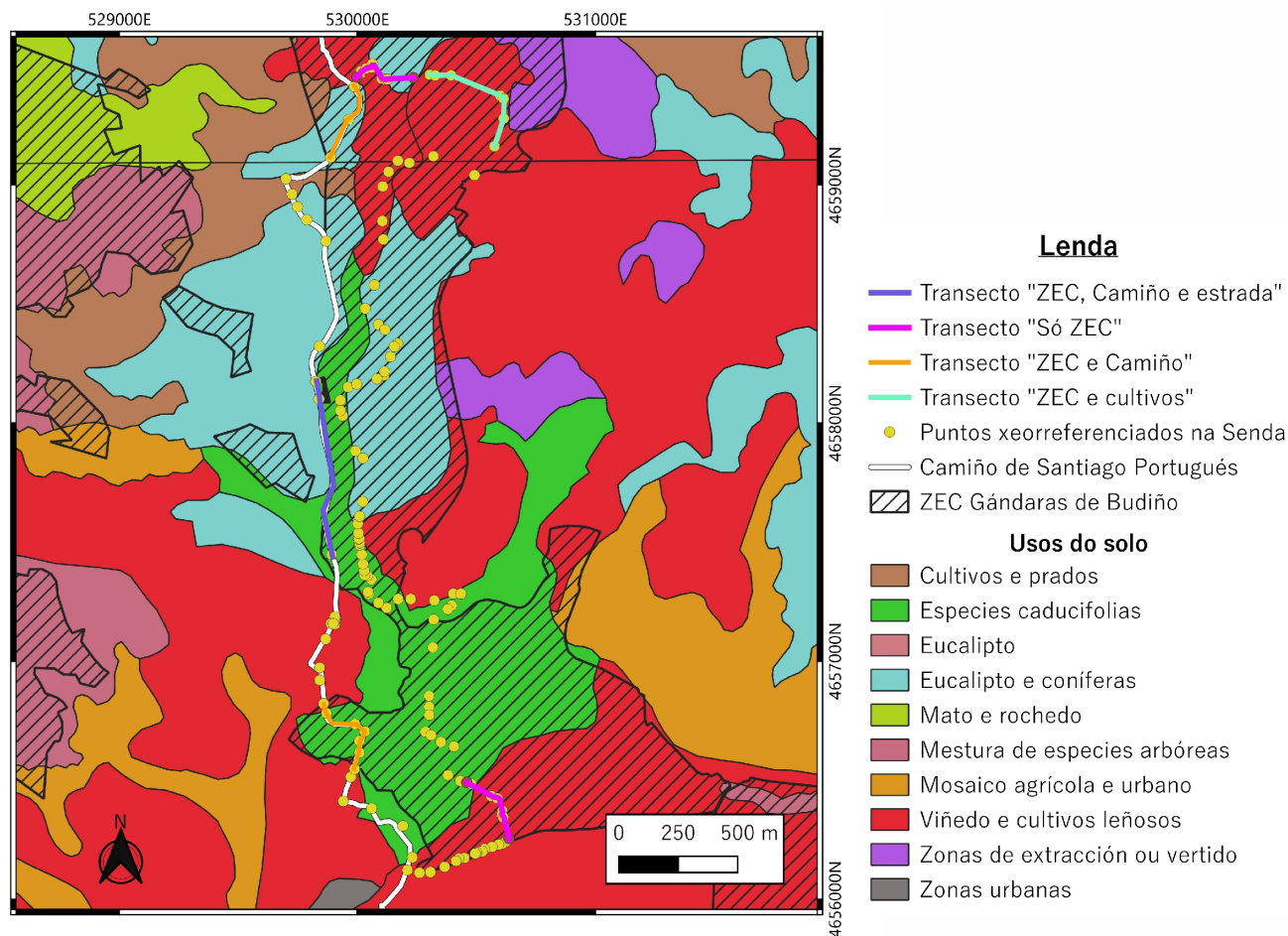
Nerea Cazás Fraga  
Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencias do Solo  
Facultade de Ciencias  
Universidade de Vigo, Campus de Marcosende s/n  
36310, Vigo, España  
Email: nereacazas@gmail.com  
Tel: +34 655 840 407

## Introdución

A Senda da Pedra Santa, cunha lonxitude total de 10 km, atópase no concello de Tui ao suroeste de Galicia, na provincia de Pontevedra. Esta ten especial interese desde o punto de vista ambiental e cultural xa que coincide, en case toda a súa extensión, coa Zona Especial de Conservación (ZEC) das Gándaras de Budiño (ES1140011) (Dec. nº 2004/813/UE, da Comisión das Comunidades Europeas, do 7 de decembro de 2004) e ademais discorre á par que o tramo do Camiño de Santiago Portugués que enlaza Tui con Porriño e Mos (Figura 1) (CMATV, 2021).

<https://doi.org/10.15304/rr.id10046>





**Figure 1.-** Mapa onde se representan os usos e coberturas do solo segundo o amosado na lenda. Sobre a cartografía base móstranse os puntos recollidos ao longo da senda así como os tramos fixados para o estudo segundo as cores especificadas na lenda. Baixo a zona raiada atópase a ZEC das Gándaras de Budiño e cunha liña branca represéntase o tramo do Camiño de Santiago Portugués coincidente coa Senda da Pedra Santa

**Figure 1.-** Map that represents land cover and land use according to map legend. Basic cartography shows the GPS points taken along the path, as well as the sections for the study as indicated by the colors in the map legend. The barred area shows the Gándaras de Budiño's SAC and the white line indicates the Camino de Santiago Portugués's section coinciding with the Senda da Pedra Santa

Esta senda representa un vieiro circular fechado, co seu principal acceso na ponte romano- medieval que salva o río Louro (tamén coñecida como Ponte da Veiga, Ponte das Barcas ou Ponte do Louro), á vez que serve de límite coas parroquias de Rebordáns (S. Bartolomé) e Guillarei (S. Mamede) (PXOM de Tui, 2011). Con todo, a senda atravesa outros lugares emblemáticos como é a ponte de San Telmo sobre o río San Simón, chamada Ponte das Febres (Ávila & La Cueva, 1852) e a capela da Virxe do Camiño, do século XVIII (Vila, 2003).

O primeiro obxectivo deste traballo consistiu na prospección florística da senda para así recoñecer a súa riqueza taxonómica. Acompañando a esta exploración, xeorreferenciáronse aqueles puntos de maior interese atendendo a criterios establecidos. Ademais, sabendo das vantaxes dos usos dos Sistemas de Información Xeográfica (SIX) na avaliación da eficacia das figuras de protección en

traballos de conservación (Wilson, 1992), faise uso desta tecnoloxía e tamén da fotointerpretación para completar e axudar a discutir os resultados obtidos no traballo de campo.

Cando se combina a diversidade florística e os seus atributos (forma de crecemento, fidelidade a unha determinada asociación vexetal, etc.) con factores como o clima e o substrato, xéranse patróns complexos a gran escala coñecidos como formacións vexetais ou biomas (Krebs, 1978; Gurevitch *et al.*, 2002). Cuestións acerca da distribución e do estado de conservación das especies e dos ecosistemas non se terían evidenciado sen este tipo de inventarios (Beck, 2001).

A flora vascular constitúe unha parte esencial da diversidade ecolóxica e ten un papel estrutural esencial no ecosistema (Fagúndez, 2011). Por desgraza, aínda que

ninguén pon en dúbida o valioso de cuantificar o número e diversidade de especies nun lugar, publicar a día de hoxe un catálogo é considerado nalgúns ámbitos ou por supostos especialistas como algo que diminúe a calidade académica; razón pola que o coñecemento básico (a taxonomía) considerase en crise. Ademais, o carácter local da investigación tampouco da elementos para ser considerado de impacto internacional e ser avaliado cos estándares dominantes na actualidade, aínda que a súa información eventualmente sexa incorporada aos grandes e complexos bancos de información consultados en todo o mundo (Villaseñor, 2015).

As Gándaras de Budiño constitúen unha chaira na parte máis baixa da cunca do Louro, cunha altitude media de 30 m, xa preto do seu contacto co Miño. A zona aparece maioritariamente recuberta por vexetación de breixos e breixeiras húmidas sobre substrato arxiloso, formación que recibe no país o nome de “gándara” (Silva-Pando *et al.*, 1987).

Desde o punto de vista xeolóxico, as Gándaras de Budiño aparecen situadas nunha das principais fallas ou depresións meridianas que recorren Galicia en dirección N-S. Destas condicións tectónicas orixinouse o batolito de Porriño á vez que se formou o val do Louro e se foron depositando arxilas e lignitos (Pérez-Bilbao, 2006). A presenza de horizontes de gravas indica que as augas do río Miño chegaron a invadir esta zona e como típico de ambientes lacustres aparecen costras de ferro formadas pola precipitación de nódulos de limonita (Silva-Pando *et al.*, 1987).

O macroclima da zona pode clasificarse como temperado submediterráneo e semihiperocéánico, termotipo termotemperado inferior e ombrotipo húmido inferior (Rodríguez-Gutián & Ramil-Rego, 2007).

Sumando o total da información obtida mediante as distintas técnicas, preténdese discutir se existe relación entre a diversidade cuantificada e o manexo forestal e agronómico, a reforestación, o paso de autovías e estradas e o posible impacto ambiental exercido polo turismo no tramo do Camiño Portugués coincidente coa senda. Trátase polo

tanto de valorar o estado de conservación do conxunto das partes que forman a senda.

## Material e métodos

A metodoloxía para o análise da flora vascular da Senda foi a usual nos traballos de florística e consistiu fundamentalmente na realización de numerosas prospeccións da zona. Nesas visitas puidéronse identificar *in situ* a maioría das especies mediante a observación dos seus caracteres macromorfolóxicos vexetativos e florais. Para aqueles taxóns máis problemáticos ou con variables fenotípicas confusas, recolectáronse exemplares que foron analizados *ex situ* facendo uso dunha lupa estereoscópica.

As sesións de campo organizáronse en transectos de 1,5 km ao longo dos 10 km de Senda, e tendo como referencia un cinto de vexetación de anchura uniforme de 10 m (aproximadamente 5 m a cada lado do percorrido marcado polo propio transcurso da senda) (Mostacedo & Fredericksen, 2000; Samo *et al.*, 2008). A lonxitude dos transectos determinouse atendendo aos aparentes cambios de vexetación ao longo da senda e, principalmente, aos criterios establecidos na Táboa 1.

De cada transecto elaborouse un listado das especies de plantas vasculares terrestres e acuáticas emerxidas (helófitos) e de cada unha delas anotouse a súa orixe (exótica, autóctona e endémica), a súa preferencia ambiental e o seu carácter (naturalizada, espontánea, cultivada, invasora, etc.) (Táboa 2). Ademais indicouse o seu tipo básico de forma vital segundo o sistema proposto por Raunkiaer (1934) e modificado por Inocencio e colaboradores (1998) (terófito, hidrófilo, xeófito, hemicriptófito, caméfito, liana, epífito e fanerófito).

### Preparación do material cartográfico e satelital

No catálogo, incluíronse tamén as coordenadas exactas obtidas cun GPS (Garmin eTrex ®) dalgunhas especies de interese, masas de vexetación e principais áreas de desenvolvemento de invasoras.

Nome da zona/tramo	Criterio
<b>ZEC</b>	Zona teoricamente protexida de impactos
<b>ZEC + Cultivos</b>	Probable impacto negativo da agricultura: augas non depuradas e xurros, pesticidas, fertilizantes, erosión do solo, introdución de especies exóticas con potencial invasor, etc.
<b>ZEC + Camiño</b>	Posible impacto negativo do Camiño de Santiago Portugués: introdución de especies exóticas con potencial invasor.
<b>ZEC + Estrada PO-342 + Camiño</b>	Hipotético negativo da estrada PO -342: contaminación de aire e auga, refugallo ás beiras do camiño, derrames de contaminantes na superficie, introdución de especies exóticas con potencial invasor, etc.
<b>Non ZEC</b>	Ausencia de figuras de protección, e por tanto sen amortecido teórico de impactos.

**Táboa 1.-** Zonas e tramos homoxéneos (esquerda) fixados para a análise estatística atendendo aos distintos criterios (dereita)

**Table 1.-** Homogeneous areas and sections (left) set for statistical analysis according to their criteria (right)



FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Apocynaceae	<i>Vinca</i>	<i>Vinca difformis</i> Pourr.	Ch	Exótica	Indiferente	Naturalizada
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>	<i>Ilex aquifolium</i> L.	P	Autóctona	Umbrófila	
Araceae	<i>Arisarum</i>	<i>Arisarum vulgare</i> Targ. Tozz.	G	Autóctona	Indiferente	
Araceae	<i>Arum</i>	<i>Arum italicum</i> Miller	G	Autóctona	Indiferente	Naturalizada
Araliaceae	<i>Hedera</i>	<i>Hedera hibernica</i> (G. Kirchn.) Bean	P	Autóctona	Indiferente	
Aspidiaceae	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris affinis</i> (Lowe) Fraser-Jenkis	H	Autóctona	Nemoral	
Aspidiaceae	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	H	Autóctona	Nemoral	
Aspidiaceae	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	H	Autóctona	Nemoral	
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>Asplenium billoti</i> F.W.Schultz	Ch	Autóctona	Nemoral	
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>Asplenium ceterach</i> L.	H	Autóctona	Nemoral	
Athyriaceae	<i>Athyrium</i>	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	G	Autóctona	Nemoral	
Athyriaceae	<i>Cystopteris</i>	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh	G	Autóctona	Higrófila, de rochas umbrías	
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>Alnus glutinosa</i> Vit, Douda & Mándak.	P	Autóctona	Higrófila e nemoral	
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	<i>Blechnum spicant</i> (L.) Roth	H	Autóctona	Nemoral	
EBoraginaceae	<i>Echium</i>	<i>Echium plantagineum</i> L.	H. T.	Autóctona	Nitrófila	
Boraginaceae	<i>Lithodora</i>	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb.	Ch	Autóctona	De rochas calizas	
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	<i>Myosotis discolor</i> Pers.	T	Autóctona	Acidófila	
Boraginaceae	<i>Myosotis</i>	<i>Myosotis stolonifera</i> (DC.) Gay ex Leresche & Levier	Ch	Autóctona	Nemoral, acidófila	
Boraginaceae	<i>Pentaglottis</i>	<i>Pentaglottis sempervirens</i> (L.) Tausch ex L.H. Bailey	H	Autóctona	Herbazais húmidos	
Brassicaceae	<i>Brassica</i>	<i>Brassica napus</i> L.	H. T.		Nitrófila	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Capsella</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	H. T.	Autóctona	Nitrófila	
Brassicaceae	<i>Cardamine</i>	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	H. T.	Autóctona	Acidófila	
Brassicaceae	<i>Cardamine</i>	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Ch	Autóctona	Ruderal	
Brassicaceae	<i>Cardamine</i>	<i>Cardamine pratensis</i> L.	Ch. T.	Autóctona	Herbazais húmidos	
Brassicaceae	<i>Matthiola</i>	<i>Matthiola incana</i> (L.) R. Br. subsp incana	Ch	Exótica	De rochas ou ruderal	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Raphanus</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Brassicaceae	<i>Sisymbrium</i>	<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.	T	Autóctona	Ruderal e nitrófila	
Callitricheaceae	<i>Callitriche</i>	<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.	Hyd. T.	Autóctona	Acuática ou higrófila	
Campanulaceae	<i>Campanula</i>	<i>Campanula lusitanica</i> L.	T	Autóctona	De rochas	
Campanulaceae	<i>Jasione</i>	<i>Jasione montana</i> L.	H. T.	Autóctona	Solo areoso, acidófila	
Cannabaceae	<i>Humulus</i>	<i>Humulus lupulus</i> L.	L	Autóctona	Nemoral, subnitrófila	Espóntanea, cultivada
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i>	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	L	Exótica	Lixeiramente riparia	Invasora
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i>	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	L	Autóctona	Matogueiras	
Cariophyllaceae	<i>Arenaria</i>	<i>Arenaria montana</i> L.	H	Autóctona	Acidófila	
Cariophyllaceae	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium glomeratum</i> Thurill.	T	Autóctona	Nitrófila	
Cariophyllaceae	<i>Polycarpon</i>	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	T	Autóctona	Ruderal	Naturalizada

**Táboa 2.-** Catálogo das especies da Senda acompañadas do seu tipo biolóxico básico (T.Bio.): (Ch: caméfito, P: fanerófito, G: xeófito, H: hemicriptófito, T: terófito, Hyd.: hidrófilo, L: liana e E: epifito), orixe, preferencia ambiental (P. Ambiental) e carácter (Nat.: naturalizada, Cult.: cultivada e Inv.: invasora)

**Table 2.-** Catalogue of the species of the path accompanied by their basic life form (T.Bio): (Ch: chamaephyte, P: phanerophyte, G: geophyte, H: hemicyptophyte, T: therophyte, Hyd.: hydrophyte, L: liana and E: epiphytes), origin, environmental preference (P. Ambiental) and character (Nat.: naturalised, Cult.: cultivated and Inv.: invasive)

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Caryophyllaceae	<i>Sambucus</i>	<i>Sambucus nigra</i> L.	P	Autóctona	De matogueiras e nemoral, lixeiramente umbrófila	
Caryophyllaceae	<i>Silene</i>	<i>Silene latifolia</i> Poir.	H	Autóctona	Nitrófila	
Caryophyllaceae	<i>Stellaria</i>	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	T	Autóctona	Nitrófila, ruderal	
Cirsium	<i>Compositae</i>	<i>Cirsium filipendulum</i> Lange.	H	Autóctona	Matogueiras, acidófila	
Cistaceae	<i>Cistus</i>	<i>Cistus psilosepalus</i> Sweet	P	Autóctona	Solo areoso, matogueiras, acidófila	
Cistaceae	<i>Helianthemum</i>	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.	Ch	Autóctona	Pastizais e matogueiras claros	
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell	L	Exótica	Indiferente aínda que lixeiramente umbrófila	Invasora
Compositae	<i>Erigeron</i>	<i>Erigeron floribundus</i> (Kunth.) Sch. Bip	T	Exótica	Ruderal	Naturalizada
Compositae	<i>Erigeron</i>	<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Ch	Exótica	Ruderal	Invasora
Compositae	<i>Erigeron</i>	<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz.	T	Exótica	Ruderal	Naturalizada
Compositae	<i>Andryala</i>	<i>Andryala integrifolia</i> L.	H. T.	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Anthemis</i>	<i>Anthemis arvensis</i> L.	T	Autóctona	Ruderal e arvense	
Compositae	<i>Bellis</i>	<i>Bellis perennis</i> L.	H	Autóctona	Indiferente	
Compositae	<i>Bellis</i>	<i>Bellis sylvestris</i> Cyr.	H	Autóctona	Ambientes soleados	Naturalizada
Compositae	<i>Bidens</i>	<i>Bidens frondosa</i> L.	T	Exótica	Higrófila, nitrófila	Invasora
Compositae	<i>Carduus</i>	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	H. T.	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Coleostephus</i>	<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Cass. ex Rchb.f.	T	Autóctona	Subnitrófila	
Compositae	<i>Crepis</i>	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	H. T.	Autóctona	Prados, pastizais e ruderal	
Compositae	<i>Crepis</i>	<i>Crepis setosa</i> Haller f.	T	Autóctona	Ruderal e arvense	
Compositae	<i>Galinsoga</i>	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav	T	Exótica	Ruderal	Invasora
Compositae	<i>Glebionis</i>	<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr.	T	Exótica	Ruderal, acidófila	Naturalizada
Compositae	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris glabra</i> L.	T	Autóctona	Acidófila	
Compositae	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	H. T.	Autóctona	Prados	
Compositae	<i>Lactuca</i>	<i>Lactuca virosa</i> L.	H. T.	Autóctona	Subnitrófila	
Compositae	<i>Laphangium</i>	<i>Laphangium luteoalbum</i> (L.) Tzvelev	H. T.	Autóctona	Higrófila	
Compositae	<i>Lapsana</i>	<i>Lapsana communis</i> L.	T	Autóctona	Subnitrófila, umbrófila	
Compositae	<i>Leontodon</i>	<i>Leontodon hispidus</i> L.	H	Autóctona	Prados, pastizais, herbazais	
Compositae	<i>Picris</i>	<i>Picris hieracioides</i> L. subsp. <i>longifolia</i> (Boiss. & Reut.) P.D. Sell	H	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio lividus</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio vulgaris</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus arvensis</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	H.T.	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Sonchus</i>	<i>Sonchus oleraceus</i> (L.) L.	H.T.	Autóctona	Nitrófila	
Compositae	<i>Taraxacum</i>	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	H	Autóctona	Herbazais, subnitrófila	
Compositae	<i>Tolpis</i>	<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertn	Ch	Autóctona	Solo areoso, acidófila	
Convolvulaceae	<i>Calystegia</i>	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	H	Autóctona	Nitrófila	
Crassulaceae	<i>Umbilicus</i>	<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy	G	Autóctona	Nitrófila	

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>Carex flacca</i> Schreb.	G	Autóctona	Higrófila	
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>Carex pendula</i> Huds.	H	Autóctona	Higrófila	
Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>Carex remota</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	H	Exótica	Higrófila	Invasora
Dipsacaceae	<i>Succisa</i>	<i>Succisa pratensis</i> Moench.	H	Autóctona	Prados, pastizais e xunqueiras	
Ericaceae	<i>Arbutus</i>	<i>Arbutus unedo</i> L.	P	Autóctona	Acidófila	
Ericaceae	<i>Calluna</i>	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.	P	Autóctona	Acidófila, matogueiras	
Ericaceae	<i>Daboecia</i>	<i>Daboecia cantabrica</i> (Huds.) K. Koch	P	Endémica europea	Acidófila, matogueiras	
Ericaceae	<i>Erica</i>	<i>Erica arborea</i> L.	P	Autóctona	Acidófila, matogueiras	
Ericaceae	<i>Erica</i>	<i>Erica cinerea</i> L.	P	Autóctona	Acidófila, matogueiras	
Ericaceae	<i>Erica</i>	<i>Erica umbellata</i> Loeffl. ex. L.	P	Autóctona	Matogueiras	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia peplus</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Euphorbiaceae	<i>Mercurialis</i>	<i>Mercurialis ambigua</i> L. fil	Ch	Autóctona	Ruderal, arvense, de rochas	
Euphorbiaceae	<i>Mercurialis</i>	<i>Mercurialis annua</i> L.	T	Autóctona	Herbazais, nitrófila	
Fagaceae	<i>Castanea</i>	<i>Castanea sativa</i> Miller	P	Autóctona	Acidófila	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus pyrenaica</i> L.	P	Autóctona	Acidófila	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>Quercus robur</i> L.	P	Autóctona	Acidófila	
Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium moschatum</i> (L.) L'Her	T	Autóctona	Ruderal	
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium dissectum</i> L.	T	Autóctona	Herbazais, xunqueiras, prados	
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium molle</i> L.	T	Autóctona	Ruderal, nitrófila	
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium purpureum</i> Vill.	T	Autóctona	Indiferente	
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium robertianum</i> L.	T	Autóctona	Indiferente	
Gramineae	<i>Alopecurus</i>	<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	T	Exótica	Solos soltos fértiles	
Gramineae	<i>Anthoxanthum</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	H	Autóctona	Herbazais, xunqueiras, prados	
Gramineae	<i>Avena</i>	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	T	Autóctona	Solos soltos drenados	
Gramineae	<i>Avena</i>	<i>Avena fatua</i> L.	T	Exótica	Campos de cereais	Naturalizada
Gramineae	<i>Brachypodium</i>	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	H	Autóctona	Higrófila	
Gramineae	<i>Briza</i>	<i>Briza maxima</i> L.	T	Autóctona	Claros, acidófila	
Gramineae	<i>Briza</i>	<i>Briza media</i> L.	H	Autóctona	Prados e herbazais	
Gramineae	<i>Briza</i>	<i>Briza minor</i> L.	T	Autóctona	Solos arenosos, acidófila	Naturalizada
Gramineae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus diandrus</i> Roth.	T	Autóctona	Ruderal, nitrófila	
Gramineae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	H.T.	Autóctona	Nitrófila	
Gramineae	<i>Cortaderia</i>	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult. F.) Asch. & Graebn.	H	Exótica	Indiferente	Invasora
Gramineae	<i>Cynodon</i>	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	G. H.	Autóctona	Nitrófila	
Gramineae	<i>Dactylis</i>	<i>Dactylis glomerata</i> L.	H	Autóctona	Prados, subnitrófila	
Gramineae	<i>Hordeum</i>	<i>Hordeum murinum</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Gramineae	<i>Lolium</i>	<i>Lolium perenne</i> L.	H	Autóctona	Prados, pastizais	
Gramineae	<i>Panicum</i>	<i>Panicum repens</i> L.	G.H.	Exótica	Solos arenosos	Invasora
Gramineae	<i>Phyllostachys</i>	<i>Phyllostachys aurea</i> Riviere & C. Riviere	P	Exótica	Indiferente	Invasora

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Gramineae	<i>Poa</i>	<i>Poa annua</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Gramineae	<i>Poa</i>	<i>Poa pratensis</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Gramineae	<i>Poa</i>	<i>Poa trivialis</i> L.	H	Autóctona	Higrófila, umbrófila	
Gramineae	<i>Polypogon</i>	<i>Polypogon viridis</i> (Gouan) Breistr.	H.T.	Autóctona	Higrófila, ruderal	
Guttiferae	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	H	Autóctona	Herbazais, xunqueiras e prados	
Guttiferae	<i>Hypericum</i>	<i>Hypericum perforatum</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Hemionitidaceae	<i>Anogramma</i>	<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link	T	Autóctona	Nemoral	
Hippocastanaceae	<i>Aesculus</i>	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	P	Exótica	Indiferente	Cultivada
Hypolepidaceae	<i>Pteridium</i>	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	G	Autóctona	Acidófila	
Iridaceae	<i>Iris</i>	<i>Iris pseudacorus</i> L.	Hyd	Autóctona	Higrófila	
Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>Juncus effusus</i> L.	G	Autóctona	Higrófila	
Juncaceae	<i>Luzula</i>	<i>Luzula multiflora</i> (Retz) Lej.	Ch	Autóctona	Nitrófila	
Labiatae	<i>Ajuga</i>	<i>Ajuga pyramidalis</i> L.	H	Autóctona	Prados, acidófila	
Labiatae	<i>Ajuga</i>	<i>Ajuga reptans</i> L.	Ch. H.	Autóctona	Umbrófila	
Labiatae	<i>Glechoma</i>	<i>Glechoma hederaceae</i> L.	H	Autóctona	Nemoral	
Labiatae	<i>Lamium</i>	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Labiatae	<i>Lamium</i>	<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) L.	H	Exótica	Nemoral	Naturalizada
Labiatae	<i>Lamium</i>	<i>Lamium maculatum</i> (L.) L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Labiatae	<i>Lycopus</i>	<i>Lycopus europaeus</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Labiatae	<i>Mellisa</i>	<i>Melissa officinalis</i> L. subsp. <i>officinalis</i>	H	Autóctona	Nitrófila	
Labiatae	<i>Mentha</i>	<i>Mentha aquatica</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Labiatae	<i>Mentha</i>	<i>Mentha pulegium</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Labiatae	<i>Mentha</i>	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh	H	Autóctona	Higrófila	
Labiatae	<i>Prunella</i>	<i>Prunella vulgaris</i> L.	H	Autóctona	Pastos, xunqueiras e herbaizais, higrófila	
Labiatae	<i>Teucrium</i>	<i>Teucrium scorodonia</i> L.	H	Autóctona	Acidófila	
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia dealbata</i> Link	P	Exótica	Indiferente	Invasora
Leguminosae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br	P	Exótica	Indiferente	Invasora
Leguminosae	<i>Adenocarpus</i>	<i>Adenocarpus complicatus</i> (L.) J. Gay	P	Autóctona	Matogueiras, acidófila	
Leguminosae	<i>Cytisus</i>	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link subsp. <i>scoparius</i>	P	Autóctona		
Leguminosae	<i>Cytisus</i>	<i>Cytisus striatus</i> (Hill). <i>Rothm.</i>	P	Endémica (occidente peninsular e N de África)	Matogueiras, acidófila	
Leguminosae	<i>Genista</i>	<i>Genista tridentata</i> L.	P	Endémica (península e N de África)	Matogueiras, acidófila	
Leguminosae	<i>Lotus</i>	<i>Lotus corniculatus</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Leguminosae	<i>Lotus</i>	<i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	H	Autóctona	Pastizais e herbaizais, higrófila	
Leguminosae	<i>Medicago</i>	<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.	T	Autóctona	Herbazais, ruderal	
Leguminosae	<i>Medicago</i>	<i>Medicago lupulina</i> L.	H.T.	Autóctona	Prados, pastizais	
Leguminosae	<i>Medicago</i>	<i>Medicago polymorpha</i> L.	T	Autóctona	Pastizais e matogueiras secas	
Leguminosae	<i>Ornithopus</i>	<i>Ornithopus compressus</i> L.	T	Autóctona	Pastizais, prados, acidófila	
Leguminosae	<i>Ornithopus</i>	<i>Ornithopus perpusillus</i> L.	H.T.	Autóctona	Solos arenosos, pastizais, prados secos	

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Leguminosae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium dubium</i> Sibth	T	Autóctona	Herbazais, xunqueiras e prados, acidófila	
Leguminosae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium repens</i> L.	H	Autóctona	Prados e pastizais	
Leguminosae	<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	T	Autóctona	Prados e pastizais, acidófila	
Leguminosae	<i>Ulex</i>	<i>Ulex europaeus</i> L.	P	Autóctona	Matogueiras, acidófila	
Leguminosae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia cordata</i> Hoppe.	Ch	Autóctona	Nitrófila	
Leguminosae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia sepium</i> L.	L	Autóctona	Nemoral	
Liliaceae	<i>Allium</i>	<i>Allium triquetrum</i> L.	G	Autóctona	Ruderal	
Liliaceae	<i>Hyacinthoides</i>	<i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard ex Rothm	G	Autóctona	Acidófila	
Liliaceae	<i>Ruscus</i>	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Ch	Autóctona	Nemoral	
Liliaceae	<i>Scilla</i>	<i>Scilla verna</i> Huds.	G	Autóctona	Pastos, herbazais	
Liliaceae	<i>Simethis</i>	<i>Simethis planifolia</i> (L.) Gren	G	Autóctona	Pastos, herbazais	
Linaceae	<i>Linum</i>	<i>Linum usitatissimum</i> L.	T	Exótica	Indiferente	Naturalizada
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	<i>Lythrum salicaria</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Malvaceae	<i>Malva</i>	<i>Malva parviflora</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Leguminosae	<i>Vicia</i>	<i>Vicia sepium</i> L.	L	Autóctona	Nemoral	
Liliaceae	<i>Allium</i>	<i>Allium triquetrum</i> L.	G	Autóctona	Ruderal	
Liliaceae	<i>Hyacinthoides</i>	<i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard ex Rothm	G	Autóctona	Acidófila	
Liliaceae	<i>Ruscus</i>	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Ch	Autóctona	Nemoral	
Liliaceae	<i>Scilla</i>	<i>Scilla verna</i> Huds.	G	Autóctona	Pastos, herbazais	
Liliaceae	<i>Simethis</i>	<i>Simethis planifolia</i> (L.) Gren	G	Autóctona	Pastos, herbazais	
Linaceae	<i>Linum</i>	<i>Linum usitatissimum</i> L.	T	Exótica	Indiferente	Naturalizada
Lythraceae	<i>Lythrum</i>	<i>Lythrum salicaria</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Malvaceae	<i>Malva</i>	<i>Malva parviflora</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus carica</i> L.	P	Exótica	Indiferente	Escapada de cultivo ou naturalizada
Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Ficus pumila</i> L.	L	Exótica	Indiferente	Cultivada
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	P	Exótica	Solos húmidos	Invasora escapada de cultivo
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	P	Exótica	Indiferente	Invasora escapada de cultivo
Oleaceae	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	P	Autóctona	Riparia, umbrófila	
Oleaceae	<i>Fraxinus</i>	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	P	Autóctona	Riparia	
Oleaceae	<i>Jasminum</i>	<i>Jasminum polyanthum</i> Franch.	L	Exótica	Indiferente	Cultivada
Oleaceae	<i>Ligustrum</i>	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	P	Exótica	Indiferente	Cultivada
Oleaceae	<i>Olea</i>	<i>Olea europaea</i> L.	P	Exótica	Matogueiras	Cultivada, subespontánea
Onagraceae	<i>Circaea</i>	<i>Circaea lutetiana</i> L.	G	Autóctona	Nemoral, acidófila	
Onagraceae	<i>Epilobium</i>	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	Ch. H.	Autóctona	Higrófila	
Osmundaceae	<i>Osmunda</i>	<i>Osmunda regalis</i> L.	H	Autóctona	Nemoral	
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	G	Exótica	Indiferente	Invasora

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Papaveraceae	<i>Ceratocapnos</i>	<i>Ceratocapnos claviculata</i> (L.) Lidén	T	Autóctona	Nemoral, matogueiras, acidófila	
Papaveraceae	<i>Chelidonium</i>	<i>Chelidonium majus</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Papaveraceae	<i>Fumaria</i>	<i>Fumaria muralis</i> Sonder ex. W.D.J. Koch	T	Autóctona	Terreos removidos	
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca</i>	<i>Phytolacca americana</i> L.	G	Exótica	Umbrófila	Invasora
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	P	Exótica	Acidófila	Cultivado
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> L.	P	Exótica	Indiferente	Cultivado
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago coronopus</i> L.	H.T.	Autóctona	Nitrófila	
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago major</i> L.	H.T.	Autóctona	Nitrófila	
Platanaceae	<i>Platanus</i>	<i>Platanus hispanica</i> Mill. ex Münchh.	P	Exótica	Indiferente	Híbrido cultivado
Polygaceae	<i>Polygala</i>	<i>Polygala vulgaris</i> L.	H	Autóctona	Indiferente	
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum aviculare</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum capitatum</i> Buch.- Hamilton ex D. Don	T	Exótica	Indiferente	Invasora, naturalizada
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosa</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex acetosella</i> L.	Ch	Autóctona	Sobre rochas	
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	T	Autóctona	Solos areosos, acidófila	
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex crispus</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Polygonaceae	<i>Rumex</i>	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Polypodiaceae	<i>Polypodium</i>	<i>Polypodium interjectum</i> Shivas	E. G.	Autóctona	Sobre rochas, nemoral como epífita	
Polypodiaceae	<i>Polypodium</i>	<i>Polypodium vulgare</i> L.	G	Autóctona	Sobre rochas, nemoral como epífita	
Primulaceae	<i>Anagallis</i>	<i>Anagallis arvensis</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Primulaceae	<i>Lysimachia</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Proteaceae	<i>Grevillea</i>	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R.Br	P	Exótica	Indiferente	Cultivada (ornamental)
Ranunculaceae	<i>Ficaria</i>	<i>Ficaria verna</i> Huds.	Ch	Autóctona	Nitrófila	
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	G	Autóctona	Pastos, herbazais	
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus muricatus</i> L.	T	Autóctona	Herbazais, xunqueirasa, prados	
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i>	<i>Ranunculus repens</i> L.	H	Autóctona	Subhigrófila	
Resedaceae	<i>Sesamoides</i>	<i>Sesamoides suffruticosa</i> (Lange) Kuntze	Ch	Autóctona	Matogueiras	
Rhamnaceae	<i>Frangula</i>	<i>Frangula alnus</i> Mill	P	Autóctona	Nemoral	
Rosaceae	<i>Geum</i>	<i>Geum urbanum</i> L.	H	Autóctona	Ruderal, umbrófila, nitrófila	
Rosaceae	<i>Potentilla</i>	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch	H	Autóctona	Prados, pastos, acidófila	
Rosaceae	<i>Potentilla</i>	<i>Potentilla sterilis</i> (L.) Garcke	H	Autóctona	Indiferente	
Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	P	Exótica	Indiferente	Cultivada
Rosaceae	<i>Rosa</i>	<i>Rosa arvensis</i> Huds.	P. L.	Exótica	Indiferente	Cultivada
Rosaceae	<i>Rubus</i>	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	P	Autóctona	Indiferente	
Rubiaceae	<i>Gallium</i>	<i>Galium aparine</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Rubiaceae	<i>Gallium</i>	<i>Galium mollugo</i> L.	H	Autóctona	Herbazais, prados, umbrófila	

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

FAMILIA	XÉNERO	ESPECIE	T.Bio.	Orixe	P. ambiental	Nat./Cult./Inv.
Rubiaceae	<i>Gallium</i>	<i>Galium palustre</i> L.	H	Autóctona	Xunqueiras, herbazais, subhigrófila	
Rubiaceae	<i>Sherardia</i>	<i>Sherardia arvensis</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Salix atrocinerea</i> Brot.	P	Autóctona	Higrófila	
Scrophulariaceae	<i>Anarrhinum</i>	<i>Anarrhinum bellidifolium</i> (L.) Willd.	H	Autóctona	Solos soltos, areosos ou pedregosos, acidófila	
Scrophulariaceae	<i>Digitalis</i>	<i>Digitalis purpurea</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Scrophulariaceae	<i>Misopates</i>	<i>Misopates orontium</i> (L.) Rafin	T	Autóctona	Nitrófila	
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia</i>	<i>Scrophularia auriculata</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Scrophulariaceae	<i>Verbascum</i>	<i>Verbascum virgatum</i> Stokes.	H	Autóctona	Nitrófila	
Scrophulariaceae	<i>Veronica</i>	<i>Veronica hederifolia</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Scrophulariaceae	<i>Veronica</i>	<i>Veronica montana</i> L.	Ch	Autóctona	Acidófila	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum nigrum</i> L.	T	Autóctona	Nitrófila	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum chenopodioides</i> Lam.	P	Exótica	Indiferente	Naturalizada
Theaceae	<i>Camellia</i>	<i>Camellia japonica</i> L.	P	Exótica	Indiferente	Cultivada
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i>	<i>Thelypteris palustris</i> Schott	G	Autóctona	Higrófila	
Umbelliferae	<i>Angelica</i>	<i>Angelica sylvestris</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Umbelliferae	<i>Carum</i>	<i>Carum verticillatum</i> (L.) Koch	H	Autóctona	Higrófila	
Umbelliferae	<i>Chaerophyllum</i>	<i>Chaerophyllum temulum</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Umbelliferae	<i>Conium</i>	<i>Conium maculatum</i> L.	H	Autóctona	Higrófila	
Umbelliferae	<i>Foeniculum</i>	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	H	Autóctona	Nitrófila	
Umbelliferae	<i>Heracleum</i>	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	H	Autóctona	Prados, pastos	
Umbelliferae	<i>Oenanthe</i>	<i>Oenanthe crocata</i> L.	H	Autóctona	Higrófila, acidófila	
Umbelliferae	<i>Peucedanum</i>	<i>Peucedanum gallicum</i> Latourr	H	Autóctona	Pastizais, claros, matogueiras	
Umbelliferae	<i>Silaum</i>	<i>Silaum silaus</i> (L.) Schinz & Thell.	H	Exótica	Higrófila	
Umbelliferae	<i>Torilis</i>	<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn	T	Autóctona	Pastos, claros, ambientes secos	
Urticaceae	<i>Parietaria</i>	<i>Parietaria judaica</i> L.	H	Autóctona	Ruderal	
Urticaceae	<i>Urtica</i>	<i>Urtica dioica</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Verbenaceae	<i>Verbena</i>	<i>Verbena officinalis</i> L.	H	Autóctona	Nitrófila	
Violaceae	<i>Viola</i>	<i>Viola riviniana</i> Rchb.	H	Autóctona	Pastos, claros, herbazais	
Vitaceae	<i>Vitis</i>	<i>Vitis vinifera</i> L.	P.L.	Introducida	Indiferente	Naturalizada (escapada de cultivo)

Táboa 2.- Cont. / Table 2.- Cont.

Para a preparación da cartografía base empregouse o sistema de información xeográfica libre e de código aberto QGIS (QGIS.org, 2021) co *plugin* QuickMapServices que permite a adición de mapas bases en QGIS desde Google, Landsat, etc.

Ademais dos mapas dispoñibles en QGIS e as coordenadas obtidas nas prospeccións, usáronse outras cartografías máis específicas como as do Camiño Portugués, as zonas

ZEC ou dos usos e coberturas do solo. Estes tomáronse do Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG, 2020), do Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2021) e o Instituto de Estudos do Territorio (IET, 2017), respectivamente.

A información xerada atópase no sistema de coordenadas planas de Proxección Universal Transversal Marcador (UTM), referidas á zona 29 e empregando o *datum* WGS 84 (MINAM, 2010).

## Análise dos datos

A análise dos datos realizouse mediante os *softwares*, Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO® (Versión 2106) e PAST 4.16 (Hammer *et al.*, 2001).

Avaliouse a diversidade alfa mediante a riqueza de especies, descrita como o número de especies en cada transecto e considerada o indicador máis importante da diversidade segundo Moreno (2001) e determinouse o grao de semellanza entre os distintos transectos empregando o coeficiente de similitude de Jaccard (Magurran, 1988).

Ademais, xeráronse distintos histogramas para a interpretación gráfica da variación da abundancia do nº de especies nos distintos transectos da Senda segundo a preferencia ambiental, orixe e tipo biolóxico.

## Resultados e Discusión

### Comunidades vexetais e usos do solo

A vexetación actual presente na zona de estudo refírese ás comunidades existentes no territorio debidas á influencia do medio natural (clima, substrato, posición xeomorfolóxica etc.) e á acción antrópica (Figura 1). En relación ao mapa base de coberturas e usos do solo empregado así como ao observado no campo, identificáronse as seguintes grandes formacións:

a.- Cultivos e prados: Ocupan xeralmente as partes máis baixas e planas (Romero, 2013) e seguen os cursos de auga e aqueles entornas con posibilidade de regadío. Estas superficies atópanse dedicadas maioritariamente ao

policultivo de autosustento mais tamén se poden atopar terreos con vides ou múltiples cultivos forraxeiros, entre os que destaca o millo (Sainz *et al.*, 2012).

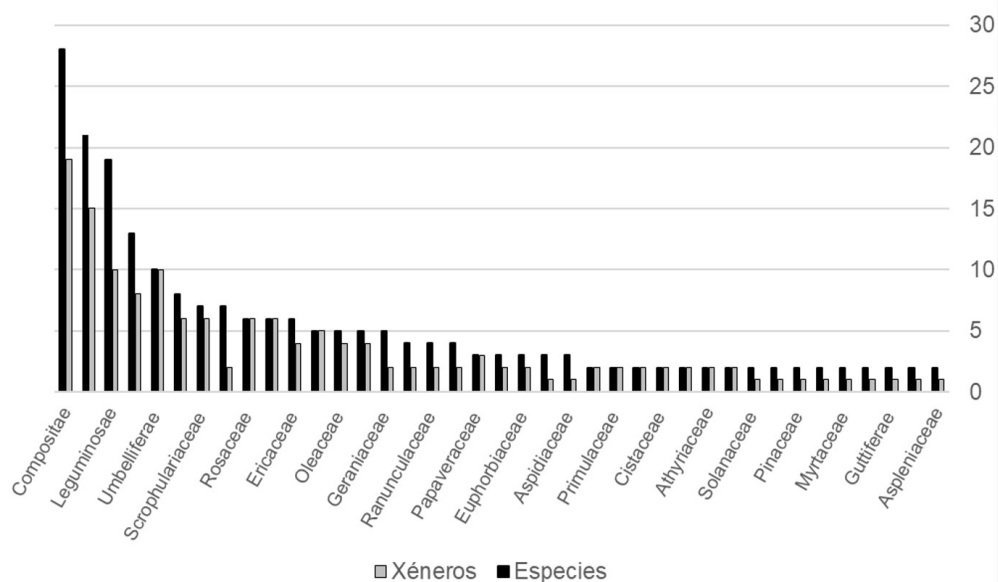
b.-nPlantacións de eucaliptos e piñeiros: En ambos casos soen aparecer en forma de plantacións mono-específicas de *Pinus pinaster* Ait. ou *Eucalyptus globulus* Labill.

c.- Matos: inclúen distintas clases fitosociolóxicas que comprenden xesteiras, toxais, brexeiras secas e húmidas, codesais etc. Estas predominan en solos ácidos desenvolto sobre granito e esquistos (Izco & Amigo, 2002).

d.- Especies caducifolias: forman os bosques aluviais e de inundación dominados por *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, *Fraxinus* sp. e *Salix atrocinerea* Brot. e os bosques galaico-portugueses de *Quercus robur* L. e *Quercus pyrenaica* Willd. ao longo do curso do Louro e nas chairas de inundación formadas por este coas crecidas (Bartolomé *et al.*, 2005).

### Diversidade florística

No conxunto do terreo estudado rexistráronse un total de 243 especies de plantas vasculares emerxidas (Táboa 2) distribuídas en 177 xéneros e 71 familias (Figura 2). As familias con maior presenza son Compositae con 19 xéneros e 28 especies, seguida de Gramineae con 15 xéneros de 21 especies e, en terceiro lugar, a familia Leguminosae con 10 xéneros e 19 especies. Nestas 3 familias están representadas o 27,98% das especies totais inventariadas na senda. Os xéneros con máis especies son *Rumex* con 5 especies e, *Geranium* con 4. As familias e xéneros máis abundantes na Senda coinciden cos máis abundantes dentro das traqueófitas a escala global.



**Figure 2.-** Familias con maior cantidade de xéneros e especies presentes na Senda da Pedra Santa  
**Figure 2.-** Families with the largest number of genera and species on the Senda da Pedra Santa



Nunha primeira aproximación á medida da biodiversidade comparouse a riqueza específica (S) por tramo e obtívose o histograma onde se pode observar que a maior riqueza específica correspóndese co tramo amparado baixo a ZEC pero preto de zonas de policultivos de autosustentación e vide (Figura 3). Os seguintes tramos con maior riqueza específica son o tramo da ZEC protexido de impactos e o da ZEC impactado pola estrada PO-342 e o Camiño de Santiago. O tramo con menos riqueza específica sería o da ZEC impactada exclusivamente polo Camiño. Con todo, a pesar de que os tramos de “ZEC + cultivos” e “ZEC + estrada + Camiño” se atopan entre os tramos máis biodiversos cómpre analizar en detalle o tipo de flora destes en canto a súa orixe e/ou preferencias ambientais.

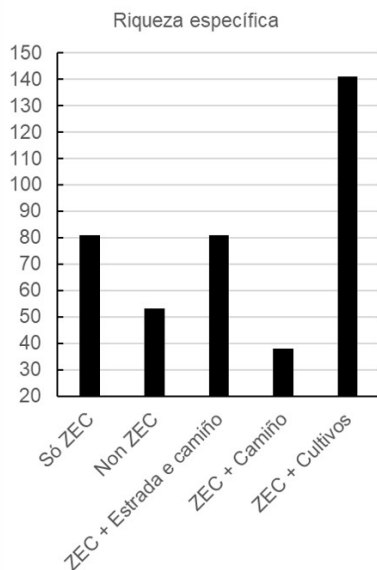
Atendendo ás preferencias ambientais das plantas obsérvase que a meirande parte das especies inventariadas clasificadas como nitrófilas e ruderais atópanse no tramo correspondente ao “ZEC + cultivos” (Figura 4). O tramo da “ZEC + Estrada + Camiño” sería o segundo en abundancia de especies nitrófilas. Ademais, ambos tramos son os que máis especies exóticas e exóticas invasoras (EEIs) abarca (Figura 5).

En xeral, en condicións de alta deposición de N resultante da aplicación de fertilizantes, xurros e esterco, as comunidades de plantas adaptadas ás condicións locais son remprazadas por comunidades máis pobres dominadas por especies nitrófilas de rápido crecemento (Maskell *et al.*, 2010). No caso do tramo “ZEC + estrada + Camiño” as condicións propicias para o establecemento de nitrófilas

danse como consecuencia dos noiros das estradas que constitúen tamén un medio perturbado (Alfaya, 2012). Por outra banda, a abundancia tamén de especies ruderais explicariase pola tendencia as marxes dos cultivos a ser ocupadas por este tipo de comunidades (López-Caniego *et al.*, 2013; Sans *et al.*, 2013).

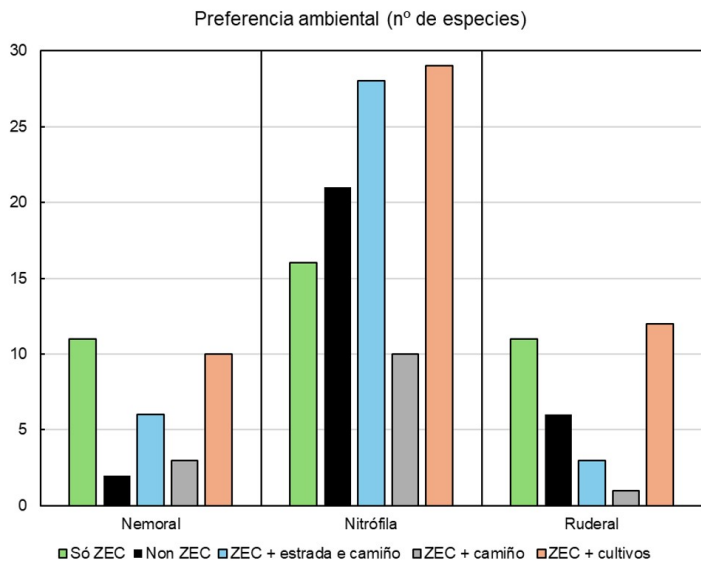
As actividades humanas que xeran todo tipo de disturbios (agricultura, gandaría, tala de bosques, etc.), favorecen a colonización de especies invasoras exóticas (Figura 4) xeralmente tras chegar os propágulos das distintas especies de xeito accidental ou intencional en resposta a intereses económicos (Ríos & Vargas, 2003). Ademais, relaciónase a alta abundancia de invasoras no tramo “ZEC + estrada + Camiño” cos vehículos que fan uso da PO-342. No caso do tramo baixo a ZEC potencialmente impactado só polo Camiño de Santiago non se rexistraron EEIs, o que leva a pensar que a antropocoria na roupa e calzado dos peregrinos non constitúe unha vía de entrada relevante de invasoras.

Nun segundo achegamento ao estudo da diversidade florística da senda, empregouse o coeficiente de similitude de Jaccard e obtívose un dendrograma que separa o tramo fóra da figura de protección (“Non ZEC”) do resto (Figura 6). Os seguintes 2 grupos están conformados por dous sitios: a) “ZEC + estrada + Camiño” e “ZEC + Camiño” e b) “ZEC + cultivos” e “Só ZEC”, con 42 e 24 especies compartidas, respectivamente. Con todo, a composición da vexetación na Senda presenta unha similitude baixa, debido a que non supera o 25%.



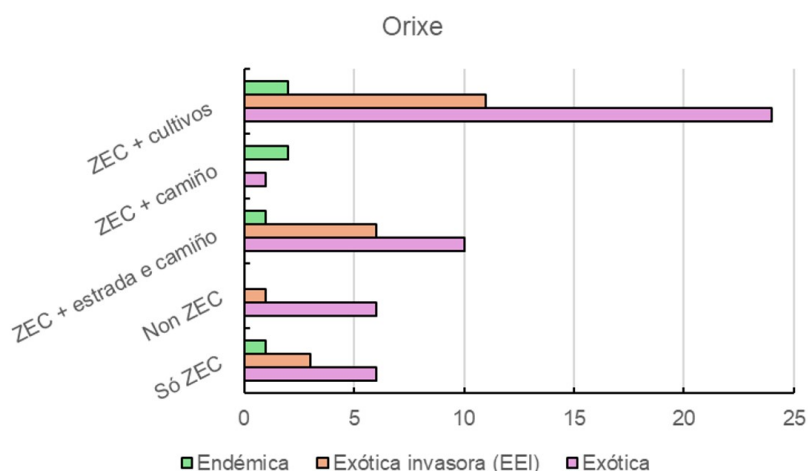
**Figure 3.-** Riqueza de especies por tramo (só ZEC, non ZEC, ZEC e estrada e Camiño, ZEC e Camiño e ZEC e cultivos)

**Figure 3.-** Species richness per section (just SAC, non-SAC, SAC and road and Camiño, SAC and Camiño and SAC and crops)



**Figure 4.-** Número de especies nemorais (esquerda), nitrófilas (centro) e ruderais (dereita) por tramo (só ZEC, non ZEC, ZEC e estrada e Camiño, ZEC e Camiño e ZEC e cultivos)

**Figure 4.-** Number of nemoral (left), nitrophilous (middle) and ruderal (right) species per section (just SAC, non-SAC, SAC and road and Camiño, SAC and Camiño and ZEC and crops)



**Figure 5.-** Número de endemismos (verde), especies exóticas invasoras (EEIs) (naranja) e especies exóticas por tramo (rosa) (só ZEC, non ZEC, ZEC e estrada e Camiño, ZEC e Camiño e ZEC e cultivos)

**Figure 5.-** Number of endemisms (green), invasive alien species (IASs) (orange) and alien species per section (pink) (just SAC, non-SAC, SAC and road and Camiño SAC and Camiño and ZEC and crops)

Atopáronse 3 endemismos de amplo rango: 1) *Daboecia cantabrica* (Huds.) K. Koch extendida por Irlanda, oeste de Francia e norte da Península Ibérica; 2) *Cytisus striatus* (Hill.) Rothm relegada a metade occidental da Península Ibérica e o noroeste de África e 3) *Genista tridentata* L. no centro e oeste da Península Ibérica e o norte de Marrocos.

*D. cantabrica* aparece nos tramos “Só ZEC” e “ZEC + Camiño”, *C. striatus* observáse no “ZEC + cultivos” e *G. tridentata* atópase en “ZEC + estrada + Camiño”, “ZEC + camiño” e “ZEC + cultivos”.

As tres especies son propias de matogueiras (Táboa 2) e aínda que se tratan de endemismos de amplo rango non suxeitos a ameazas, pódese observar como o único tramo que non alberga ningunha especie endémica é o tramo que fica fóra da figura de protección.

### Tipos biolóxicos

Os hemicriptófitos son o tipo biolóxico con maior presenza na Senda correspondéndose co 40,74% do total de especies inventariadas, seguido dos terófitos que representan o 31,69% e, en terceiro lugar, os fanerófitos cun 17,28%. Estes tres tipos biolóxicos máis abundantes, dominan especialmente o tramo da “ZEC + cultivos” (Figura 7). Outras formas de vida como os caméfitos ou as lianas tamén se atopan de xeito máis abundante neste mesmo tramo. Xeófitos e os hidrófitos destacan na zona libre de impactos (“Só ZEC”). Os epífitos, aparecen relegados unicamente a este último tramo.

Os hemicriptófitos son herbáceas cuxas xemas de reemprazo subsisten a ras do solo e que se desenvolven preferiblemente nos prados (Lacoste & Salanon, 1973; Rivas-Martínez, 2005). Isto explicaría a súa especial dominancia no caso do tramo “ZEC + cultivos”.

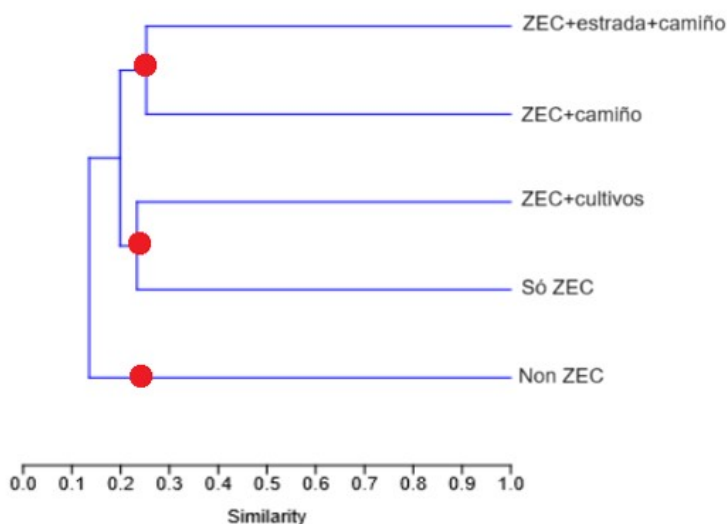
Os terófitos son plantas terrestres, autótrofas e anuais que desenvolven todo seu ciclo vital de xeito estacional ou en tan só un meses (Lacoste & Salanon, 1973; Ferreras & Fidalgo, 1999). Son frecuentes en ambientes ruderais

(bordes de camiños, zonas de cultivos, etc.) e en áreas inestables suxeitas a erosión e serían o segundo tipo biolóxico por orde de importancia no tramo “ZEC + cultivos”. Ademais, neste tramo dominaría tamén a preferencia por ambientes ruderais tal e como se mostra na Figura 4.

Por outra banda, a maior abundancia de xeófitos e hidrófitos na zona libre de impactos (“Só ZEC”) estaría relacionada coa abundancia entre estes tipos biolóxicos de especies con preferencia ambiental nemoral e dependencia da sombra (Delgado & Plaza, 2006; Alcauter & Bedolla, 2021). Entre elas destacan exemplos de flora pteridofítica, como *Dryopteris affinis* (Lowe) Fraser-Jenk. e *Thelypteris palustris* Schott., que habitan formacións boscosas e no caso de *T. palustris*, ligada a zonas encharcadas. Tamén cómpre destacar neste tramo a presenza de *Carex flacca* Schreb., e *Juncus effusus* L., especies propias de solos húmidos (Ramil-Rego *et al.*, 2002). A diminución dos recursos hídricos e a súa contaminación así como a nitrificación e o pisoteo do gando constitúen unha ameaza ás posibles localidades para estas especies e por tanto, actuarían como indicadores do estado de conservación da zona (Delgado & Plaza, 2006; Samecka-Cymerman *et al.*, 2011).

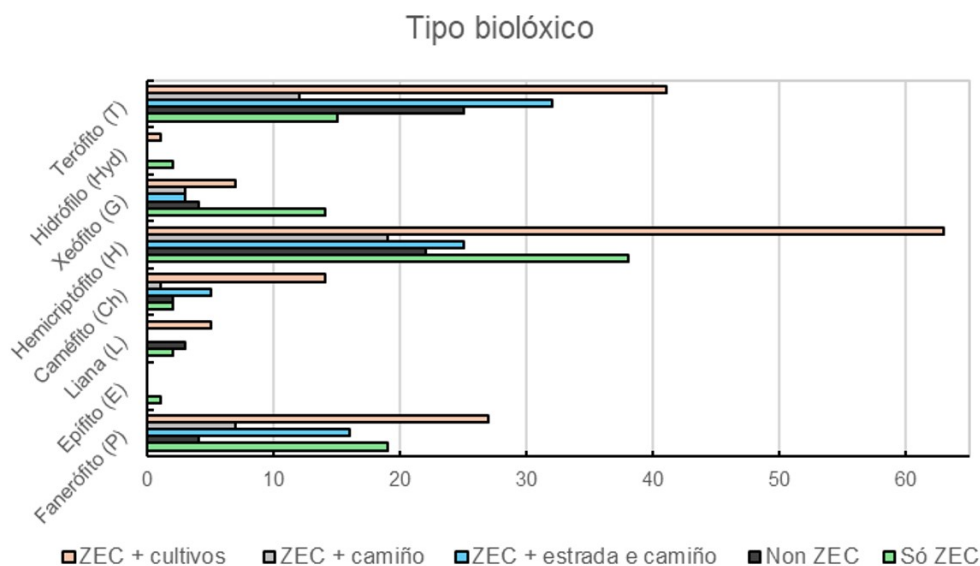
A fin de paliar os impactos do efecto de borde (cultivo-bosque, plantación mono-específica-bosque etc.) que pode levar a por en risco a persistencia de especies especialistas do bosque (Santos & Tellería, 2006), cómpre deseñar estratexias de conservación.

Algunha proposta válida podería ser o deseño de franxas *buffer* ribeiriñas como amortiguadoras dos impactos derivados das actividades antrópicas procedentes do uso agrícola, gandeiro e do monocultivo forestal adxacente, proporcionando estabilidade en termos estruturais e funcionais á zona protexida que está sendo perturbada (Möller, 2011). Tamén sería positivo o incremento de cartelería informativa á entrada das zonas protexidas, onde se recolla de xeito explícito a prohibición de liberar fauna exótica e se alerte sobre a introdución de xeito accidental de sementes e propágulos de plantas presentes noutras zonas.



**Figure 6.-** Representación gráfica do coeficiente de similitude de Jaccard ( $n^{\circ}$  de especies) para os distintos transectos. Os grupos formados preséntanse en vermello

**Figure 6.-** Graphic representation of Jaccard similarity coefficient found for the different sections. The groups formed are presented in red



**Figure 7.-** Número de especies segundo a súa preferencia ambiental por tramo (Só ZEC, Non ZEC, ZEC e estrada e Camiño, ZEC e Camiño e ZEC e cultivos)

**Figure 7.-** Number of species by environmental preference per section (just SAC, non-SAC, SAC and road and Camiño, SAC and Camiño and ZEC and crops)

## Conclusións

A maior riqueza específica deuse no tramo da senda baixo a protección ZEC, impactado polos cultivos. Neste tramo tamén foi onde máis abundaron as nitrófilas, ruderais e invasoras. O segundo tramo con máis número de invasoras e nitrófilas foi o impactado pola estrada PO-342 e o Camiño de Santiago pero o tramo impactado exclusivamente polo Camiño non conta con EEIs. Por tanto as vías de entradas de EEIs na Senda serían fundamentalmente os cultivos e a estrada.

Por outra banda, o tramo da “ZEC + camiño” e o tramo fóra da figura de protección son os menos diversos o que viría a por de relevancia a importancia da ZEC na conservación da biodiversidade na Senda. Proba da eficacia da ZEC é tamén a aparición de especies especialistas nemorais/higrófilas relegadas ao tramo “só ZEC” non impactado e que servirían de indicadores dun bo estado de conservación.

Os tres endemismos de amplo rango presentes na Senda non se rexistraron no tramo fóra da ZEC. Este tramo é o que comparte menos especies co resto de tramos.

## Bibliografía

- Alcauter A., L.X. & Bedolla G., B.Y. (2021). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Álfaya A.V. (2012). Colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural. [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid.
- Ávila F. & La Cueva (1852). Historia civil y eclesiástica de la ciudad de Tuy y su obispado. Consello da Cultura Galega.
- Baptiste, A.J. (2017). Efecto de la invasión de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (helecho), sobre las propiedades físico-químicas del suelo y la diversidad vegetal en el estado de Quintana Roo [Tesis doctoral]. Colegio de la Frontera Sur. Quintana Roo, México.
- Bartolomé C., Álvarez J.J., Vaquero, J., Costa, M., Casermeiro, M.A., Giraldo, J. & Zamora, J. (2005). Los tipos de hábitat de Interés Comunitario de España: Guía Básica. Ministerio de Medio Ambiente.
- Beck, S.G. (2001). Floristic inventory of Bolivia – An indispensable contribution to sustainable development. In W. Barthlott & M. Winiger (Eds.) Biodiversity: A Challenge for Development Research and Policy: 243-267. Springer. DOI:10.1007/978-3-662-06071-1\_16
- Capdevila A., L., Iglesias G., A., Orueta F., J. & Zilleti, B. (2006). Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.
- Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). (2021). Centro de descargas. Mapas vectoriales, bases cartográficas y topográficas. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/busca dorCatalogo.do?codFamilia=50VEC#> [9 de xullo de 2021].
- Chao, A., Chiu, C.H. & Hsieh, T.C. (2012). Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*. 39, 2037-2051. DOI:10.1890/11-1817.1
- Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda. Xunta de Galicia (CMATV) (2021). Rede Natura 2000. Zonas Especiais de Conservación (ZEC). Gándaras de Budiño. Disponible en: [https://cmatv.xunta.gal/seccion-organizacion/c/CMAOT\\_DX\\_Conservacion\\_Natureza?content=Direccion\\_Xeral\\_Conservacion\\_Natureza/Espazos\\_p rotexidos/seccion.html&sub=Rede\\_natura\\_2000/&ui=Direccion\\_Xeral\\_Conservacion\\_Natureza/Dinamico/Lic/lic\\_00 27.html](https://cmatv.xunta.gal/seccion-organizacion/c/CMAOT_DX_Conservacion_Natureza?content=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Espazos_p rotexidos/seccion.html&sub=Rede_natura_2000/&ui=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Dinamico/Lic/lic_00 27.html) [23 de xuño de 2021].
- Delgado V., A.J. & Plaza A., L. (2006). Helechos amenazados de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Fagúndez D.,J. (2011). Catálogo de la flora vascular del concello de Ferrol (A Coruña). Monografías de Botánica Ibérica, 10.
- Ferreras C. & Fidalgo, C.E. (1999). Biogeografía y edafogeografía. Síntesis. Madrid. España.
- Ferrás S., C., Macía A., X.C., García V.Y. & Armas Q., F.X. (2007). La agricultura familiar sostenible en sistemas minifundistas. Estudio de casos comparados en Galicia e Irlanda. *AGER. Revista de Estudios sobre despoblación y desarrollo rural*. 6, 101-128.
- Godoy R., Ramírez C., Figueroa H. & Hauenstein E. (1981). Estudios ecosociológicos en pteridófitos de comunidades boscosas valdivianas, Chile. *Bosque*. 4 (1). DOI: <https://doi.org/10.4206/bosque.1981.v4n1-02>
- González Z., M<sup>a</sup>A., Elena R., M<sup>a</sup>A. & Ana, J. (1986). Notas cariológicas sobre algunos endemismos ibéricos II. *Studia Botánica*. 5.
- Gurevitch J., Scheiner S.M. & Fox G.A. (2002). *The Ecology of Plants*. Sinauer Associates Sunderland. DOI:10.1093/hesc/9781605358291.001.0001
- Halffter, G. & Moreno E., C. (2005). Significado biológico de las diversidade alfa, beta y gamma. *M3m: Monografías Tercer Milenio*. 4, 5-18.
- Hammer, Ø; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica*. 4(1), 9.
- Herrera, L.P., Laterra, P., Maceira, NO., Zelaya, KD. & Martínez, G.A. (2009). Fragmentation status of tall-tussock grassland relicts in the flooding Pampa, Argentina. *Rangel. Ecol. Manag.* 62, 73-82. DOI:10.2111/08-015
- Inglés G., B. (2015). Biomimetismo entre los endemismos arquitectónicos y taxones en Cantabria [tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Madrid.
- Inocencio, C.; Alcaraz, F. & Ríos, S. (1998). El paisaje vegetal de la cuenca albacetense del Guadalmena. Instiuto de Estudios Albacetenses. Albacete. España.
- Instituto de Estudos do Territorio (IET). (2017). SIOSE. Xunta de Galicia. Mapas de Usos e Coberturas do Solo. Disponible en: <http://descargas.xunta.es/fb5738cd-788f-4b8d-ac66-96abbacccede1495189290462> [12 de xullo de 2021].
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2021) Cartografía y datos geográficos. Disponible en: <https://www.ign.es/web/cbg-area-cartografia> [11 de xullo de 2021].
- Izco S., J. & Amigo V., J. (2002). Formaciones fruticasas de Galicia: matorrales y arbustales. En Rodríguez I., F. (Dir.) & Díaz-Fierros V., F. (Coord. ) Galicia: Naturaleza: Botánica III. (43, pp. 368-429). Hércules de Ediciones.
- Krebs C.J. (1978). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 2<sup>a</sup> ed. Harper & Row, NY.
- Lacoste A., & Salanon R. (1973). Biogeografía. Elementos de geografía. (1<sup>a</sup> ed.) Oikos- Tau. Barcelona. España.
- López-Caniego, M., Pujadas-Salvá, A.J., González-Andújar, J.L.; Bastida, F., Hernández P., M<sup>a</sup>E. (2013). Factores Asociados al anidamiento existente en las comunidades ruderales de márgenes de cultivo en Andalucía. XVI Congreso Nacional de Malgerbología. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.
- López-Delgado, E., Vásquez-Ramos, J., Villa-Navarro, F. & Reinoso-Florez, G. (2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Revista Tumbaga*. 10, 6-29.

- Macía J., M., Menendez B., G., Pardo de S., M. & Molina M. (2014). *Pteridium aquilinum* (L.). Kuhn in Kerst. En Pardo de S., M.; Morales R.; Aceituno L. & Molina M. (Eds.). *Inventario de los Conocimientos Tradicionales Relativos a la Biodiversidad*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. Great Britain.
- Maskell, L.C., Smart, S.M., Bullock, J.M., Thompson, K. & Stevens, C.J. (2010). Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. *Global Change Biology*. 16, 671-679. DOI 10.1111/j.1365-2486.2009.02022.x
- Ministerio del Ambiente (MINAM) (2010). *Guía de evaluación de la flora silvestre*. Gobierno de Perú. Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales.
- Möller, P. (2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gestión Ambiental*. 21, 91-106.
- Moreno Saiz, J.C., J.M. Iriondo Alegría, F. Martínez García, J. Martínez Rodríguez & C. Salazar Mendías, eds. (2019) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. Adenda 2017. Ministerio para la Transición Ecológica-Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid. 220 pp.
- Moreno E., C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. España.
- Mostacedo B. & Fredericksen S., T. (2000). *Manual de Métodos básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Editora El País.
- Pérez-Bilbao, A. (2006). Coleópteros acuáticos de las Gándaras de Budiño. *Boletín BIGA*. 7, 7-69.
- Plan Xeral de Ordenación Municipal de Tui (PXOM de Tui) (2011). Normas urbanísticas. Disponible en: [PLAN\\_XERAL\\_DE\\_ORDENACION\\_MUNICIPAL\\_TEXTO.pdf](#) (tui.gal) [9 de marzo de 2021]
- QGIS Development Team (2021). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Ramil-Rego, P., Izco, J., Gómez-Orellana, L., Alvite, R., Cillero C., C., Domínguez Conde, J., Muñoz Sobrino, C., Rodríguez Guitián, M., Romero Bujan, I. & Rubinos Román, M. (2002). *Humedales de Galicia*. Xunta de Galicia. Lugo.
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. The Collected papers of C. Raunkier. Oxford University Press. London. England.
- Ríos F., H. & Vargas, O. (2003). *Ecología de las especies invasoras*. Perez Arbelaezia. 14.
- Rivas-Martínez, S. (1977). Datos sobre la vegetación nitrófila española. *Acta Botánica Malacitana*. 3, 159-167. <https://doi.org/10.24310/Actabotanicaabmabm.v3i.9697>
- Rodríguez-Guitián, M.A. & Ramil-Rego, P. (2007). Clasificación climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. *Recursos Rurais*. 3, 31-53. DOI:10.15304/rr.id5318
- Romero F., G. (2013). *Clasificación y ordenación de las Comunidades Vegetales del centro del Estado de Chihuahua, México*. [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Samecka-Cymerman, A.; Kolon K.; Stankiewicz A.; Kaszewska J.; Mróz L. & Kempers, A.J. (2011). Rhizomas and fronds of *Athyrium filix-femina* as possible bioindicators of chemical elements from soils over different parent materials in southwest Poland. *Ecological Indicators*. 11, 1105-1111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.12.010>
- Rivas-Martínez, S. (2005). *Avances en Geobotánica*. Discurso de Apertura del Curso Académico de la Real Academia Nacional de Farmacia del año 2005. <https://ranf.com/wp-content/uploads/academicos/ina/2005.pdf> (Consultado o 18 de abril de 2024).
- Santos, T. & Tellería, J.L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de especies. *Ecosistemas*. 2, 3-12.
- Sans, F.X., Armengot L., Bassa M., Blanco-Moreno J.M., Caballero-López L., Chamorro L., José-María (2013). La intensificación agrícola y la diversidad vegetal en los sistemas cerealistas de secano mediterráneo: implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*. 22 (1), 30-35. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.06>
- Silva-Pando, F.J.; Ramón G., X. & Valdés-Bermejo, E. (1987). *Vegetación de las Gándaras de Budiño*. Diputación de Pontevedra.
- Unión Europea. Decisión 2004/813, de la Comisión de las Comunidades Europeas, de 7 de diciembre, pola que se aproba, de conformidade coa Directiva 92/43/CEE do Consejo, a lista de lugares de importancia comunitaria da rexión bioxeográfica atlántica. Diario Oficial de la Unión Europea L 387/1, 7 de diciembre de 2004.
- Vila, S. (2003). *Antiguas fiestas. Romerías y procesiones del Bajo Miño*. 2ª ed. Tomiño.
- Villaseñor, J.L. (2015). ¿La crisis de la biodiversidad es la crisis de la taxonomía?. *Botanical Sciences*, 93 (1), 3-14. <https://doi.org/10.17129/botsci.456>
- Wilson, E.O. (1992). *The Diversity of Life: Questions of science*. W.W. Norton and Co. Cambridge. Massachusetts, USA.
- Xunta de Galicia (2019). *Anuario de Estadística Forestal de Galicia*. 2018. Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural. Santiago de Compostela.

Francisco Díaz-Fierros Viqueira 

# Os “límites planetarios” en Galicia. Cambios de usos na terra, consumos de auga, nitróxeno e fósforo

Recibido: 9 xaneiro 2024 / Aceptado: 1 xullo de 2024  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

**Resumo** Realízase para Galicia (NO España) unha avaliación dos Límites Planetarios (Rockström, 2009) nos cambios de uso na terra, consumos de auga, ciclos do nitróxeno e do fósforo. Os dous primeiros atópanse na zona de seguridade coas variables de control por debaixo dos límites propostos (Steffen et al. 2015) mentres que os dous seguintes, teñen superado xa estes límites e sitúanse na zona de perigo do sistema-terra.

**Verbas clave** límites planetarios, riscos globais, resiliencia, sistema-terra.

**The planetary boundaries from Galicia. Land system change, freshwater use, nitrogen and phosphorus**

**Abstract** This paper assesses the Planetary Boundaries framework (Rockström, 2009) for Galicia (NW Spain) concerning the land-system change, freshwater use, as well as the nitrogen and phosphorus cycles. The first two boundaries lie in the safe operating space since the control variables are set under the proposed limits (Steffen et al., 2015), whereas the other two transgressed them and they lie in the high-risk zone in the Earth-system.

**Key words** planetary boundaries, global risks, resilience, earth-system.

Francisco Díaz-Fierros Viqueira  
Catedrático Emérito de Edafoloxía e Química Agrícola  
Universidade de Santiago de Compostela

<https://doi.org/10.15304/rr.id10048>



## Introdución

As raíces dunha visión pesimista sobre a capacidade do planeta terra para soste unha poboación que medra exponencialmente, témola que situar xa nas teorías de Thomas Malthus (1766-1834), pero unha formulación máis actual que empataría co movemento crítico sobre os modelos vixentes de crecemento habería que relacionala co traballo do economista Kenneth E. Boulding sobre “A economía da nave espacial terra” (1966) na que contrapoñía a que definía como “economía do cowboy” adaptada aos espazos abertos, con amplos recursos e un sistema de consumo desbaldidor, arrogante e mesmo violento, fronte á “economía do astronauta” que tiña que adaptarse a un espazo pechado de recursos limitados e, polo mesmo, cun sistema de consumo austero e ben axustado ás dispoñibilidades reais, que era o que propoñía para o futuro dun planeta terra que estaba xa a amosar en moitos lugares os límites na explotación dos seus recursos. Esta imaxe do planeta terra como unha nave espacial, tivo moito éxito e mesmo o primeiro Cumio Ambiental celebrado polas NNUU en Estocolmo en 1972 amosaba como logotipo a un ser humano pechado nun círculo e como lema “Unha soa terra”. Nese mesmo ano, o Club de Roma, en colaboración co MIT publicaba *Os Límites do Crecemento* no que se presentaba un conxunto de modelos de desenvolvemento da economía mundial para diferentes alternativas no emprego dos recursos cos que se predicía que de seguir os ritmos de consumo vixentes, a partir do ano 2000, poderían comezar a producirse unha serie de “colapsos” na súa dispoñibilidade.

Desde esa década dos setenta, clave para o comezo do desenvolvemento dos movementos ambientais, comezaron a sucederse toda unha serie de estudos sobre a existencia de límites nos diferentes ámbitos económicos, ata a formulación no 2009 da alternativa que tivo máis vixencia nos medios científicos actuais. Foi a realizada por un grupo de 29 científicos liderados polo sueco Johan Rockström e denominada “Os Límites Planetarios: un espazo seguro

para as actividades da humanidade”. Nela definíanse nove “límites” que non deberían ser superados polas actividades da economía mundial se non se quería entrar nun espazo de perigo e incerteza para o ser humano. Tomando como referencia as condicións ambientais dos dez mil anos de estabilidade planetaria do Holoceno, definíronse como límites, o cambio climático, a perda de biodiversidade, os ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo, os cambios de uso das terras, a destrución do ozono estratosférico, a acidificación dos océanos, o uso da auga doce, os aerosois atmosféricos e a contaminación química. Para cada un deles definíronse unha ou máis variables de control (p.e. o contido en dióxido de carbono da atmosfera para o límite referido ao cambio climático) as que lle foron asignadas valores numéricos que limitaban unha zona de “seguridade”, por enriba da cal se definía un espazo de perigo para o sistema terrestre. Daquela, xa se consideraba que foran traspasados tres límites planetarios (LPs): o cambio climático, a perda de biodiversidade e o ciclo bioxeoquímico do nitróxeno. Posteriormente, foron realizadas revisións da proposta orixinal, no ano 2015 (Steffen et al.), e moi recentemente, en setembro do 2023 (Richardson et al.) Nesta última, estimábase que son xa seis os límites planetarios superados.

Polo interese que esta proposta dos LPs suscitou nos medios académicos e mesmo políticos<sup>(1)</sup> e polas repercusións que a súa aplicación puidera chegar a ter no medio rural foi polo que se considerou de interese coñecer as implicacións que esta teoría e as normas que delas xa se están a derivar a escalas global e nacionais, puideran representar para Galicia.

---

## A rexionalización dos LPs

Aínda que os LPs e as súas variables de control foron definidos orixinalmente a unha escala global referida a todo o planeta terra, aos poucos anos, como consecuencia do interese que despertaron na comunidade científica e política, naceu a demanda da súa posible adaptación a menores escalas (nacional, rexional, sectorial, etc.), que era a única maneira en que puideran ser empregados como un instrumento orientador e normativo para as políticas medioambientais. E así, no 2013, Nykvist et al., propuxeron unha metodoloxía de rexionalización para Suecia das variables de control dos LPs baseada esencialmente no suposto de traballo dunha distribución repartida homoxéneamente entre a poboación mundial, polo que os valores *per capita* das variables, eran os datos de referencia que se aplicaban ás condicións suecas. Dous anos despois, Steffen et al. (2015), con parte do equipo orixinal que formulou a proposta, na revisión dos LPs que publicaron, recoñecían tamén a necesidade desta rexionalización e realizaban unha proposta propia que se centraba naqueles LPs nos que “as escalas operativas tiñan unha forte dependencia rexional” como era o caso dos fluxos xeoquímicos do nitróxeno e do fósforo, a integridade da biosfera, os cambios nos “land-systems”, o uso da auga doce e a carga en aerosois da atmosfera. Definían un sistema de avaliación dos LPs de dúas

variables: a nivel global e subglobal, propoñendo para este último nivel e para catro dos nove LPs considerados orixinalmente, como unidades territoriais das variables de control, as seguintes: para os cambios nos “land systems”, os biomas – nomeadamente o forestal -, para os usos da auga, as grandes cuncas hidrográficas, e para os cambios nos fluxos xeoquímicos, os consumos por superficie agrícola destes nutrientes. Os restantes límites, por problemas fundamentalmente metodolóxicos dunha definición máis consistente das variables, non foron considerados nese traballo.

Houbo máis estudos a nivel subglobal, como os de Dearing et al. (2014) para a China, Hoff et al. (2014) para a EU, Dao et al. (2018) para Suíza e o de Marquet et al. (2022) para Chile, entre outros. No 2016, Fanning e O’Neill da Universidade de Leeds (UK), realizaron unha avaliación dos LPs para España e Canadá, empregando fundamentalmente a metodoloxía proposta por Steffen et al. (2015) e con ela atoparon que tanto ao nivel do estado (España) como da comunidade analizada (Andalucía) os límites relativos aos nutrientes, auga, cambios de uso da terra e, a maiores, as emisións de dióxido de carbono que tamén foron estudadas, estaban xa sobrepasados.

Neste traballo, relativo a Galicia, vaise empregar a metodoloxía proposta por Steffen et al. (2015) non só porque corresponde á da institución que os definiu orixinalmente e está a mellorar en diferentes alternativas as definicións e cálculos dos LPs, se non porque é tamén a que se está a utilizar, con diferentes variantes, na maioría das avaliacións realizadas ata agora. A proposta máis recente, de Richardson et al. do 2023, aínda que propón melloras substanciais na medida das variables de control, ofrece, polo momento importantes dificultades para a aplicación destes parámetros a escalas subglobais.

---

## Metodoloxía

### Cambio de uso das terras

De acordo con Steffen et al. (2015) a variable de control que define este LP sitúase a nivel de bioma e calcúlase a partir da superficie forestada actual, segundo o criterio da FAO<sup>(2)</sup> e no noso caso, de acordo cos *Primeiros Resultados do Inventario Forestal Continuo de Galicia* (Xunta de Galicia, 2023). Con relación a superficie forestada potencial tomase como referencia a que se atoparía no Holoceno no momento da súa máxima expansión (8.000 a 6.000 BP). Para coñecer cal sería a superficie que ocupaba en Galicia o bosque no Holoceno utilízanse como referencia os mapas que Zanon et al. (2018) publicaron sobre a extensión do bosque en Europa desde os 12.000 anos BP ata os 1.000 BP a partir de datos palinolóxicos, sensores remotos e modelos analóxicos actuais. Para os diferentes biomas, segundo Steffen et al. (2015) aplícase un factor de redución (do 0.85 nos biomas tropical e boreal e do 0.50 no bioma temperado).

## Utilización da auga doce

A variable de control sería a correspondente á máxima cantidade de “auga azul”<sup>(3)</sup> permitida dunha determinada cunca, expresada como porcentaxe do fluxo medio mensual. O LP proposto de auga doce utilizable para o nivel de cunca, sería o correspondente ao 25 % dos períodos de fluxo baixo, máis o 30 %, do intermedio e o 55 %, do alto. A segmentación dos tres períodos propostos realizarase a partir do traballo de Pastor et al. (2014), que denomina fluxo alto ao correspondente aos valores superiores ao 80 % dos caudais mensuais, intermedio, ao situado entre o 80 e o 40 % e baixo, os inferiores ao 40 %. Neste traballo utilizouse como valor de referencia o correspondente as oito cunhas máis importantes (Navia-Grandas, Eo, Eume, Anllóns, Tambre, Ulla, Lerez, Miño e Sil-A Frieira, e Limia), que supoñen o 68 % da superficie total galega (Díaz-Fierros et al., 1993) e un procedemento simplificado de cálculo a partir de un ordeamento previo dos doce caudais mensuais, de maior a menor, e a selección dos tres meses de máis caudal como fluxo alto (suporía o 79 % fronte ao 80 % proposto no traballo orixinal) e os catro meses de menor caudal, como fluxo baixo (o 37.5 % fronte ao 40%). Os cinco meses restantes corresponderían ao fluxo mensual intermedio. Os datos de caudais medios mensuais das principais cuncas de Galicia, foron tomados de Río Barja e Rodríguez Lestegás (1992).

## Ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo

De acordo con Steffen et al. (2015) a variable de control para o nitróxeno sería de 62 Tg. ( $62 \cdot 10^9$  Kg.).ano<sup>-1</sup>, que referida á superficie total de terra arable<sup>(4)</sup> do planeta ( $1.550.308 \cdot 10^3$  hectáreas, no 2015), segundo o *World Food and Agriculture Yerrbook. 2022*, que sería só lixeramente inferior ao do 2020, de  $1.561.668 \cdot 10^3$  hectáreas, serían de 40 kg. ha. ano<sup>-1</sup>. Para o fósforo, a variable de control sería

de 6.2 Tg. ano<sup>-1</sup> que referida á superficie global de terra arable resultaría de 4.0 kg. ha. ano<sup>-1</sup>. A cantidade de nitróxeno empregado en Galicia, obtense dos datos achegados polo *Balace del nitróxeno en la agricultura española. Año 2016* (MAPA, 2018) xa que os balances posteriores publicados non inclúen, entre outros datos, o do nitróxeno fixado bioloxicamente, dato necesario para aplicalo ao cálculo dos LPs. Para o fósforo, téñense en conta os datos do achegado como abono mineral do MAPA do ano 2020 (estatísticas dos anos seguintes están afectadas pola pandemia) e para o fósforo orgánico, o derivado dos datos do *Balace de nitróxeno de la agricultura española-2016*, MAPA, 2018), así como a relación 11.8 referida ao nitróxeno achegado, que é a que se acepta, a nivel global, para os vertidos destes nutrientes ás augas (Steffen et al. 2015), relación que por outro lado non difire moito da atopada para os abonos orgánicos galegos entre estes nutrientes, que foi de 12.0 para o de vacún e de 11.5 para o de porcino (Carballas e Díaz-Fierros, 1990).

## Resultados

### Cambio de uso das terras

De acordo cos mapas de Zanon et al. (2018) a porcentaxe de superficie arborada de Galicia para o período comprendido entre os 8.000 BP e 6.000 BP sería do 60 %. Aplicándolle o factor 0.50 á superficie total de Galicia, o resultado final para a variable de control rexionalizada sería:  $2.957.400 \text{ ha} \times 0.60 \times 0.50 = 887.720 \text{ ha}$ .

E de acordo cos datos dos Primeiros resultados do Inventario Forestal Continuo de Galicia (Xunta de Galicia, 2023) a superficie forestal arborizada (eucalipto, coníferas e frondosas) e non forestal arborizado (eucalipto, coníferas e frondosas), sería: 1.349.632 ha.

Cunca	C. alto x 0.55	C. medio x 0.30	C. baixo x 0.25	TOTAL
Navia	159	78	10	247
Eo	73	37	14	674
Eume	143	76	17	236
Anllóns	33	14	3	50
Tambre	204	79	13	296
Ulla	216	102	16	334
Lerez	54	17	5	76
Miño-Sil	741	374	81	1.196
Limia	105	39	5	149

**Táboa 1.-** Caudais medios das principais cuncas galegas, en Hm<sup>3</sup> (Río Barja e Rodríguez Lestegás, 1993) multiplicados polos coeficientes propostos por Steffen et al. (2015) para o cálculo da variable de control relativa ao uso da auga doce

**Table 1.-** Mean water flows in the main Galician basins in Hm<sup>3</sup> (Río Barja & Rodríguez Lestegás, 1993) multiplied by the coefficients proposed by Steffen et al. (2015) to calculate the freshwater use control variable



## Utilización da auga doce

Os valores de caudais medios das principais cuncas galegas, intermedio e alto, como propoñen Steffen W et al. (2015) para o cálculo da variable de control correspondente, preséntanse na Táboa 1. Os valores totais das cuncas consideradas serían de 2.708 Hm<sup>3</sup> que referidos ao total da superficie galega <sup>(5)</sup> darían o valor correspondente á variable de control de: 3.982 Hm<sup>3</sup>.

Para coñecer as demandas en auga dos diferentes usos, unha referencia fundamental segue a ser o *Libro Blanco del Agua en España* (2000) (LBA), pola consistencia da súa metodoloxía e a posibilidade de poder analizar os datos de Galicia dun xeito homoxéneo a partir das informacións correspondentes as cuncas Norte I, Norte II e Duero. Unha alternativa máis actual, aínda que con algúns problemas relativos aos datos da rega sería a correspondente aos Planos de Cuencas Hidrográficas (PHC) de Galicia-Costa e Miño-Sil que aparecen no *Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España. Año 2021*, do MITECO. Para referilos á totalidade do territorio galego, os datos correspondentes a Galicia-Costa multiplícanse polo factor 1.13 para integrar a superficie galega das cuncas do Navia e do Eo e na cunca Miño-Sil polo factor 0.87 para descontar a parte correspondente ao Sil superior (non galega) e integrar a relativa a cunca do Duero (Díaz-Fierros, Nuñez e López, 1993). Estes datos aparecen na Táboa 2. Con relación aos usos urbanos e industrial, as dúas fontes de información presentan datos coherentes, cun lixeiro aumento dos valores, perfectamente xustificable, nos referentes ao ano 2021 fronte aos do ano 1998 (data dos datos do LBA).

O problema está nos datos do uso agrario e, máis concretamente, nas superficies regables que considera cada informe. Segundo noso criterio, os datos dos PHC que se nutren só das regas administrativamente recoñecidas é claramente insuficiente. O PHC con datos do ano 2015 consideran como zonas de rega, no caso de Galicia-Costa, de 4.327 ha a 7.593 ha e, na do Miño-Sil, 15.078 ha. En cambio, o *Plan Nacional de Regadíos-Horizonte 2008* do MAPA, estima estes valores para Galicia nas 85.400 ha e Neira et al. (1994) en 135.000 ha., valor este último que consideramos é o que se achega máis á realidade. Por

estas razóns aceptamos como valores de referencia para usos urbanos e industriais os do *Informe* do MITECO do 2022 (que tamén xa inclúe a acuicultura como uso, algo que no facía o do LBA, do 2000) pero para os correspondentes ao uso agrario, os substituímos, en cambio, polos do LBA (2000) que responden mellor á realidade galega da rega. En consecuencia, a demanda total da auga en Galicia sería (330 + 983 + 170 + 391): 1.874 Hm<sup>3</sup>. ano<sup>-1</sup>.

## Ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo

Na Táboa 3, preséntanse diferentes alternativas de aplicación de fósforo e nitróxeno aos cultivos segundo sexa o tipo de fertilizante (mineral ou orgánico) así como o tipo de superficie sobre a que se refire o cálculo (SAU ou SAU+PP)<sup>(6)</sup>.

Os valores de referencia segundo Steffen et al. (2015) serían os subtotais aplicados á SAU: 52.3 N/SAU e 4.98 P/SAU.

## Discusión

Os límites planetarios están a se fundamentar na teoría que considera a Terra como un sistema pechado cunha estrutura e, sobre todo, unhas funcións e procesos que están fondamente interrelacionados. A estabilidade que caracterizou a este sistema-terra nos últimos dez mil anos rematou cunha etapa de importantes alteracións a partir do século XVIII coa chegada da Idade Industrial, de tal magnitude que na actualidade estase a temer que se poidan superar xa determinados puntos de inflexión a partir dos cales se vexa comprometida seriamente a capacidade de resiliencia do planeta. Co a idea de facer compatibles o desenvolvemento económico coa estabilidade do sistema-terra foron definidos, no 2009, os nove Límites do Planeta cos que se pretendían definir un “espacio de seguridade para as actividades das sociedades humanas actuais” (Steffen et al. 2015). Estes límites foron definidos considerando sobre todo os problemas que podían xerarse ao ser superados determinados niveis de seguridade que se caracterizaban por parámetros ou variables de control específicas.

Usos da auga	<i>Libro Blanco del Agua</i> (2000)	PHC Galicia-Costa x 1.13	PHC Miño-Sil X 0.87	PHC Galicia-C + Miño-Sil
Urbano	299	249	81	330
Industrial	146	141	29	170
Agrícola	983	35	267	302
Acuicultura	- - - -	306	85	391

**Táboa 2.-** Demandas de auga (en Hm<sup>3</sup>. ano<sup>-1</sup> ) para os diferentes usos segundo o *Libro Blanco del Agua en España* (2000) e o *Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España* (MITECO, 2022)

**Table 2.-** Water demands (Hm<sup>3</sup>/year) for different uses, according to *Libro Blanco de Agua en España* (2000) and “*Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España* (MITECO, 2022)”

Tipo de fertilizante	Kg N/ ha SAU	Kg P/ha SAU	Kg N/ha SAU + PP	Kg P/ha SAU + PP
Mineral	36.0	4.98	31.90	3.04
Fixación Biolóxica	16.3	--	9.94	--
SUBTOTAL	52.3	4.98	41.84	3.04
Abonos orgánicos	77.1	6.53	46.34	3.92
TOTAL	129.4	11.51	88.18	6.96

**Táboa 3.-** Abonado nitróxeno, segundo seu tipo (Balance del nitrógeno en la agricultura española. Año 2016 , MAPA, 2018) referido a SAU e PP segundo o IGE (2020). Abonado fosfatado, mineral, segundo datos do MAPA 2016 e orgánico aplicando o coeficiente de transformación N/P de 11.8 (Steffen et al. 2015)

**Table 3.-** Nitrogen fertilization by type (Balance de nitrógeno en la agricultura española, 2016, MAPA, 2018) as regards SAU and PP, according to IGE (2020) Phosphated, mineral fertilization, according MAPA 2016 and organic fertilization applying the N/P transgression coefficient of 11.8 (Steffen et al. 2015)

Destes nove límites, dous deles, o cambio climático e a integridade da biosfera, consideráronse como “nucleares” polo seu carácter máis xeral e de control sobre outros moitos procesos e funcións. Así mesmo, polo seu carácter global, eran tamén os que presentaban máis dificultades para a súa desagregación en unidades territoriais menores. Os sete límites restantes foron obxecto de diferentes procesos de rexionalización, nomeadamente os relativos a cambios no sistema-terra, usos da auga e ciclos do nitróxeno e do fósforo, e que foron os que se tiveron en consideración neste traballo.

### Cambios no sistema-terra

Neste caso, foi escollida como variable de control a porcentaxe de cambio na superficie forestal perdida con relación ao máximo acadado no Holoceno polo seu importante papel como regulador do contido en dióxido de carbono da atmosfera, a integridade do solo e a calidade das augas. Foi considerada toda a superficie forestal e reforestada actual, e non se tivo en conta só a correspondente aos bosques denominados “naturais” que son reservas fundamentais da biodiversidade, porque esta variable xa se considerou no límite “nuclear” correspondente á integridade da biosfera. En Galicia, o importante proceso de reforestación que ocupou unha boa parte do século XX e comezos do XXI, supuxo que a superficie potencial acadada polo bosque no Holoceno e a variable de control correspondente (887.720 ha) fora superada amplamente na actualidade (1.349.632 ha) polo que segundo os criterios de Steffen et al. (2015) atopariámonos dentro do nivel de “seguridade” definido por esta variable.

### Usos da auga

Para a definición da variable de control tívose en conta a necesidade de garantir uns caudais mínimos que permitirán un mantemento sostible das principais funcións derivadas da auga, nomeadamente, as de tipo ambiental. Dos numerosos métodos de medida destas caudais,

coñecidos coloquialmente como “ecolóxicos”, Steffen et al. (2015) propuxeron o de Pastor et al. (2014). De acordo con el, o caudal anual mínimo que habería que garantir sería de  $3.982 \text{ Hm}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ , que está aínda moi por enriba do total das demandas anuais en auga de Galicia para as actividades urbanas, agrarias, industriais e de acuicultura ( $1.874 \text{ Hm}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ ). En consecuencia, este límite planetario tampoco estaría sobrepasado.

### Ciclo bioxeoquímico do nitróxeno

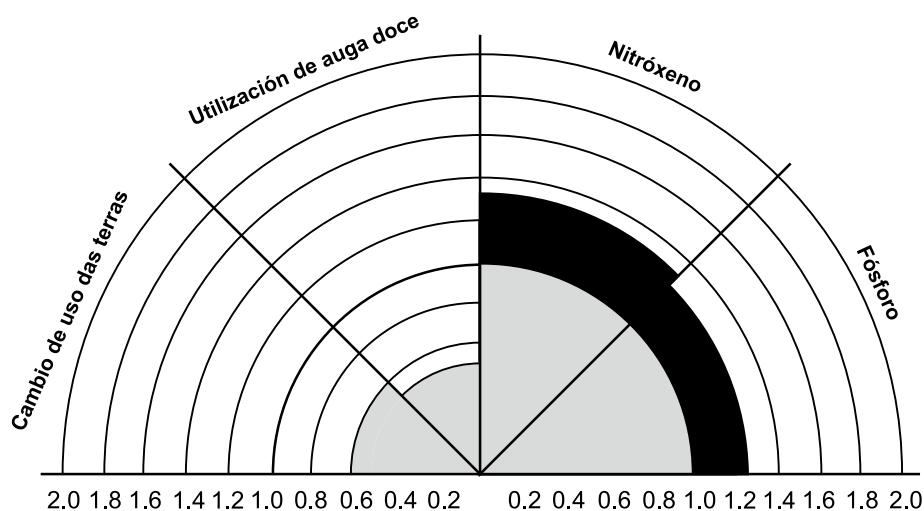
Esta variable se definiría en relación cos procesos de eutrofización que as achegas deste elemento poderían orixinar nas augas continentais e costeiras de acordo coas consideracións máis actualizadas deste problema (De Vries et al., 2013). Os datos neste caso, considerando as achegas do nitróxeno extraído da atmosfera polos procesos de fixación industrial (Procedemento Haber-Bosch) e biolóxica,  $52.3 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , amosarían xa unha superación do valor de referencia ( $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) polo que en Galicia atopariámonos, logo, na zona de perigo. De todas maneiras, podería ser aínda máis grave a valoración, se se ten en conta que na realidade a maior parte do abonado nitróxeno é de tipo orgánico, que non se considerou neste cálculo, no que se aplicaron estritamente os criterios de Steffen et al. (2015), polo que si agora o considerásemos, teríamos que a totalidade do nitróxeno achegado ás terras en Galicia sería de  $88.18 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  (e pola mesma coherencia coa realidade a superficie de referencia neste caso debería ser a das terras arables máis os prados permanentes). Neste caso, sería máis do dobre do nivel de seguridade polo que, de acordo coas bases teóricas que fundamentan esta variable, deberían existir xa problemas de eutrofización nas augas galegas. De todas maneiras, os datos do Ministerio de Transición Ecolóxica e Cambio Climático (MITECO, 2023) no informe á UE do período 2016-2019 sobre o *Estado de los nitratos en España* amosan para Galicia unha situación aínda non excesivamente dramática: Para as augas superficiais (297 mostras), un 75 % con menos de  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  e un 25 % de 2 a  $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  de contido en nitratos; para as subterráneas (97 mostras) un 90 % con menos de  $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , un 8 % de 25 a

40 e un 2 % de 40 a 50 mg. l<sup>-1</sup> e para as augas costeiras (62 mostras), un 8 % con menos de 2 mg. l<sup>-1</sup> e un 13 % de 2 a 10 mg. l<sup>-1</sup>.

O fósforo, non foi analizado co mesmo detalle que o nitróxeno, pero si o foi o nivel de eutrofización das augas, proceso que en boa parte é consecuencia do contido neste elemento. Neste caso a situación non é tan favorable ao comprobar que no caso particular das augas costeiras, o 23 % poden considerarse xa como eutróficas.

Noutro informe do MITECO (2023) sobre *La eutrofización en España* amósase que a totalidade dos encoros de Galicia-Costa están en risco de eutrofización, o mesmo que

acontece co 84 % dos correspondentes á cunca Miño-Sil, aínda que en ningunha das dúas demarcacións hidrográficas existen polo momento augas plenamente eutrofizadas. En consecuencia, poderíase concluir que o nivel de eutrofización das augas galegas<sup>(7)</sup> xa perceptible e moderadamente preocupante na actualidade, podería estar relacionado coa superación do LP correspondente ao fósforo. Aínda que, habería que sinalar que polo de agora resulta notoriamente máis baixo que a nivel do planeta. Un resumo gráfico destes datos relativos a estes catro Límites Planetarios en Galicia, axustado aos diagramas radiais clásicos nos que se expresan a cotío, aparece na Figura 1.



**Figura 1.-** Representación das variables de control de catro Límites Planetarios (Cambio de uso das terras, utilización da auga doce, achegas de nitróxeno e de fósforo). Cor gris: zona de seguridade, cor negro: zona de risco

**Figure 1.-** Representation of the control variables of four Planetary Boundaries (land-system change, freshwater use and nitrogen and phosphorus intakes (Grey area - Safe operation space; black area – Risk zone

Os Límites Planetarios supoñen na actualidade unha formulación plenamente aceptada e difundida pola comunidade científica e tamén nunha boa parte dos países do contorno do primeiro mundo. Non tanto, nos estados en proceso de desenvolvemento, onde é considerado como unha restricción máis as súas aspiracións de aumento no seu nivel de vida (Biermann e Kim, 2020). Para compaxinar este incremento no consumo de recursos indispensables para atallar necesidades elementais como a alimentación, vivenda, educación, saúde, etc. Raworth (2017) propuxo un diagrama alternativo no que se consideraba un primeiro espacio no que se debería permitir un nivel de consumo de recursos mínimo para acadar a satisfacción das esixencias máis elementais de nivel de vida e outro espacio, xa específico para os LPs, no que se situarían os niveis de seguridade e de risco correspondentes. Este modelo,

conocido popularmente, pola súa forma, como o do “donut”, serviría para representar a situación duns novos Límites definidos agora como “Sociais e Planetarios”.

En conclusión, na actualidade a proposta dos Límites Planetarios de Rockström et al. (2009) é unha formulación plenamente vixente, pero que pola súa propia definición se atopa nun proceso permanente de reforma e actualización, como ás do 2015 e 2023<sup>(8)</sup> para conseguir que as variables de control se axusten o mellor posible á situación actual, e sobre todo, futura, do planeta. E como sinala un dos seus críticos actuais (Biermann e Kim, 2020) á parte dos seus evidentes logros, fican aínda por conseguir importantes obxectivos como serían un mellor coñecemento sobre a institucionalización, coordinación, operatividade e democratización dos LPs, incluír nos procesos de rexionalización as cuestións da equidade e xustiza, e

finalmente, formular alternativas non só para un espacio de seguridade construído polas variables actuais se non tamén polas que se poden desenvolver e imaxinar cara un futuro.

## NOTAS

(1) A finais do 2023 as referencias en Google estaban nos 150 millóns e as citas bibliográficas no contorno das 7.000 (Biermann e Kim, 2020)

(2) O *World Food and Agriculture Statistical Yearbook* (2022) considera “Terra forestal” o espacio de máis de 0,5 has. con árbores de máis de 5 m. e unha cobertura de máis do 10% . estarían incluídos polo mesmo todo tipo de arborado: natural e plantado.

(3) “Auga azul” é a correspondente á que flúe polos cauces superficiais despois de substraerlle á que é devolta a atmósfera polos procesos de evaporación e transpiración polo solo e a vexetación (“Auga verde”)

(4) “Terra arable” é a superficie dedicada a cultivos temporais, prados e pastos temporais e terras con barbeitos, tamén temporais (*World Food and Agriculture Statistics Yearbook* (2022).

(5) Os caudais e a súa relación coas superficies que os xeneran presentan unha grande homoxeneidade no territorio galego (Álvarez, Puerta y Díaz-Fierros, 2001), polo que se poden utilizar con seguridade as relación territoriais entre as cuncas e as súas achegas en auga.

(6) SAU = superficie agrícola útil, que segundo o Instituto Galego de Estatística do ano 2020 serían de 597.993 has.; PP = prados permanentes, que segundo a mesma fonte, serían 396.776 has.

(7) A contaminación por fosfatos das augas terrestres é o factor limitante da eutrofización, metres que nas costeiras, a contaminación con nitróxeno xunto coa do fosforo, poden contribuir a este problema.

(8) Nesta última actualización mantéñense iguais as variables de control correspondentes ao cambio do sistema terra e as relativas aos ciclos do nitróxeno e fósforo. A correspondente ao consumo de auga doce, descompóñese en dúas variables: unha relativa á auga azul e outra á verde, definíndose parámetros específicos para cada un delas.

## Bibliografía

Álvarez, M. Puertas, J. & Díaz-Fierros, F. (2001). Análisis regional de avenidas en la zona atlántica de Galicia, noroeste de España. *Ingeniería Hidráulica de México XVI*(2): 67-76.

Biermann, F. & Kim, R.E. (2020). The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to Define a “Safe Operating Space” for Humanity. *Ann. Rev. Environm. Resourc.* 45: 497-521.

Boulding, K. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: H. Jarret (ed.): *Environmental Quality in a Growing Economy*. John Hopkins Univ. Press. Baltimore.

Carballas, T. & Díaz-Fierros, F. (1990). El purín de vacuno en Galicia. Caracterización, poder fertilizante y problemas ambientales. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

Dao H, Pedrzi P & Friot D. (2018). National environmental limits and footprints base don the planetary boundaries framework: the case in Switzerland. *Glob. Environm. Change* 52: 49-57.

Dearing JA, Wang R, Zhang K, Dyke JG et al. (2014). Safe and just operating spaces for regional social-ecological systems. *Glob. Environm. Change* 28: 227-238.

Díaz-Fierros, F., Núñez, A. & López, E. (1993). As concas fluviais de Galicia. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Fanning, A.I. & O’Neill, D.W. (2016). Tracking resource use relative to planetary boundaries in a steady-state framework. A case study of Canada and Spain. *Ecol. Indicators* 69: 836-849.

FAO. (2022). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. Roma.

Hoff H, Nykvist B & Carson M. (2014). Living well, within the limits of our planets? Measuring Europe’s growing external footprint. Stockholm Environment Institute. Stockholm.

Instituto Galego de Estatística (2020). Distribución de superficies segundo usos (ano 2020).

MAPA (2018). Balance de nitróxeno 2016. Madrid.

Marquet, P.A. et al. (2022). Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: oportunidades para una recuperación postpandemia más sostenible y con bajas emisiones de Carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS. 2022/35) CEPAL. Santiago de Chile.

Meadows, D.H et al. (2022). Os límites do crecemento. Ed. Galaxia, Vigo.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008 [https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/actuaciones-regadios/default\\_2.1.1.1.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/actuaciones-regadios/default_2.1.1.1.aspx).

Ministerio de Medio Ambiente (2000). Libro Blanco del Agua en España. Madrid.

MITECO (2022). Informe de seguimiento de los Planes Hidrológicos de Cuenca y de los recursos hídricos de España. Año 2021. Madrid.

MITECO (2023). Estado de los nitratos en España [www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protección-nitratos-pesticidas/documentos-publicaciones.html](http://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protección-nitratos-pesticidas/documentos-publicaciones.html). (consultado o 17/12/2023).

- MITECO (2023). “La eutrofización en España. [www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-eutrofizacion/eutrofizacion-espana.html](http://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-eutrofizacion/eutrofizacion-espana.html) (consultado o 17/12/2023)
- Neira Seijo, X., Paz González, A., Alvarez López, C. & Velo Sabin, R. (1994). Sistemas de regadío en Galicia. Semana Verde de Galicia. Agricultura: 392-393.
- Nykvist B., Person A., Moberg, F., Person, L., Cornell, S. & Rockström, J. (2013). National environmental performance on planetary boundaries: a study for the Swedish Environmental Protection Agency. Rep. 6576, Swde. Environm. Protect. Agency. Stockholm.
- Pastor, A.V., Ludwig, F., Biemans, H., Hoff, H. e Kabat, P. (2014). Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18: 5041-5059.
- Raworth K. (2017). A doughnut for the Anthropocene: humanity’s compass in the 21st century. *The Lancet* 1.
- Richardson, K. et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9 (37), eadh2458: 1-16.
- Río Barja, F. & Rodríguez Lestegás, F. (1992). Os ríos galegos. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela.
- Rockström, J.W. et al. (2009) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14 (2). URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Steffen, W. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on changing planet. *Science* 347, (6223): 1-10. 1259855. (más Supplementary Materials).
- De Vries W., Kros J., Kroeze C. & Seitzinger S.P. (2013). Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Curr. Opinion Environm. Sustainability* 5(3-4): 392-402.
- Xunta de Galicia (2023). Primeiros resultados do Inventario Forestal Continúo de Galicia. Santiago.
- Zanon, M., Basil, A., Davis, S., Marquer, L., Brewer, S. & Kaplan, JO. (2018). European Forest Cover During Past 12.000 years: A Palynological Reconstruction Base on Modern Analogs and Remote Sensing. *Frontiers Plan Sci.*9.253. [10.3389/fpls.2018.00253](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00253).

Artigo

Ronald Rangel<sup>ID</sup> · Juan López<sup>ID</sup> · Pedro Salcedo · Raquel Valencia Alvia · José Gregorio Camacho · Beckenbauer Gregory Camacho Salcedo · Oriana Paola Méndez Ramírez · Iraima Del Valle Dugarte Sulbaran

## Evaluación del método de refinamiento en un sector del bosque nublado montano, San Eusebio, Mérida – Venezuela

Recibido: 18 xullo 2023 / Aceptado: 9 setembro 2024  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

**Resumen** El objetivo de este trabajo fue determinar la composición florística y estructura de un ecosistema 60 años después de aplicar el método Refinamiento, dentro de un sector del Bosque San Eusebio, La Carbonera, Mérida – Venezuela. Se establecieron, dos parcelas de 0,1 ha (50x20 m), una por cada área seleccionada: a) una dentro del bosque primario (testigo) y b) una dentro del bosque intervenido (refinamiento). En cada parcela, se midieron todos los individuos de especies arbóreas con un DAP  $\geq 10$  cm. Se registraron 113 individuos, clasificados en 15 familias y 22 especies. En el bosque no intervenido, se encontraron 13 especies arbóreas agrupadas en 9 familias y en el bosque intervenido, se encontraron 16 especies en 11 familias, siendo Rosaceae y Euphorbiaceae las más representativas para ambos tipos de bosques con un Índice de Valor Familiar (IVF%) superior al 14%. Según el Índice de Valor de Importancia (IVI%), las especies más importantes del bosque no intervenido: *Prunus mortziana*, *Myrcia fallax*, *Laplacea semiserrata* y *Citharexylum subflavescens*. Para el bosque intervenido, las especies *Prunus mortziana*, *Hieronyma oblonga* var. *obtusata* y *Guettarda steyermarkii*. El índice Shannon-Wiener fue 2,76 para el bosque intervenido. La densidad promedio fue 560 individuos/ha.

**Palabras claves** Bosque nublado San Eusebio, refinamiento, diversidad alfa y beta, índice de valor de importancia, Venezuela.

### *Evaluation of the refinement method in a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida – Venezuela*

**Abstract** The objective of this work was to determine the floristic composition and structure of an ecosystem 60 years after applying the Refinement method, within a sector of the San Eusebio Forest, La Carbonera, Mérida – Venezuela. Two plots of 0.1 ha (50x20 m) were established, one for each selected area: a) one within the primary forest (control) and b) one within the intervened forest (refinement). In each plot, all individuals of tree species with a DBH  $\geq 10$  cm were measured. 113 individuals were recorded, classified into 15 families and 22 species. In the undisturbed forest, 13 tree species were found grouped in 9 families and in the intervened forest, 16 species were found in 11 families, with Rosaceae and Euphorbiaceae being the most representative for both types of forests with a Family Value Index (IVF%) greater than 14%. According to the Importance Value Index (IVI%), the most important species in the undisturbed forest: *Prunus mortziana*, *Myrcia fallax*, *Laplacea semiserrata* and *Citharexylum subflavescens*. For the intervened forest, the species *Prunus mortziana*, *Hieronyma oblonga* var. *obtusata* and *Guettarda steyermarkii*. The Shannon-Wiener index was 2.76 for the intervened forest. The average density was 560 individuals/ha.

**Keywords** San Eusebio cloud forest, refinement, alpha and beta diversity, importance value index, Venezuela.

Ronald Rangel · Juan López · Pedro Salcedo · Raquel Valencia Alvia · José Gregorio DamerizCamacho · Beckenbauer Gregory Camacho Salcedo · Oriana Paola Méndez Ramírez · Iraima Del Valle Dugarte Sulbaran

Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela  
e-mail: rangelronald794@gmail.com

<https://doi.org/10.15304/rr.id10128>

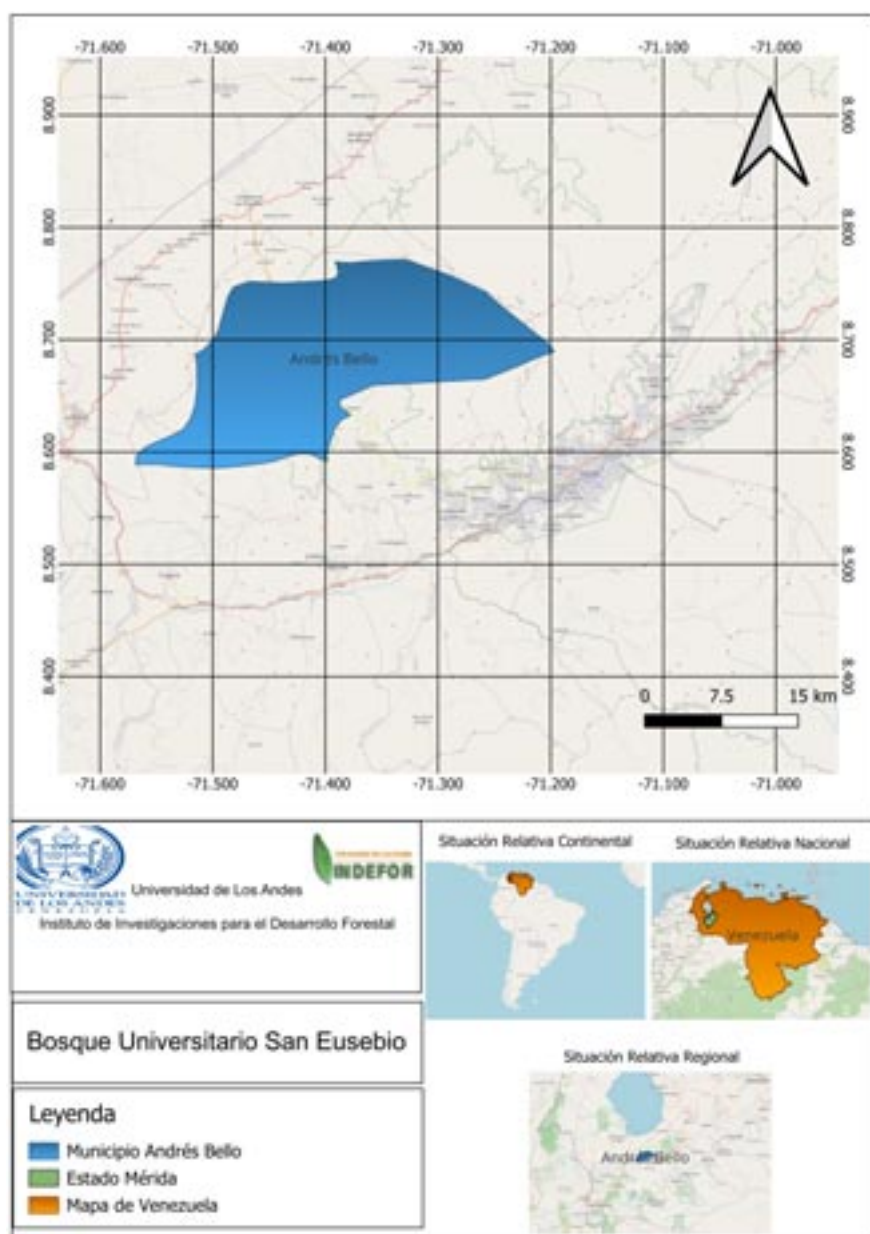


### Introducción

Las selvas o bosques nublados de Venezuela son las unidades forestales húmedas de montaña más importantes en extensión y conservación. Se ubican en la zona de condensación de nubes orográficas, con altas (precipitaciones, humedad relativa) y baja radiación. Se

encuentran entre 600-800 msnm (montañas costeras) hasta 1800-3000 msnm (Cordillera de Los Andes) con doseles superiores a los 20 m de altura (Ataroff & García-Nuñez, 2013). El Bosque Universitario San Eusebio (Figura 1), representativo de la selva nublada andina, constituye un ecosistema importante, que brinda protección al suelo y regula el régimen hídrico; además, es considerado como un reservorio de recursos genéticos, debido a su gran diversidad de flora y fauna que permite valorarla como un área de gran potencialidad para la investigación (Ramos & Plonczak, 2007). Para poder garantizar estrategias adecuadas del manejo y conservación de estos bosques, se hace necesario establecer ensayos que permitan observar a través de un monitoreo constante la dinámica de las diferentes comunidades vegetales.

Para 1971, se estableció un ensayo de refinamiento (método de transformación indirecta del bosque tropical natural que consiste en la aplicación de Cortas de Mejora a masas boscosas jóvenes, alrededor de 100 individuos/ha; Lamprecht, 1962, 1967a, 1967b), en una parcela de 0.5 ha (Rodal 2). Dentro de las intervenciones silviculturales se realizaron limpiezas, cortas de bejucos y trepadoras, así como también anillamientos de árboles indeseables. Como aporte para dar a conocer los cambios continuos y comportamientos particulares en el transcurso de crecimiento de diferentes especies arbóreas se desarrolló el presente estudio buscando así analizar la estructura, composición florística y dinamismo dentro del área luego de 52 años de haberse establecido este ensayo.



**Figura 1.-** Ubicación Relativa Nacional, Regional y Local, Bosque Universitario, San Eusebio, Mérida - Venezuela. Fuente: Elaboración propia

**Figure 1.-** Relative National, Regional and Local Location, Bosque Universitario, San Eusebio, Mérida - Venezuela. Source: Self made

## Material y Métodos

### Área de Estudio

El Bosque Universitario “San Eusebio” (BUSE), está ubicado en el Valle alto La Carbonera, Municipio Zerpa del estado Mérida-Venezuela, aproximadamente a 70 km de distancia de la ciudad de Mérida y a 20 km de la Azulita, a través de la carretera asfaltada que une ambas poblaciones (Valcarcel, 2015), entre las coordenadas (8°37'00" N - 71°21'00" W, Ramírez-Angulo *et al.*, 2002; Ramos & Plonczak, 2007; Quevedo *et al.*, 2016) (Figura 1). La superficie aproximada es de 368 ha (Ramos & Plonczak, 2007; Valcarcel, 2015), con valores promedios: a) altitud 2200-2600 msnm (Valcarcel, 2015); b) temperatura 14,9°C (Ramírez-Angulo *et al.*, 2002; Quevedo *et al.*, 2016); c) precipitación 1400-1560 mm (Ramírez-Angulo *et al.*, 2002; Quevedo *et al.*, 2016); d) bosque húmedo montano bajo (bh-MB, Holdridge, 1978). El relieve típico es de colinas redondeadas, con pendientes que varía entre 10 y 60 %. (Márquez, 1990; Ramírez-Angulo *et al.*, 2002).

Los suelos principalmente Inceptisoles, con textura variable al igual que la profundidad, tiene un alto contenido de materia orgánica (5,5% C) y buen drenaje, fluctuando entre franco-arcillosos hasta arcillosos, el drenaje varía con la pendiente (Hetsch & Hoheisel, 1976; Ramos & Plonczak, 2007). El bosque primario puede alcanzar alturas de hasta 30 m (Ewel & Madriz, 1976). Las familias arbóreas predominantes son: Lauraceae, Melastomataceae, Guttiferae, Euphorbiaceae, Myrtaceae y Podocarpaceae (Quevedo *et al.*, 2016). Dentro de las especies características se encuentran: *Alchornea grandiflora*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea* spp., *Sapium stylare* y *Decussocarpus rospigliosii* (Veillon, 1985).

### Diseño y levantamiento de las parcelas

El área de estudio está ubicada en el Rodal 2 del BUSE (Figura 1). Con la finalidad de poder realizar comparaciones se establecieron dos parcelas de 0,1 ha (50 x 20 m; Macia & Fuertes, 2008), una en el bosque intervenido (REF, refinamiento) y otra dentro del bosque no intervenido (BNI, testigo). En REF, se utilizó una intensidad de muestreo del 20%. Finalmente, para ambos tipos de bosque (REF y BNI) se elaboraron perfiles estructurales a partir de parcelas de (50 x 10 m).

### Inventario florístico y estructural

En cada parcela se evaluaron todos los individuos con un DAP  $\geq 10$  cm (Rangel *et al.*, 2021; Rangel *et al.*, 2022), las características evaluadas en ambos tipos de bosque fueron: identificación de la especie, parcela, sub-parcela, diámetro a la altura de pecho (DAP en cm) y altura (total, fuste y copa en m). También se recolectaron y preservaron 3 muestras por especie para su posterior procesamiento y determinación en el herbario. El levantamiento de los datos para el perfil incluyó: la ubicación o posición del individuo (coordenadas x, y), el DAP de todos los individuos  $\geq 10$  cm,

la altura total (m), y la especie. Para la ubicación de los árboles en la parcela se estableció un plano de coordenadas, siendo el eje X la franja central de 50 m de la parcela y el eje Y uno de los bordes de 10 m; además, a cada árbol dentro de la parcela de 50 m x 10 m se le determinó su posición (X, Y) respecto a los ejes.

### Nomenclatura científica

Para identificar taxonómicamente la especie se colectaron muestras botánicas secadas e identificadas mediante comparación en el Laboratorio de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (FCFA) de la Universidad de Los Andes (ULA, Mérida-Venezuela) y se tomó como referencia bibliográfica (Ramírez-Angulo *et al.*, 2002; Ramos & Plonczak, 2007; Valcarcel, 2015; WF, 2023).

### Procesamiento de la data

Se compararon las comunidades vegetales arbustivas presentes entre las dos áreas (REF y BNI) del bosque montano, describiendo la composición florística, estructura y la diversidad. Para todos los análisis se empleó el lenguaje de programación R (R Core Team, 2020). A través del uso del Adobe Illustrator 2015 se generaron los perfiles estructurales.

Para poder diferenciar las características estructurales y de composición florística de ambos bosques (REF y BNI) fueron realizadas las siguientes pruebas: a) Índice de Valor de Importancia (IVI%, Curtis & McIntosh, 1951). b) Índice de Valor Familiar (IVF%, Mori *et al.*, 1983; Pino *et al.*, 2021). Con ayuda del lenguaje R (v 4.3.1) c) Análisis de Similaridad (ANOSIM). d) Análisis de Escalado no métrico multidimensional. e) Análisis PERMANOVA. f) Análisis de contraste PERMANOVA. g) Análisis de permutación de múltiple respuesta (MRPP). h) Análisis de similaridad (SIMPER). i) Análisis de especies indicadoras. j) Diversidad florística (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016): se calcularon las tres medidas de números de Hill y las curvas de rarefacción donde: q: riqueza de especies (q = 0), diversidad de Shannon (q = 1, la exponencial de la entropía de Shannon) y diversidad de Simpson (q = 2, la inversa de la concentración de Simpson). Se utilizaron los paquetes ggplot2, vegan, indicpecies, RVAideMemoire en R.

## Resultados y Discusión

### Caracterización de la composición florística

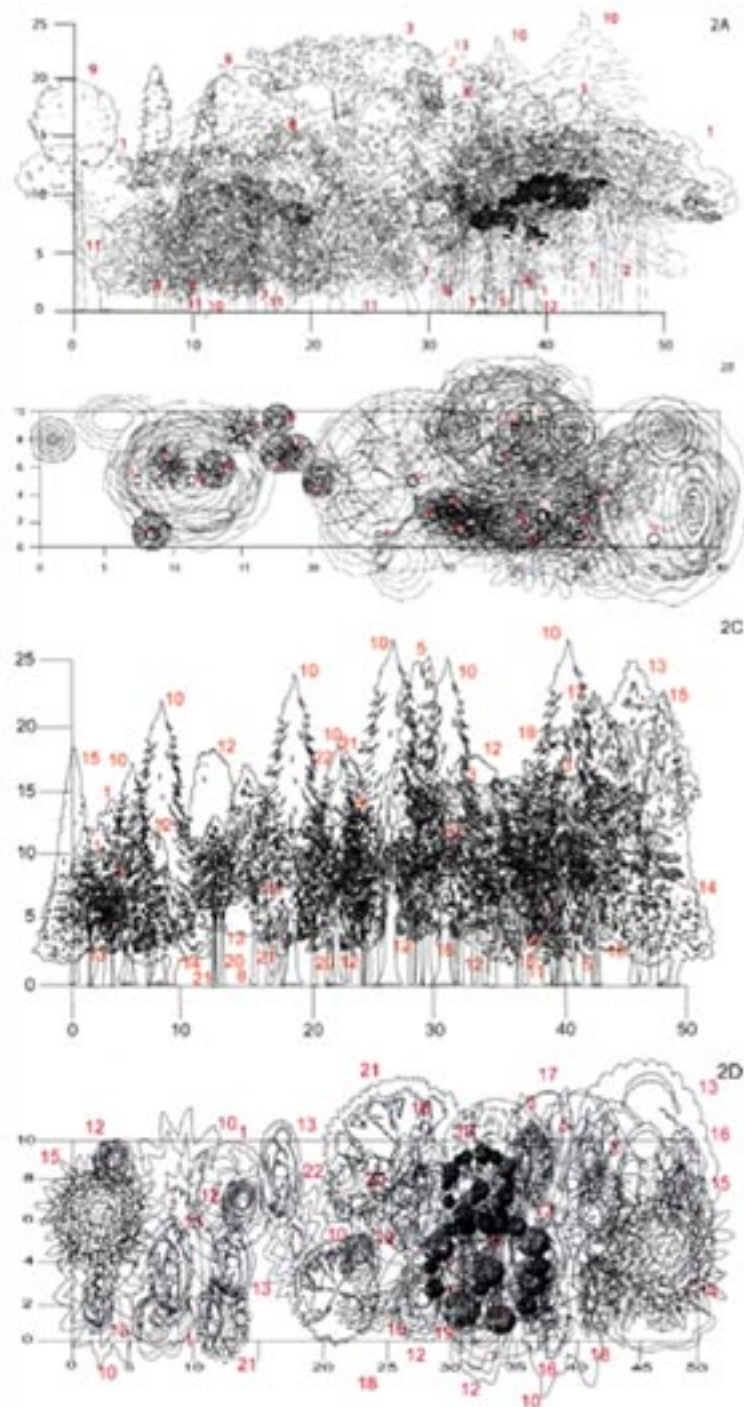
#### Caracterización estructural

Se registraron 113 individuos clasificados en 22 especies (Tabla 1), las mismas pertenecen a 22 géneros y 15 familias. Dentro de las primeras familias con mayor Índice de Valor Familiar (IVF%, Tabla 2), para los dos tipos de bosque (REF y BNI), encontramos a Euphorbiaceae y



Rosaceae, ambas con valores superiores al 14%. Por una parte, las familias Solanaceae, Rubiaceae y Verbenaceae aparecen de igual forma en ambos tipos de bosques, pero con diferente orden porcentual. Por otra parte, las familias Araliaceae, Cunoniaceae, Fabaceae y Myrtaceae, solo aparecen dentro del BNI, mientras que, las familias Hypericaceae, Lauraceae, Malvaceae, Meliaceae, Podocarpaceae, Solanaceae, Tiliaceae y Verbenaceae solo se encuentran en el REF.

De acuerdo con el perfil de vegetación de 50 x 10 m (Figura 2A, 2B en BNI y 2C, 2D en REF), siendo para: a) BNI, este bosque posee muy pocos individuos arbóreos emergentes entre 20-26 m de altura como: *Alchornea grandiflora* Müll.Arg., *Citharexylum subflavescens* S.F. Blake, *Hieronyma oblonga* var. *Obtusata* Müll.Arg., *Inga* sp., *Prunus mortziana* Koehne, *Schefflera rubiginosa* (Decne. & Planch.) Steyer., *Weinmannia balbisiana* var. *moritzii* (Engl.) Cuatrec. b) REF, con especies emergentes entre los



**Figura 2.-** Perfil estructural vertical y horizontal de la vegetación por tipo de bosque: bosque no intervenido - testigo (BNI, 2A y 2B) y bosque intervenido - método de refinamiento (REF, 2C y 2D) obtenido en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida - Venezuela. Nota: 1. *Myrcia fallax* DC., 2. *Weinmannia balbisiana* var. *moritzii* (Engl.) Cuatrec., 3. *Citharexylum subflavescens* S.F. Blake, 4. *Sapium stylare* Müll. Arg., 5. *Solanum laurifolium* Mill., 6. *Inga* sp., 7. *Eschweilera monosperma* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, 8. *Alchornea grandiflora* Müll. Arg., 9. *Schefflera rubiginosa* (Decne. & Planch.) Steyer., 10. *Prunus mortziana* Koehne, 11. *Laplacea semiserrata* Cambess., 12. *Guettarda steyermarkii* Standl., 13. *Hieronyma oblonga* var. *Obtusata* Müll. Arg., 14. *Vismia dealbata* Kunth, 15. *Podocarpus pendulifolius* J. Buchholz & N.E. Gray, 16. *Beilschmiedia sulcata* (Ruiz & Pav.) Kosterm., 17. *Aiouea densiflora* Ness, 18. *Ocotea calophylla* Mez, 19. *Cedrela montana* Turcz., 20. *Mollia sphaerocarpa* var. *sphaerocarpa* Baehni, 21. *Heliocarpus popayanensis* Kunth, 22. *Persea Ferruginea* Mez

**Figure 2.-** Vertical and horizontal structural profile of the vegetation by type of forest: undisturbed forest - control (BNI, 2A and 2B) and intervened forest - refinement method (REF, 2C and 2D) obtained in the floristic survey for a sector of the cloud forest montano San Eusebio, Mérida - Venezuela. Note: 1. *Myrcia fallax* DC., 2. *Weinmannia balbisiana* var. *moritzii* (Engl.) Cuatrec., 3. *Citharexylum subflavescens* S.F. Blake, 4. *Sapium stylare* Müll. Arg., 5. *Solanum laurifolium* Mill., 6. *Inga* sp., 7. *Eschweilera monosperma* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, 8. *Alchornea grandiflora* Müll. Arg., 9. *Schefflera rubiginosa* (Decne. & Planch.) Steyer., 10. *Prunus mortziana* Koehne, 11. *Laplacea semiserrata* Cambess., 12. *Guettarda steyermarkii* Standl., 13. *Hieronyma oblonga* var. *Obtusata* Müll. Arg., 14. *Vismia dealbata* Kunth, 15. *Podocarpus pendulifolius* J. Buchholz & N.E. Gray, 16. *Beilschmiedia sulcata* (Ruiz & Pav.) Kosterm., 17. *Aiouea densiflora* Ness, 18. *Ocotea calophylla* Mez, 19. *Cedrela montana* Turcz., 20. *Mollia sphaerocarpa* var. *sphaerocarpa* Baehni, 21. *Heliocarpus popayanensis* Kunth, 22. *Persea Ferruginea* Mez

20-26 m de altura como: *Aiouea densiflora* Ness, *Hieronyma oblonga* var. *obtusata* Müll.Arg., *Ocotea calophylla* Mez, *Podocarpus pendulifolius* J. Buchholz & N.E. Gray, *Prunus mortziana* Koehne, *Solanum laurifolium* Mill. En el Análisis de disimilaridad (ANOSIM) con distancia "Bray-Curtis" el

valor obtenido fue de 44,51%, donde se rechaza la hipótesis nula de que ambos tipos no presentan diferencias en cuanto a su composición.

En la Figura 3A, se indican las especies que soportan la diferenciación en la composición florística entre los

Especie	Familia	Nombre vulgar
<i>Aiouea densiflora</i> Ness	Lauraceae	Laurel mapurite
<i>Alchornea grandiflora</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Algodón
<i>Beilschmiedia sulcata</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm.	Lauraceae	Laurel curo
<i>Cedrela montana</i> Turcz.	Meliaceae	Huesito
<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Verbenaceae	Quino blanco
<i>Eschweilera monosperma</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	Fabaceae	Tetajire
<i>Guettarda steyermarkii</i> Standl.	Rubiaceae	Cedrillo
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Malvaceae	Granizo
<i>Hieronyma oblonga</i> var. <i>obtusata</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Canelo
<i>Inga</i> sp.	Fabaceae	Guamo
<i>Laplacea semiserrata</i> Cambess.	Euphorbiaceae	Cacaito
<i>Mollia sphaerocarpa</i> var. <i>sphaerocarpa</i> Baehni	Tiliaceae	Muji
<i>Myrcia fallax</i> DC.	Myrtaceae	Surure
<i>Ocotea calophylla</i> Mez	Lauraceae	Laurel baboso
<i>Persea Ferruginea</i> Mez	Lauraceae	Parchaco
<i>Podocarpus pendulifolius</i> J.Buchholz & N.E.Gray	Podocarpaceae	Pino aparrado
<i>Prunus mortziana</i> Koehne	Rosaceae	Pino laso
<i>Sapium stylare</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Carne asada
<i>Schefflera rubiginosa</i> (Decne. & Planch.) Steyerm.	Araliaceae	Lechoso
<i>Solanum laurifolium</i> Mill.	Solanaceae	Verdecito
<i>Vismia dealbata</i> Kunth	Hypericaceae	Cabo de hacha
<i>Weinmannia balbisiana</i> var. <i>moritzii</i> (Engl.) Cuatrec.	Cunoniaceae	Tambor

**Tabla 1.-** Listado de especies encontradas en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida – Venezuela

**Table 1.-** List of species found in the floristic survey in a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida – Venezuela

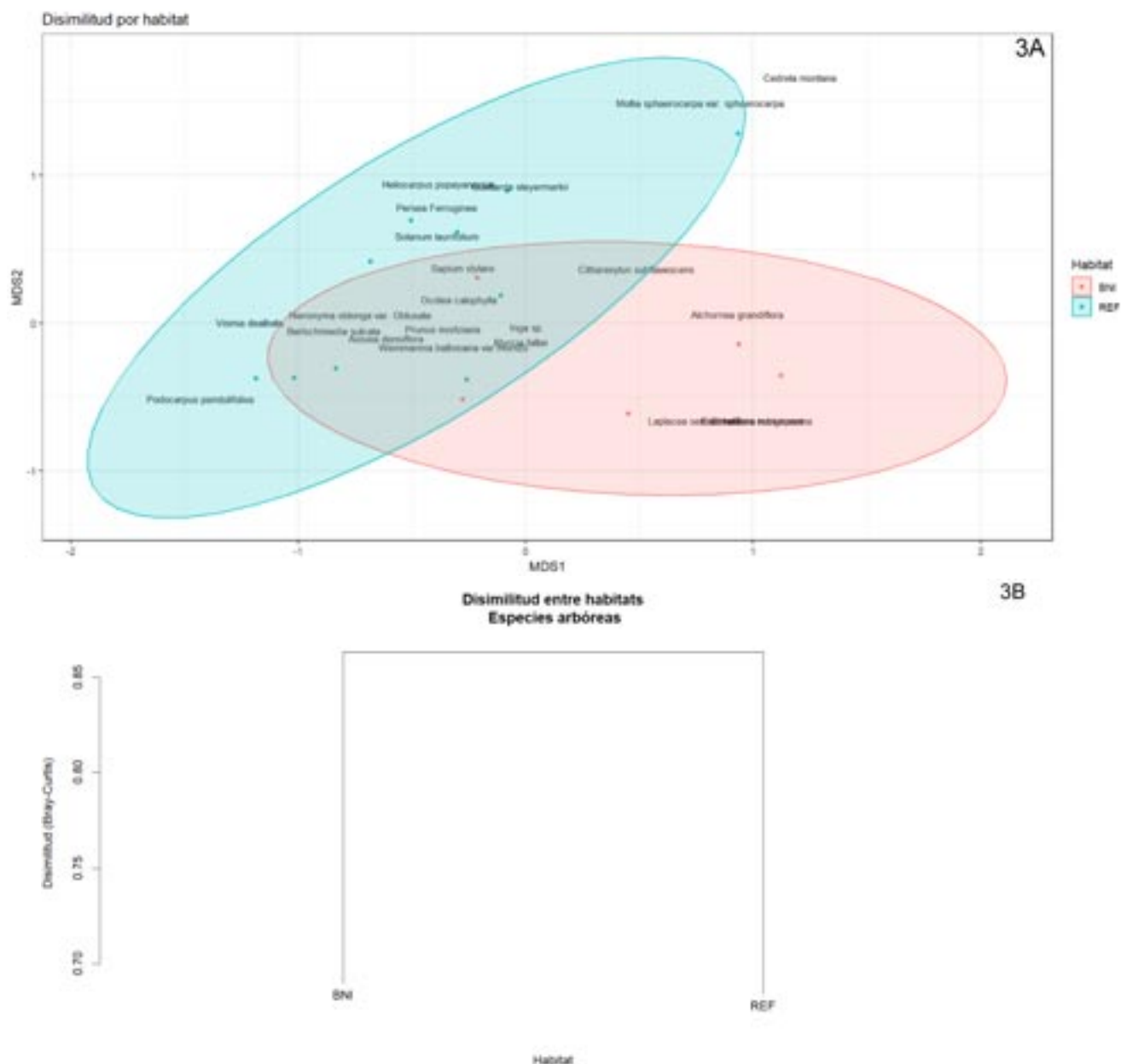
Familias	BNI				Familias	REF			
	N° de especies	N° de individuos	Áreabasal (m2)	%IVF		N° de especies	N° de individuos	Áreabasal (m2)	%IVF
Euphorbiaceae	4	18	0,9417	26,08	Rosaceae	1	7	1,3560	24,63
Rosaceae	1	8	1,0826	14,14	Lauraceae	4	9	0,2365	17,67
Fabaceae	2	10	0,4020	13,09	Euphorbiaceae	3	8	0,3032	15,76
Verbenaceae	1	4	0,9260	11,01	Rubiaceae	1	6	0,1690	8,45
Myrtaceae	1	12	0,2009	10,19	Tiliaceae	1	3	0,1588	6,24
Cunoniaceae	1	4	0,6796	9,30	Solanaceae	1	4	0,0431	5,42
Araliaceae	1	4	0,4927	8,02	Podocarpaceae	1	2	0,1313	5,18
Solanaceae	1	2	0,0758	4,13	Malvaceae	1	3	0,0524	4,85
Rubiaceae	1	2	0,0632	4,04	Verbenaceae	1	2	0,0625	4,30
					Hypericaceae	1	2	0,0220	3,76
					Meliaceae	1	2	0,0207	3,74
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>64</b>	<b>4,8645</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>2,5555</b>	<b>100</b>

**Tabla 2.-** Índice de Valor Familiar (IVF%), por tipo de bosque: bosque no intervenido (BNI, testigo), bosque intervenido (REF, método refinamiento) obtenido en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida – Venezuela

**Table 2.-** Family Value Index (IVF%), by forest type: undisturbed forest (BNI, control), intervened forest (REF, refinement method) obtained in the Floristic survey for a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida – Venezuela

bosques: bosque intervenido (REF, refinamiento), bosque no intervenido (BNI, natural – testigo). En REF, se pudo identificar (óvalo azul y puntos azules) que las especies como: *A. densiflora*, *B. sulcata*, *C. montana*, *H. popayanensis*, *M. sphaerocarpa* var. *sphaerocarpa*, *O. calophylla*, *P. ferruginea*, *P. pendulifolius*, *V. dealbata* son especies encontradas solo en este bosque lo que representa un 40.90% de las especies encontradas. Mientras que, en el BNI (óvalo rosado y puntos rosados), *E.*

*monosperma*, *I. sp.*, *M. fallax*, *S. rubiginosa*, *S. stylare*, *W. balsiana* var. *moritzii* se encontraron solo para este bosque representando un 27.27%. Siendo las especies en común (área de solape), *A. grandiflora*, *C. subflavescens*, *G. steyermarkii* (con mayor influencia hacia REF), *H. oblonga*, *L. semiserrata* (con mayor influencia hacia BNI), *P. mortziana*, *S. laurifolium* (con mayor influencia hacia REF) representando 31.83%.



**Figura 3.-** A) Análisis de Escalado No Métrico Multidimensional y B) Cluster Bray-Curtis obtenidos entre las parcelas de: bosque intervenido (REF) y el bosque no intervenido (BNI), obtenido en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida – Venezuela

**Figure 3.-** A) Multidimensional Non-Metric Scaling Analysis and B) Bray-Curtis Cluster obtained between the plots of: intervened forest (REF) and non-intervened forest (BNI), obtained in the floristic survey for a sector of cloud forest San Eusebio montane, Mérida – Venezuela

En el análisis PERMANOVA, a pesar del bajo valor ajustado del coeficiente ( $R^2 = 0.23$ ) se rechaza la similaridad entre tipos de bosques para un valor obtenido de ( $p < 0.05$ ), validando la disimilitud entre sistemas de la misma forma alcanzada por el ANOSIM. El análisis de contraste PERMANOVA, con un valor de significancia entre tipos de bosques de ( $p = 0.001$ ). El Análisis de permutación de múltiple respuesta (MRPP), la disimilitud intrasistema para ambos tipos de bosques (BNI, REF) con ( $n = 10$ ) fue (Delta = 0.68, Figura 3B), con una validez ( $A = 0.11$ ), siendo a nivel de intersistema usando la distancia "Bray-Curtis" de (Delta = 0.86, Figura 3B) con una significancia de ( $p = 0.001$ ), rechazando así la hipótesis nula de que no existe disimilitud entre bosques. Para el análisis de similaridad SIMPER, las especies con mayor nivel de significancia (Figura 3A) fueron: *L. semiserrata*, *M. fallax*, *H. oblonga* var. *Obtusata*, *E. monosperma* y *S. rubiginosa*. Las especies indicadoras

dentro del BNI con un nivel de significancia (Alpha = 0.05) resultaron ser *L. semiserrata* y *M. fallax*.

El análisis del IVI% (Tabla 3) muestra las 10 especies más importantes para ambos tipos de bosques (BNI, BI), con un total de 13 especies para BNI y 16 especies para BI, donde solo la especie *P. mortziana* es común para ambos bosques en el primer lugar con valores de IVI% de 15.75% (BNI) y 27.73% (BI), esta especie fue la más representativa para ambos casos debido a su alta área basal (1.0826 m<sup>2</sup> en BNI y 1.3561 m<sup>2</sup> en BI). En el BNI, *L. semiserrata* y *M. fallax* presentaron mayor densidad con 12 ind (c/u) y las especies con menor abundancia fueron *A. densiflora* y *H. oblonga* con valores de 2 ind (c/u). en BI, *P. mortziana* representó la densidad más alta con 70 ind/ha (proyectado), y las especies con menor abundancia fueron *A. densiflora* y *P. pendulifolius* con 20 ind/ha (c/u, proyectado). Solo existen dos especies en común para ambos tipos de bosques *H. oblonga* y *P. mortziana*.

Parcela	Especie	Ai	Ai%	Fi%	Di	Di%	IVI%
BNI	<i>Prunus mortziana</i> Koehne	8	12,50	12,50	1,0826	22,25	15,75
BNI	<i>Myrcia fallax</i> DC.	12	18,75	12,50	0,2010	4,13	11,79
BNI	<i>Laplacea semiserrata</i> Cambess.	12	18,75	12,50	0,1408	2,89	11,38
BNI	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	4	6,25	8,33	0,9260	19,03	11,21
BNI	<i>Weinmannia balbisiana</i> var. <i>moritzii</i> (Engl.) Cuatrec.	4	6,25	8,33	0,6796	13,97	9,52
BNI	<i>Schefflera rubiginosa</i> (Decne. & Planch.) Steyerem.	4	6,25	8,33	0,4927	10,13	8,24
BNI	<i>Inga</i> sp.	6	9,38	8,33	0,2627	5,40	7,70
BNI	<i>Eschweilera monosperma</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	4	6,25	8,33	0,1393	2,86	5,82
BNI	<i>Hieronyma oblonga</i> var. <i>Obtusata</i> Müll.Arg.	2	3,13	4,17	0,4471	9,19	5,49
BNI	<i>Alchornea grandiflora</i> Müll.Arg.	2	3,13	4,17	0,3259	6,70	4,66
<b>Subtotal de 10 especies</b>		<b>58</b>	<b>90,63</b>	<b>87,50</b>	<b>4,6977</b>	<b>96,56</b>	<b>91,56</b>
<b>Subtotal de 3 especies</b>		<b>6</b>	<b>9,37</b>	<b>12,50</b>	<b>0,1673</b>	<b>3,44</b>	<b>8,44</b>
<b>Total 13 especies</b>		<b>64</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>4,8650</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Parcela	Especie	Ai	Ai%	Fi%	Di	Di%	IVI%
BI	<i>Prunus mortziana</i> Koehne	7	14,58	15,56	1,3561	53,05	27,73
BI	<i>Hieronyma oblonga</i> var. <i>Obtusata</i> Müll.Arg.	6	12,50	13,33	0,2865	11,21	12,35
BI	<i>Guettarda steyermarkii</i> Standl.	6	12,50	11,11	0,1691	6,61	10,07
BI	<i>Solanum laurifolium</i> Mill.	4	8,33	8,89	0,0431	1,69	6,30
BI	<i>Mollia sphaerocarpa</i> var. <i>sphaerocarpa</i> Baehni	3	6,25	4,44	0,1588	6,21	5,64
BI	<i>Beilschmiedia sulcata</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm.	3	6,25	6,67	0,0968	3,79	5,57
BI	<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	3	6,25	6,67	0,0524	2,05	4,99
BI	<i>Ocotea calophylla</i> Mez	3	6,25	6,67	0,0411	1,61	4,84
BI	<i>Podocarpus pendulifolius</i> J.Buchholz & N.E.Gray	2	4,17	4,44	0,1314	5,14	4,58
BI	<i>Aiouea densiflora</i> Ness	2	4,17	4,44	0,0819	3,21	3,94
<b>Subtotal de 10 especies</b>		<b>39</b>	<b>81,25</b>	<b>82,22</b>	<b>2,4171</b>	<b>94,56</b>	<b>86,01</b>
<b>Subtotal de 6 especies</b>		<b>9</b>	<b>18,75</b>	<b>17,78</b>	<b>0,1390</b>	<b>5,44</b>	<b>13,99</b>
<b>Total 16 especies</b>		<b>48</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>2,5561</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Tabla 3.-** Índice de Valor de Importancia (IVI%) por tipo de bosque: bosque no intervenido - testigo (BNI) y bosque intervenido – método de refinamiento (REF) obtenido en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida – Venezuela. Nota: Ai: Abundancia absoluta (número de individuos); Ai%: Abundancia porcentual; Fi%: Frecuencia porcentual; Di: Dominancia absoluta (área basal); Di%: Dominancia porcentual; IVI%: Índice de Valor de Importancia porcentual

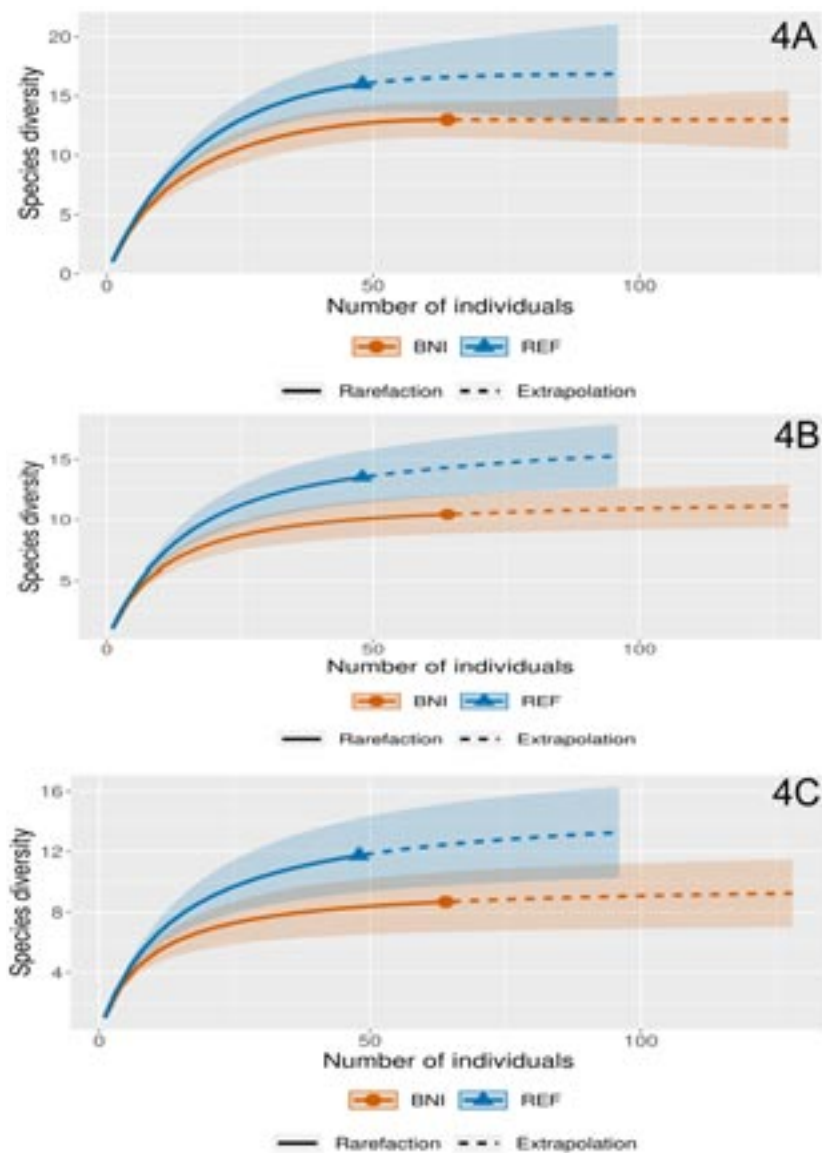
**Table 3.-** Importance Value Index (IVI%) by forest type: undisturbed forest - control (BNI) and intervened forest - refinement method (REF) obtained in the floristic survey for a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida - Venezuela. Note: Ai: Absolute abundance (number of individuals); Ai%: abundance; Fi%: frequency; Di: Absolute dominance (basal area); Di%: dominance; IVI%: Importance Value Index

**Diversidad florística**

En el BNI, las familias más diversas fueron Euphorbiaceae con 30,76% (sp = 4) comprendidas en los géneros *Alchornea*, *Hieronyma*, *Laplacea*, *Sapium* y Fabaceae con 15,38% (sp = 2) de los géneros *Eschweilera* e *Inga*; alcanzando entre ambas familias el 46,14 % de la diversidad relativa del estrato arbóreo (Tabla 2). En REF, las familias Lauraceae con 25% (sp = 4) con los géneros *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Ocotea* y *Persea*; y Euphorbiaceae

con 18,75% (sp = 3) de los géneros *Alchornea*, *Hieronyma*, *Laplacea* (Tabla 2). Además, según el índice de diversidad de Shannon en este estrato presenta una mayor diversidad florística ( $H' = 2,76$ ) comparado al BNI ( $H' = 2,43$ ).

Al obtener las curvas de rarefacción (números de Hill, Figura 4), la riqueza de especies ( $q=0$ ) entre ambos tipos de bosque fue (13 en BNI y 16 para REF) (Figura 4). Las curvas de rarefacción obtenidas por los métodos de rarefacción y extrapolación se solapan en todas las gráficas,



**Figura 4.-** Curvas de Rarefacción Basado en los Números de Hill de Orden A) q0, B) q1 y C) q2, por tipo de bosque: bosque no intervenido - testigo (BNI) y bosque intervenido – método de refinamiento (REF) obtenido en el levantamiento florístico para un sector del bosque nublado montano San Eusebio, Mérida – Venezuela. Nota: BNI: bosque no intervenido; REF: bosque intervenido – refinamiento; q=0: riqueza de especies; q=1: diversidad de Shannon (la exponencial de la entropía de Shannon); q=2: diversidad de Simpson (la inversa de la concentración de Simpson). Obs.: Observada; Est.: Estimada; LS: límite superior; LI: límite inferior

**Figure 4.-** Rarefaction Curves Based on the Hill Numbers of Order A) q0, B) q1 and C) q2, by type of forest: uninterrupted forest - control (BNI) and intervened forest - refinement method (REF) obtained in the floristic survey for a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida – Venezuela. Note: BNI: uninterrupted forest; REF: intervened forest – refinement; q=0: species richness; q=1: Shannon diversity (the exponential of the Shannon entropy); q=2: Simpson diversity (the inverse of the Simpson concentration). Obs.: Observed; Est.: Dear; LS: upper limit; LI: lower limit

Bosque	Índices de diversidad	Rarefacción				Extrapolación		
		Obs.	Est.	LS	LI	Est.	LS	LI
BNI	Riqueza de especies (q = 0)	13	13	11,30	14,70	13	11,28	14,72
	Diversidad de Shannon (q = 1)	10,43	10,41	8,72	12,09	10,44	8,75	12,14
	Diversidad de Simpson (q = 2)	8,68	8,66	6,83	10,49	8,69	6,85	10,53
REF	Riqueza de especies (q = 0)	16	15,94	13,29	18,58	16,06	13,35	18,77
	Diversidad de Shannon (q = 1)	13,53	13,47	11,06	15,88	13,59	11,15	16,03
	Diversidad de Simpson (q = 2)	11,76	11,70	9,25	14,15	11,81	9,32	14,30

lo que evidencia que no existen diferencias significativas en la diversidad de especies entre ambos tipos de bosques (Figura 4).

## Discusión

Las riquezas reportadas para los bosques estudiados (BNI = 13 y REF = 16) fueron inferiores a las reportadas por Ramos & Plonczak, 2007; pasados 28 años de un estudio destructivo de biomasa en Selva Nublada, rodal 5 del Bosque Universitario San Eusebio para individuos con diámetros mayores que 5 cm, donde encontraron 36 especies arbóreas en el bosque primario y en el secundario 29 especie.

En un estudio realizado en el mismo BUSE, Ramírez-Angulo *et al.*, (2002), reportaron 55 especies arbóreas incluyendo palmas, en un estudio de mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela en parcelas permanentes de 0.25 ha; en otro estudio, Cortés-Ballén *et al.*, (2020) en un bosque andino localizado en Potrero Grande, Chipaque (Colombia) registraron 69 especies arbóreas sobre dos parcelas (0.1 y 0.5 ha) sobre individuos con un DAP  $\geq$  10 cm. Estos valores en las riquezas de especies se pueden estar dando en parte por la diferencia de altitudes dentro del mismo BUSE, así como también variedad de pendientes, características del suelo entre otros elementos, es notorio también que para el REF el bosque da su respuesta al método realizado.

En los bosques estudiados las familias más diversas fueron: para (BNI) Euphorbiaceae y Fabaceae mientras que para REF se encontraron Euphorbiaceae y Lauraceae, que coinciden con lo reportado por Ramos & Plonczak (2007), quienes reportan a Lauraceae dentro de las cuatro primeras más representativas, así mismo, Armenteras & Rodríguez (2007), con análisis de monitoreos realizados en los ecosistemas andinos (1985-2005, Colombia) indican que las familias Euphorbiaceae y Lauraceae son representativas en las cordilleras centrales y orientales del país.

Las especies más representativas según el IVI% con valores superiores al 10% fueron: en (BNI) *Prunus mortziana*, *Myrcia fallax*, *Laplacea semiserrata* y *Citharexylum subflavescens*, mientras que para REF *Prunus mortziana*, *Hieronyma oblonga* var. *obtusata* y *Guettarda steyermarkii*, estos resultados, por un lado, coinciden con lo reportado por Ramos & Plonczak (2007), quienes identificaron a *Myrcia fallax* como la especie más representativa en el IVI%, por otro lado, difieren con los resultados reportados dentro del mismo BUSE por, Villaquirán & Calderón (1987), encontraron que, *Alchornea grandiflora* fue la especie más abundante y mejor distribuida del bosque secundario.

Las especies en común encontradas para (BNI y REF): *A. grandiflora*, *C. subflavescens*, *G. steyermarkii*, *H. oblonga*, *L. semiserrata*, *P. mortziana*, *S. laurifolium*, en el Análisis de Escalado No Métrico Multidimensional representan un 31.83% del total de las especies evaluadas. Por lo tanto, este análisis determinó que BNI y REF son áreas que

difieren en su composición florística, dado que comparten únicamente 7 especies de las 22 registradas en total, lo que puede estar debiendo como respuesta al método aplicado en años anteriores aunado a las diferencias en altitud, litología y pendiente.

Las diferencias encontradas entre los bosques BNI y REF para los análisis de diversidad (q0, q1, q2), podrían explicarse por el tipo e intensidad de la perturbación (refinamiento) y la topografía del lugar, aunado a la posible formación de claros, regeneración natural, dispersión, entre otros.

## Bibliografía

- Armenteras, D. & Rodríguez, N. (2007). Monitoreos de los ecosistemas andinos (1985-2005): Síntesis y perspectivas. Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 174. Disponible en: (PDF) Monitoreo de los Andes colombianos (2000-3000) con parcelas permanentes (76-90) (researchgate.net).
- Ataroff, M & García-Núñez, C. (2013). Selvas y bosques nublados de Venezuela. En: Medina, E., Huber, O., Nassar, J. y Navarro, P. (Eds.). Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Caracas, Venezuela: 125-155. Disponible en: <https://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39193/ataroff2013.pdf?sequence=1>.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. & Ellison, A.M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84: 45-67.
- Chao, A., Ma, K. H. & Hsieh, T.C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/inext-online/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/).
- Cortés-Ballén, L., Camacho-Ballesteros, S. & Matoma-Cardona, M. (2020). Estudio de la composición y estructura del bosque andino localizado en Potrero Grande, Chipaque (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1): e1483. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1483>
- Curtis, J. & McIntosh, R. (1951). An Upland Forest Continuum in the Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32: 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>.
- Ewel, J. & Madriz, A. (1976). Zonas de vida de Venezuela. Segunda edición. Caracas. MAC-FONAIAP: 224-231.
- Holdridge, L. R. (1978). Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica.

- Lamprecht, H. (1967a). Consideraciones sobre la planificación silvicultural en los Trópicos. *Revista forestal Argentina* 11(1): 10-15.
- Lamprecht, H. (1967b). La silvicultura tropical en relación con el establecimiento de plantaciones forestales y el manejo de los bosques naturales. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela)* 22: 18-32.
- Lamprecht, H. (1962). Resúmenes de silvicultura II. (apuntes de clase). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida.
- Macía, M. & Fuentes, J. (2008). Composición florística y estructura de los árboles en un bosque tropical montano de la Cordillera Mosestenes, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 23: 1-14.
- Márquez, O. (1990). Génesis de una secuencia de suelos en el Bosque Experimental San Eusebio, La Carbonera. Estado Mérida. *Revista Forestal Venezolana*, 32: 133-150.
- Mori, S., B. Boom, A. de Carvalho & T. dos Santos. (1983). Southern Bahian moist forest. *The Botanical Review*, 49, 155-232. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02861011>
- Pino, M., Rojas, Y., Salcedo, P., Rangel, R. & Gómez, A. (2021). Dinámica sucesional del bosque luego de establecer fajas de enriquecimiento, El Caimital, Barinas - Venezuela. *Investigaciones Geográficas* (61): 99-115. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2021.61075>
- Quevedo, A., Schwarzkopf, T., García, C. & Mauricio, J. (2016). Ambiente de luz del sotobosque de una selva nublada andina: estructura del dosel y estacionalidad climática *Revista de Biología Tropical*: 64(4): 1-9. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44947539026>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing.
- Ramírez-Angulo, H., Torres-Lezama, A. & Serrano, J. (2002). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la Cordillera de Los Andes, Venezuela. *ECOTROPICOS*, 15(2): 177-184. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/230845981\\_Mortalidad\\_y\\_reclutamiento\\_de\\_arboles\\_en\\_un\\_bosque\\_nublado\\_de\\_la\\_Cordillera\\_de\\_Los\\_Andes\\_de\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/230845981_Mortalidad_y_reclutamiento_de_arboles_en_un_bosque_nublado_de_la_Cordillera_de_Los_Andes_de_Venezuela)
- Ramos, M. & Plonczak, M. (2007). Dinámica Sucesional del Componente Arbóreo Luego de un Estudio Destructivo de Biomasa en el Bosque Universitario San Eusebio, Mérida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51(1): 35-46. Disponible en: [http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/2007\\_ramos\\_plonczak.pdf](http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/2007_ramos_plonczak.pdf)
- Rangel, R., Gómez, A., Perdomo, L. & Sanchez, J. (2022). Estudio de la composición florística y diversidad de los bosques de la unidad de producción #6, El Dorado - Tumeremo, Bolívar – Venezuela. *Rev. Facultad de Agronomía UBA. Agronomía&Ambiente* 42(1): 26-36.
- Rangel, R., Salcedo, P. & Gómez, A. (2021). Caracterización florística y estructural de los tipos de bosques por unidades fisiográficas en El Caimital, Barinas – Venezuela. *Recursos Rurais* 17: 55-63. <https://doi.org/10.15304/rr.id7491>
- Valcarcel, R. (2015). Clasificación y mapeo de sitios en la estación experimental San Eusebio basada en criterios físicos-hidrológicos del suelo. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. (Trabajo de grado Magister Scientiae) Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/265426994>
- Veillon, J.P. (1985). El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los patrones del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana* 29: 5-120.
- World Flora - WF. (2023). An online flora of all known plants. [www.wordfloraonline.com](http://www.wordfloraonline.com)
- Villaquirán, A. & Calderón, O. (1987). Evaluación del impacto de una corta total en La Selva Nublada, Edo. Mérida. Informe de Pasantía. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.

Artigo

Jesús Enrique Andrades-Grassi<sup>ID</sup> · Ronald Edgardo Rangel Vasquez<sup>ID</sup> · Luis Enrique Gámez<sup>ID</sup> · Ledyz Cuesta Herrera<sup>ID</sup> · Alicia Elena Gómez Mejías<sup>ID</sup> · Hugo Alexander Torres Mantilla<sup>ID</sup> · Juan Ignacio López<sup>ID</sup>

## Patrones de distribución de árboles en la Reserva Forestal El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela

Recibido: 9 xaneiro 2024 / Aceptado: 9 setembro 2024  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

**Resumen** Se analizó la distribución espacial de árboles comerciales en la Reserva Forestal El Dorado-Tumeremo, estado Bolívar, Venezuela. Se planteó la hipótesis nula de Aleatoridad Espacial Completa (CSR), aplicando métodos exploratorios espaciales sin marcas y prueba de patrones puntuales multivariantes ( $\alpha = 0.05$ ). La distribución espacial dominante resultó ser el agregado. La función de densidad espacial aumenta bajo una estructura polinomial de segundo orden, siendo evidenciado por las funciones K y L. Además, se identificaron que las variables Suelos, Pendiente del terreno y Distancia a la Red de Drenaje, influyen sobre el proceso de ocurrencia de los árboles comerciales, las cuales fueron evaluadas bajo un concepto multivariante. Los modelos de patrones de puntos homogéneos evidenciaron ajustes pobres. Se identificó un proceso inhomogéneos de tipo Thomas que evidencia estadísticamente la ocurrencia de árboles padres e hijos que fue modelado de forma efectiva. Con ello, se recomienda modelarse el proceso de patrones de puntos inhomogéneos involucrando covariables: especie, volumen, entre otros.

**Palabras claves** Funciones K y L, estadística espacial, modelos homogéneos e inhomogéneos, patrones de puntos espaciales.

### *Distribution patterns of trees in Forest Reserve El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela*

**Abstract** The distribution pattern of commercial trees was analyzed in the El Dorado-Tumeremo Forest Reserve, Bolivar state, Venezuela. Null hypothesis of Complete Spatial Randomness (CSR) was proposed, applying spatial exploratory methods without marks and multivariate point pattern test ( $\alpha = 0,05$ ). The dominant spatial distribution pattern found was the aggregate type. Spatial density function increases under a second order polynomial structure, evidenced by the K and L functions. Besides, was identified that soil mapping, slope of the terrain and distance to the drainage network that influence the occurrence process of commercial trees, which were evaluated under a multivariate concept. The homogeneous point pattern models showed poor fits, a Thomas-type inhomogeneous process that statistically evidenced the occurrence of parent and child trees was identified and modeled effectively. It is recommended to model the process of inhomogeneous point patterns with covariates: species, volume, and others.

**Keywords** K and L functions, spatial statistic, homogeneous and inhomogeneous models, spatial point patterns.

Jesús Enrique Andrades-Grassi · Ronald Edgardo Rangel Vasquez · Luis Enrique Gámez · Alicia Elena Gómez Mejías · Hugo Alexander Torres Mantilla · Juan Ignacio López

Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela  
e-mail: koflasjesus@gmail.com

Ledyz Cuesta Herrera  
Departamento de Matemática, Física y Estadística. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Católica del Maule, Chile.

<https://doi.org/10.15304/rr.id10129>



### Introducción

Los bosques en el mundo, proveen una diversidad de servicios ambientales tales como producción de agua, absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), protección de suelos y producción de alimentos. Según la FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura), ocupan 4060 millones de ha a nivel mundial, lo que representa el 31% de la superficie terrestre. De esta, la región de América Latina y el Caribe alberga el 23% distribuidos en bosques tropicales y subtropicales (FAO, 2020). Desde los años 50, la deforestación ha creado grandes perturbaciones, lo que ha conllevado a la creación de diferentes etapas en los bosques (primarios, secundarios y aprovechados). El nivel de perturbación varía en espacio



temporal, cambiando la biodiversidad; por ende, surge la imperante necesidad de periódicamente evaluar la dinámica estructural de los bosques para proponer alternativas que minimicen los impactos negativos al paisaje y a sus servicios ecosistémicos (Morrison *et al.*, 2022). Venezuela cuenta con 91,2 millones de ha en Bosques Tropicales, el 14,25% (13 millones de ha) se han venido dedicado al aprovechamiento forestal selectivo. Bajo un nivel de desconocimiento sobre la abundancia y distribución de la regeneración natural llegó a alcanzar la casi extinción de algunas especies forestales. Estos bosques, están distribuidos en las zonas bajas del norte del país sobre los 6° N, (Rangel *et al.*, 2023; Rangel *et al.*, 2022).

Conocer la estructura y distribución espacial de las masas forestales permite tomar decisiones de aprovechamiento y conservación acertadas. Las estructuras a nivel vertical dentro de un dosel siguen un patrón fisiológico dentro del cual las especies de mayor demanda a nivel lumínico se concentran en la parte superior (Oyarzún *et al.*, 2019). Para poder comprender esta distribución, se hace necesario establecer las relaciones con las variables ambientales (suelo, hidrología, pendiente del terreno, etc.) y las características propias de la especie (densidad, volumen, distribución de las especies). Este nivel de conocimiento permitirá realizar estudios detallados sobre los patrones de distribución.

Diversas técnicas de análisis estadístico tales como la función K de Ripley, patrones de puntos marcados, análisis de cuadrantes, prueba de Kolmogorov-Smirnov, mapas de distribución potencial y área bajo la curva, entre otros, han sido aplicadas para determinar el patrón de distribución espacial de los árboles (Miranda *et al.*, 2016; Moura de Mello & Alves Cantos, 2017; Vásquez-Rivas *et al.*, 2022).

En Venezuela son pocos los estudios de esta índole realizados dentro del área de estudio (Andrades *et al.*, 2021). Siendo en el área de estudio la primera vez que se determina el patrón de distribución de las especies arbóreas, buscando así obtener información confiable sobre el estado y comportamiento del bosque para poder maximizar el aprovechamiento de estas especies adecuadamente y minimizando el impacto causado durante estas actividades.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El área de estudio (Figura 1) se localiza dentro de la Reserva Forestal El Dorado-Tumeremo, municipio Sifontes, estado Bolívar, Venezuela (6°41'00" - 7°11'30" N y 61°38'00" - 31°22'30" O), con altitudes que varían entre 110 y 380 msnm. Topográficamente presenta un relieve suavemente ondulado y abundantes afloramientos de rocas con pendientes comprendidas entre 0-10%, abarcando los paisajes de Lomas - Colinas altas, Lomas - Colinas bajas, Valles Coluvio-aluviales y Peniplanicies. Los suelos están dentro de los Ultisoles, Inceptisoles y Entisoles. El área de

estudio presenta: un clima tropical lluvioso monzónico (AmVi), precipitación 1100 mm, temperatura 25 °C, evaporación 193 mm, humedad relativa 84 %. Con una superficie de 2948,10 ha; que pertenece a bosques bajos y medios de ralos a densos. A nivel hidrográfico se encuentra ubicado en la cuenca media del río Cuyuní (EMB, 2016).

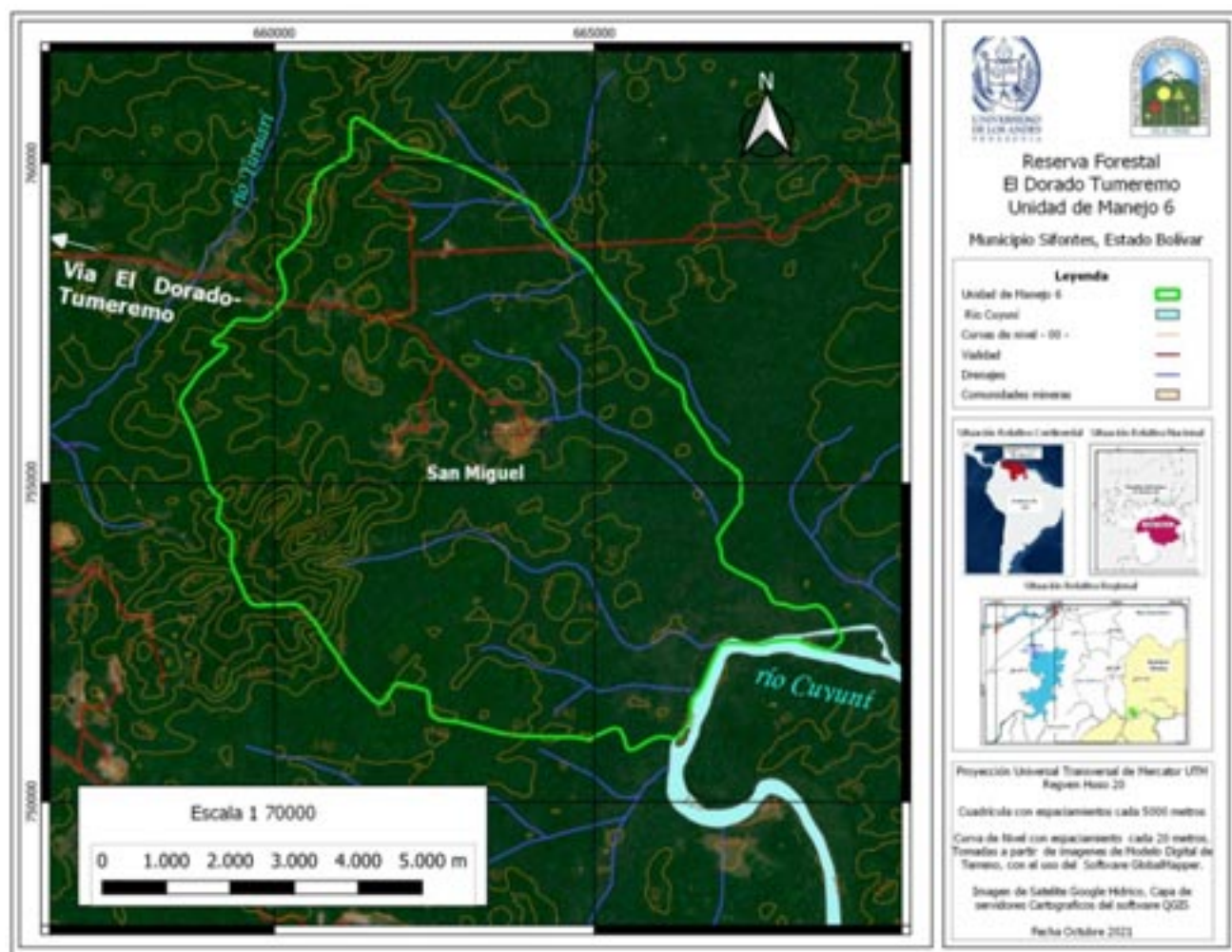
### Muestreo

Para evaluar, se aplicó el muestreo sistemático en donde el bosque se subdividió en seis franjas de 270,75 ha; (1000 x 2707,5 m) las cuales se subdividieron en 3 parcelas de 20 ha (1000 x 200 m) y una parcela de 10 ha (1000 x 100 m). Cada parcela se dividió en subparcelas que van desde 0,5 hasta 1 ha. Dentro de éstas se levantó la información realizando un recorrido en forma de zigzag (EMB, 2021). En cada sub-parcela se registraron las coordenadas UTM con GPS (con un margen de error de 3 m) de todos los individuos con un DAP  $\geq$  50 cm (árboles comerciales).

Los árboles evaluados se trabajaron sin marcas (especie, DAP, volumen, alturas). Se trabajó con el sistema de referencia WGS 84 UTM Zona 20. Adicionalmente, se utilizaron variables geomorfológicas derivadas del Modelo Digital de Elevaciones generado por Andrades *et al.*, 2021. Las variables geomorfológicas involucradas fueron: la pendiente del terreno en radianes, distancia a la red de drenaje (CND), cartografía de suelos (EMB, 2021). Se evaluó el comportamiento de la densidad de los árboles comerciales ante las covariables utilizando así un concepto multivariante. En primer lugar, se procedió a graficar los árboles comerciales sobre cada covariable, evaluando si el proceso generador de los datos es estacionario por media, esto es o presentan tendencia (Baddeley, 2008). Se realizaron pruebas de análisis de cuadrantes, dividiendo el área de estudio en unidades no regulares definidas por las covariables, a excepción de la pendiente, que al ser una variable de gradiente se requirió reclasificar la variable según cuatro intervalos cuantiles. Adicionalmente, se ejecutó el Spatial Kolmogorov-Smirnov, con prueba de bondad de ajuste (proceso de puntos de Poisson (CSR)) (Baddeley *et al.*, 2005; Berman, 1986; Baddeley, 2008). También, se realizó el gráfico de Spatial Kolmogorov-Smirnov test of CSR según covariables. Por otro lado, también se estimó la función  $\lambda$ , y el estimador no paramétrico de la intensidad relativa (Baddeley *et al.*, 2012; Baddeley *et al.*, 2005).

En cada una de las sub-parcelas (1 ha, 100m x 100m) se asumió un proceso estocástico de patrón de puntos y se aplicó la función K Ripley, análisis de cuadrantes y el test de Kolmogorov-Smirnov (Vásquez-Rivas *et al.*, 2022) con ( $\alpha = 0.05$ ) para poder contrastar la hipótesis:  $H_0$ : Existe una distribución aleatoria de los puntos.

En cada una de las sub-parcelas se asumió una condición de un proceso estocástico de patrón de puntos:  $\{Z(s): s \in D\}$ , donde  $s \in D$  representa una ubicación en el espacio euclidiano d-dimensional,  $Z(s)$  es una variable aleatoria en la ubicación  $s$  y  $s$  varía sobre un conjunto de índices  $D \subset \mathbb{R}^d$ ;  $Z(\cdot)$  y  $D$  son aleatorios (CSR).



**Figura 1.-** Ubicación Relativa Continental, Nacional, Regional del área de estudio, en la Reserva Forestal, El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela. Fuente: Elaboración propia

**Figure 1.-** Relative Continental, National, Regional Location of the study area, in the Forest Reserve, El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela. Source: self made

El proceso estocástico de patrón de puntos es un modelo matemático usado para realizar una descripción a nivel de distribución, estructura espacial de un conjunto de puntos por lo general en dos dimensiones, usado frecuentemente para la ubicación de árboles en bosques (intensidad, correlación) y su ocurrencia en el área.

La función K de Ripley de igual forma es utilizada para la descripción de un conjunto de puntos, midiendo la cantidad de elementos adicionales que están dentro de una distancia r de otro punto típico, esperando que se genere un proceso aleatorio de Poisson (CSR).

En la función Kolmogorov-Smirnov (K-S), como prueba estadística no paramétrica se compara dos distribuciones de probabilidad (empírica y teórica), determinando así si las dos muestras provienen de la misma distribución.

El análisis de cuadrantes es utilizado, para ver la variabilidad espacial en un patrón de puntos, dividiendo el

área en cuadrantes o celdas, estableciendo comparaciones si son o no aleatorios, identificando de esa forma patrones de agrupamiento o dispersión (Baddeley *et al.*, 2012; Baddeley *et al.*, 2005; Berman, 1986; Baddeley, 2008). En resumen, el proceso estocástico de patrón de puntos permite la realización de un modelo de distribución espacial para los eventos. La función K de Ripley describe los patrones espaciales, Kolmogorov-Smirnov compara las distribuciones teóricas vs observada y el análisis de cuadrantes es utilizada para ver la variabilidad espacial en un patrón de puntos.

Para el análisis se usó un modelo de regresión de intensidad logarítmica (modelo de Poisson inhomogéneo logarítmico), que dependen de las variables unidas taxonómicas del suelo (Soil), distancia a la red de drenajes (CDN), pendiente (Slope) y minería (Mining). siendo los parámetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ; estimados a partir de los datos (método de máxima verosimilitud). Posteriormente,

aquellos que involucran tendencia, muestran que la matriz de Fisher produjo un proceso singular, esta matriz es una forma de medir la cantidad de información que una variable aleatoria observable  $X$  lleva sobre un parámetro desconocido  $\theta$  de una distribución que modela  $X$ , por lo que cuando es singular  $\theta$  no es positivo ya que la máxima verosimilitud no convergió en un punto asintótico. Seguidamente se aplicó un modelo de simulaciones Thomas, muy útil en análisis ecológicos (bosques), el cual corresponde a una técnica estadística espacial para los patrones de puntos, en donde se observan y simula distribuciones que presentan patrones de agregaciones (clustering) (Baddeley *et al.*, 2012; Baddeley *et al.*, 2005; Berman, 1986; Baddeley, 2008).

El análisis de patrones puntuales fue realizado con el software libre R (R Core Team 2023) en las librerías Rcmdr (Fox 2005, 2017; Fox & Bouchet-Valat, 2018), Maptools (Bivand *et al.*, 2013) y Spatstat (Baddeley *et al.*, 2016). Se utilizó el software Qgis (Lacaze *et al.*, 2018) para la transformación de datos espaciales (Shapefile). En primer lugar, se exploró la estructura de densidad de los árboles comerciales, definida como  $\lambda = \text{número de eventos/área}$  Olaya, 2011), se estimó la prueba del vecino más cercano sugerido por (Clark & Evans, 1954) (Badii *et al.*, 2012). Posteriormente, se aplicó el análisis de cuadrantes donde  $=\sqrt{2AN}$  donde:  $A$  corresponde al Área y  $N$  al número de eventos (Olaya, 2011).

### Inferencia estadística de patrones puntuales homogéneos

Se partió del principio de Okham o de la parsimonia (Gujarati & Porter, 2010), que consiste en simplificar los modelos desarrollados que se ajusten al patrón de puntos evaluados. Se incluyeron covariables (la pendiente del terreno en radianes, distancia a la red de drenaje (CND), cartografía de suelos) y tendencia (proceso no estacionario), asumiendo el concepto definido por Baddeley y Turner (2000), usado para inferir estadísticamente sobre los patrones de puntos y ajustar modelos homogéneos de datos espaciales, en donde se incluyó la tendencia y dependencia de las covariables cartografía del suelo (unidades taxonómicas) y la pendiente del terreno.

Se procedió a ajustar, validar los modelos (Tabla 1), así como la normalidad de los residuales y la consecuente comprobación del Teorema del Límite Central (Gujarati & Porter, 2010), en este caso, se utilizó el gráfico Q-Q del patrón puntual de los residuos del modelo. Se utilizó la función L del modelo ajustado, con sus respectivos intervalos de confianza y se comparó con los datos observados (Baddeley *et al.*, 2015).

## Resultados

De acuerdo al valor estimado de Clark & Evans (1954), el cual es menor a uno (0.73), y a la prueba Kolmogorov-Smirnov, la cual rechaza que el patrón de dispersión

espacial de los individuos es aleatorio, se determina que los individuos tienden a agruparse.

En la Figura 2, se observa que, los árboles comerciales superpuestos sobre las variables suelos y pendiente, se concentran de forma heterogénea y con densidades no constante entre e intra las clases de suelos: a) Peniplanicies (Pe) con suelos residuales, pendientes <10% y moderadamente drenados (2223 árboles en total); b) Lomas y Colinas bajas (Lo.b) con suelos residuales, pendientes < 16% y moderadamente afloramientos rocosos (1774 árboles en total); c) Valles aluviales (Va) con suelos profundos, pendientes <5% y mal drenados (117 árboles en total); d) Valles Coluvio Aluviales (Vc.a) con suelos profundos, pendientes <5% y moderadamente drenados (164 árboles en total); e) Topes de Colinas (Tp) con suelos residuales, pendientes entre 5-8% y severamente erosionados (10 árboles en total); f) Lomas y Colinas altas (Lo.a) con suelos superficiales, pendientes entre 10-30% y abundantes afloramientos rocosos (7 árboles en total); g) Planicie de desborde (PI) con suelos profundos, pendientes entre 0-3% e inundaciones estacionales (352 árboles en total).

Se evidencia que a menor pendiente la densidad disminuye, mientras que, para la distancia a la red de drenaje a medida que es mayor la densidad de árboles aumenta. Esto es validado por la prueba espacial Kolmogorov-Smirnov, (p-value <2.2e-16). Las densidades de los árboles comerciales se encuentran entre el rango de pendiente entre el 5 y 20 % y para la distancia a la red de drenaje anula la H0 de aleatoriedad espacial CSR, cuando la distancia es igual a 20, 25 y 30 m.

Los resultados de los modelos homogéneos (Tabla 1), donde se involucran las covariables (pendiente del terreno en radianes, distancia a la red de drenaje, cartografía de suelos), a pesar de ser significativo, el mismo es inconsistente y los residuales no son, ni aleatorios, ni independientes. Nótese que en el modelo  $\lambda(u) = \exp(\beta_0 + \beta_1 Z(\text{Soil}) + \beta_2 Z(\text{CDN}) + \beta_3 Z(\text{Slope}) + \beta_4(\text{Mining}))$ , la pendiente del terreno (Slope) no es una variable significativa, al quitar esta variable el modelo mejora substancialmente, siendo el proceso influenciado tan solo por la cartografía de suelos (Soil, unidades taxonómicas), distancia red de drenaje (CDN) y la ocurrencia de minería (Mining, en este caso el parámetro de la minería es similar al de un modelo con variables dicotómicas).

En el caso de patrones puntuales, se tuvo que re-escalar los datos (Baddeley *et al.*, 2015), por lo que requirió para un modelo de tendencia polinomial de primer orden, dividir las coordenadas Este y Norte entre 30, mientras que para un modelo de segundo orden fue entre 90000 las coordenadas Este y Norte, por tanto, se considera basado como el mejor modelo homogéneo es  $\lambda(u) = \exp(x,y) 2 + \beta_1(\text{Soil}) + \beta_2(\text{CND}) + \beta_3(\text{Mining})$  evidenciando, primero un claro proceso no estacionario por media, nótese que se confirma la importancia de las variables suelo y minería, pero llama la atención la distancia red de drenaje el cual es una variable nueva en la ocurrencia de árboles pero que la misma es fácilmente derivable del Modelo Digital de Elevación, en

Modelo	Parámetro	Estimado	Estandard Err.	Intervalo de confianza 95%		CIA
				Inferior	Superior	
$\hat{\mu}(?) = \exp(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_3(\text{Slope}) + \hat{\alpha}_4(\text{Mining}))$	Intercepto	-10.1170***	0.117972	-103.483	-988.586	99920.35
	Suelo	-0.084491***	0.006795	-0.09781	-0.07117	
	DRD	0.08214***	0.004327	0.073667	0.090627	
	PT	-0.3277	0.225204	-0.76911	0.113671	
	Minería	1.6108***	0.116349	1.382.761	1.838.842	
$\hat{\mu}(?) = \exp(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_3(\text{Mining}))$	Intercepto	-10.1429***	0.116637	-103.716	-991.438	99920.48
	Suelo	-0.0851***	0.006785	-0.09841	-0.07181	
	DRD	0.0807***	0.004232	0.072421	0.089011	
	Minería	1.6117***	0.11635	1.383.756	1.839.838	
$\hat{\mu}(?) = \exp(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1x + \hat{\alpha}_1y + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{Slope}) + \hat{\alpha}_3(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_4(\text{Mining}))$	Intercepto	-49.9370***	-499.371	9.768.567	-690.831	99617.67
	Suelo	-0.0776***	-0.0777	0.006748	-0.09092	
	DRD	0.0716***	0.071638	0.004392	0.06303	
	PT	-0.1076	-0.1076	0.221206	-0.54116	
	Este/30	-0.0027***	-0.00275	0.000234	-0.00321	
	Norte/30	0.0039***	0.003993	0.00032	0.003366	
	Minería	1.8163***	1.816.335	0.117	158.702	
$\hat{\mu}(?) = \exp(\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1x + \hat{\alpha}_1y + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_3(\text{Mining}))$	Intercepto	-50.4067***	9.719.566	-694.567	-313.568	99615.91
	Suelo	-0.0779***	0.006731	-0.09112	-0.06473	
	DRD	0.0711***	0.004291	0.06276	0.079582	
	Este/30	-0.0027***	0.000234	-0.00321	-0.00229	
	Norte/30	0.0040***	0.000318	0.003386	0.004632	
	Minería	1.8173***	0.116982	1.588.058	204.662	
$\hat{\mu}(?) = \exp((xy) + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{Slope}) + \hat{\alpha}_3(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_4(\text{Mining}))$	Intercepto	-74425.82***	6740.82	-87637.58	-61214.06	99422.63
	Suelo	-0.0612***	0.01	-0.08	-0.05	
	DRD	0.06279907***	0.00	0.05	0.07	
	PT	-0.2477	0.22	-0.68	0.19	
	Este/90000	3313.335***	815.27	1715.43	4911.24	
	Norte/90000	14833.91***	1303.60	12278.89	17388.92	
	(Este/90000) <sup>2</sup>	-262.5831***	42.67	-346.21	-178.95	
	Este/90000 * Norte/90000	655.203	54.93	-42.14	173.18	
	(Este/90000) <sup>2</sup>	-912.7261***	74.03	-1057.82	-767.63	
	Minería	1.9050***	0.12	1.67	2.14	
$\hat{\mu}(?) = \exp((xy) + \hat{\alpha}_1(\text{Soil}) + \hat{\alpha}_2(\text{CDN}) + \hat{\alpha}_3(\text{Mining}))$	Intercepto	-74497.97***	6.730.409	-87689.3	-61306.6	99421.87
	Suelo	-0.0615***	0.007456	-0.07617	-0.04694	
	DRD	0.0617***	0.004429	0.053084	0.070447	
	Este/90000	3380.078***	8.117.504	1.789.077	4971.08	
	Norte/90000	14792.3***	1.303.534	12237.42	17347.18	
	(Este/90000) <sup>2</sup>	-264.3379***	4.260.342	-347.839	-180.837	
	Este/90000 * Norte/90000	606.485	5.467.388	-465.103	1.678.074	
	(Este/90000) <sup>2</sup>	-908.0964***	7.401.289	-1053.16	-763.034	
Minería	1.9076***	0.117758	1.676.837	213.844		

Tabla 1.- Modelos de patrones puntuales homogéneos estimados para los árboles comerciales

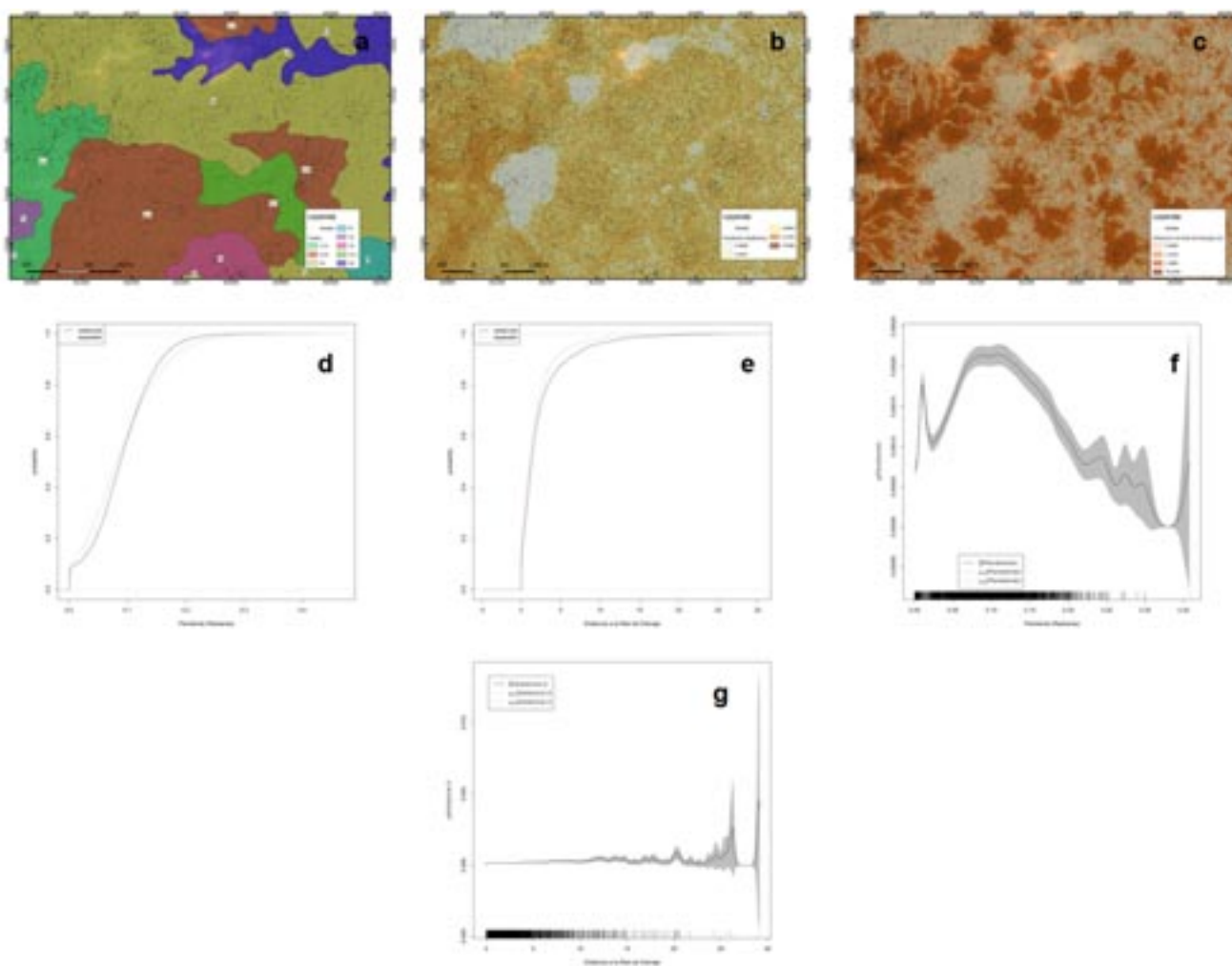
Table 1.- Homogeneous point pattern models estimated for commercial trees

este caso, derivado del estudio y análisis geoestadístico del terreno realizado por (Andrades *et al.*, 2021).

Los residuos de este modelo ajustado (Figura 3), evidencian que el modelo es insuficiente y determina que en direcciones Norte-Sur y Este-Oeste, los residuales presentan valores atípicos, que evidencian el mal ajuste del modelo, así como la no normalidad y una franca violación al Teorema del Límite Central (Gujarati y Porter, 2010). Adicionalmente el gráfico de Lurking, la distancia a la red de drenaje evidencia que, el número acumulado de árboles es aproximadamente igual que el número esperado según el modelo. Otra evidencia es la condición de la distancia media de los árboles comerciales 28.23 m, mientras que en el modelo con tendencia 37.56 m, siendo una subestimación

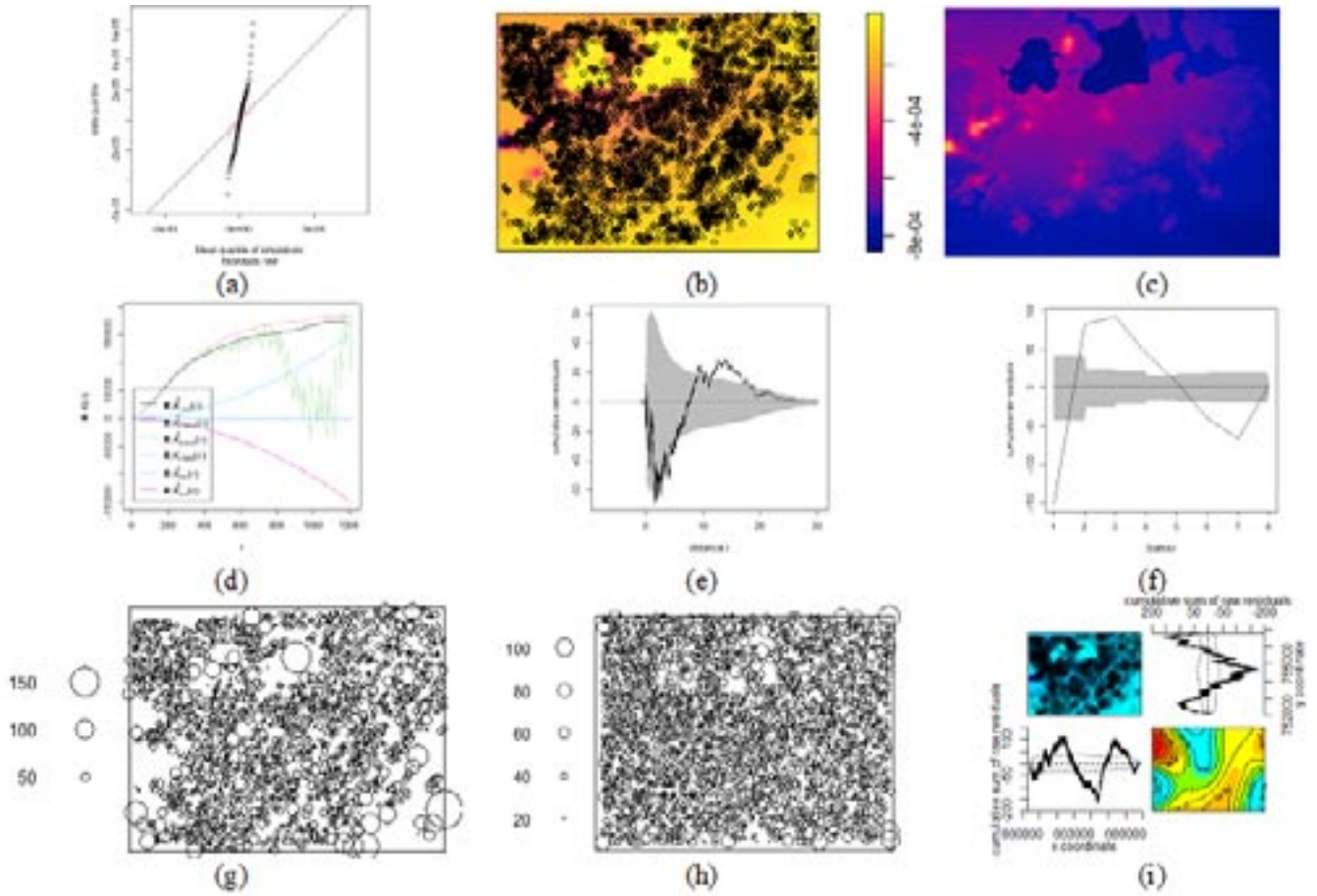
en la estimación. Adicionalmente, el gráfico de la función K residual ratifica que el proceso no es aleatorio ni independiente. Además, en esta sección se evidencia el diagrama de Steiner (Figura 3g), dentro de la cual la estimación de la distancia homogénea difiere de los datos originales, lo que permite descartar de esa forma el modelo. No obstante, dentro del análisis de tendencia de segundo orden se observa un incremento en la densidad, así como una depresión de los puntos.

El modelo Poisson ( $u = ex(x, y) 2 + \beta_1 Z(\text{Soil}) + \beta_2 Z(\text{CND})$ ) evidenció mejor comportamiento estadístico. Los parámetros estimados para el modelo Thomas, con covariables de tendencia distancia a la red de drenaje, suelos y minería/sin covariables adicionales (parámetros no estacionarios), mostraron una densidad log-lineal.



**Figura 2.-** Árboles comerciales superpuestos (a) Suelo; (b) Pendiente; (c) Distancia a la Red de Drenaje; (d) Gráfica del test Kolmogorov-Smirnov CSR de la pendiente; (e) Respuesta de la función  $\rho(Z)$  de la pendiente; (d) Gráfica del test Kolmogorov-Smirnov CSR de la Distancia a la red de drenaje y (f) Respuesta de la función  $\rho(Z)$  de la Distancia a la red de drenaje. En el compartimiento 9, de la Reserva Forestal El DoradoTumeremo, Bolívar, Venezuela

**Figure 2.-** Superimposed commercial trees (a) Soil; (b) Pending; (c) Distance to the Drainage Network; (d) Plot of the Kolmogorov-Smirnov CSR slope test; (e) Response of the slope function  $\rho(Z)$ ; (d) Graph of the Kolmogorov-Smirnov CSR test of the Distance to the drainage network and (f) Response of the function  $\rho(Z)$  of the Distance to the drainage network. In compartment 9, of the El DoradoTumeremo Forest Reserve, Bolívar, Venezuela



**Figura 3.-** Modelo  $(u) = ex(x,y) 2+\beta1Z(\text{Soil}) +\beta2Z(\text{Channel Network Distance})$  . (a) Gráfico Q-Q de los residuales; (b) Residuales del Modelo; (c) Predicción del modelo; (d) Función K Residual; (e) Gráfico de Lurking de la Distancia a la Red de Drenaje; (f) Gráfico de Lurking de la Cartografía del Suelo; (g) Diagrama de Steinen Arboles Comerciales; (h) Diagrama de Steinen de Predicción modelo homogéneo. (i) Gráfico de diagnóstico de cuatro paneles para el modelo uniforme ajustado

**Figure 3.-** Model  $(u) = ex(x,y) 2+\beta1Z(\text{Soil}) +\beta2Z(\text{Channel Network Distance})$  . (a) Q-Q plot of the residuals; (b) Model Residuals; (c) Model prediction; (d) Residual K Function; (e) Lurking Chart of Distance to Drainage Network; (f) Lurking Chart of Soil Mapping; (g) Diagram of Steinen Commercial Trees; (h) Steinen Diagram of Homogeneous Model Prediction. (i) Four-panel diagnostic plot for the fitted uniform model

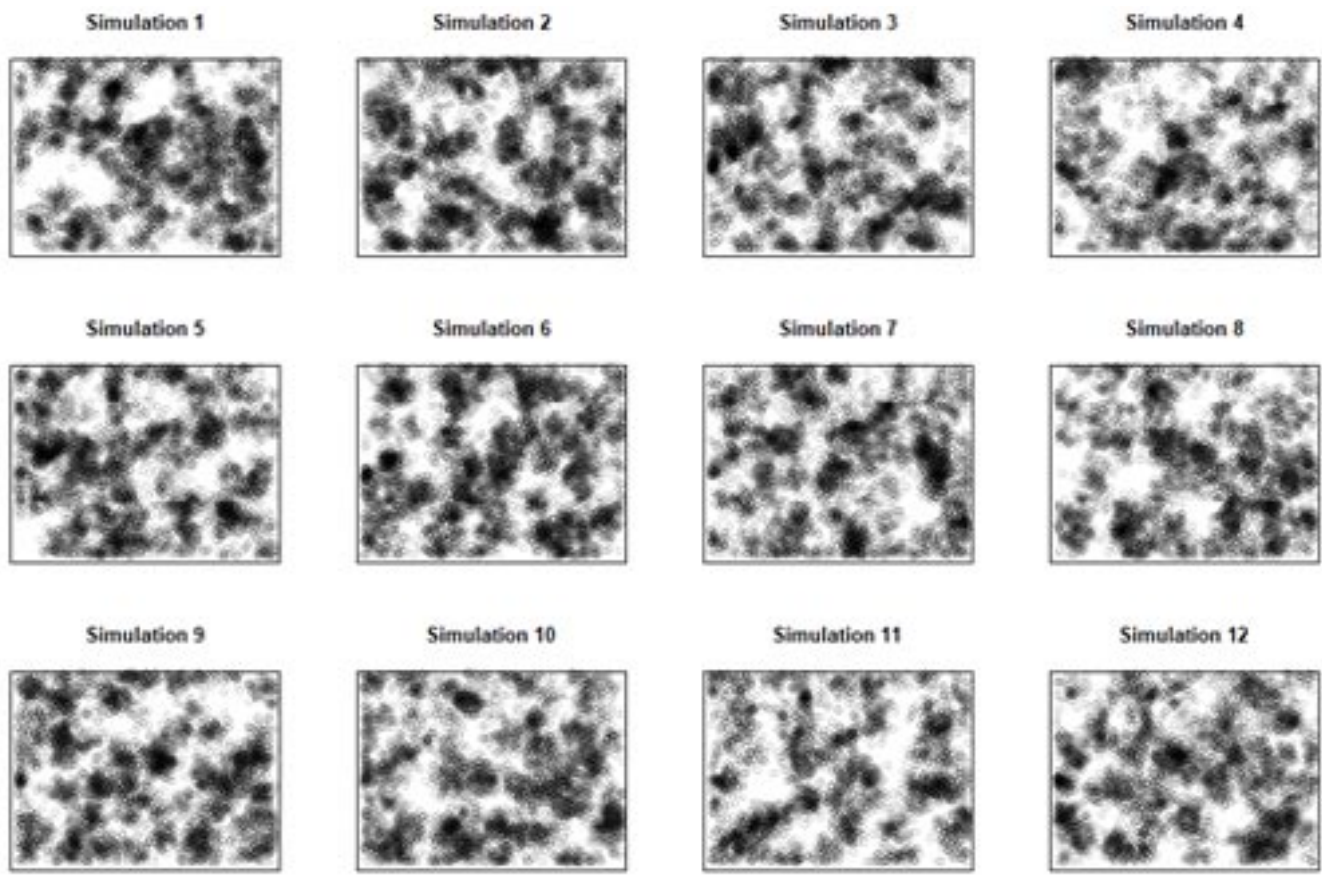
El proceso Poisson de los árboles padres tienen una densidad de 0,000003771127 individuos/m<sup>2</sup>, mientras que sus clústeres tienen una desviación estándar de 176,4807 individuos/m<sup>2</sup>, lo que identifica la alta variabilidad de la densidad de la descendencia dentro del área de trabajo.

En la Figura 4, se observan las 12 simulaciones del proceso Thomas ajustado a la zona de trabajo, éste evidencia un patrón de distribución en agregados con los datos de trabajo. Nótese que, en aplicaciones, la variación aleatoria a menudo se atribuye a covariables espaciales no observada, además la variación espacial en la función de intensidad aleatoria puede hacer que los puntos sean más abundantes en algunas áreas que en otras. Este fenómeno puede hacer que el patrón de puntos parezca agrupado y que el proceso sea Poisson homogéneo.

### Discusión

Dentro del área de estudio se observó una influencia espacial dominante de tipo agregado, siendo las variables espaciales suelos, pendiente del terreno y distancia a la red de drenaje, las que se relacionan sobre el proceso de ocurrencia de los árboles comerciales, evidenciando un comportamiento altamente heterogéneo propio de un bosque tropical. Algunos autores mencionan que para los bosques tropicales las tendencias suelen ser regulares e incluso llegar a agregados cuando la escala se reduce (Mauricio-Timaná, 2020; Hernández *et al.*, 2018), lo cual no se evidencia en los resultados obtenidos.

La mayor densidad de individuos se encontró cercana a Peniplanicies con suelos residuales, pendientes < 10% y



**Figura 3.-** Modelo  $(u) = \alpha x(x,y) + \beta_1 Z(\text{Soil}) + \beta_2 Z(\text{Channel Network Distance})$ . (a) Gráfico Q-Q de los residuales; (b) Residuales del Modelo; (c) Predicción del modelo; (d) Función K Residual; (e) Gráfico de Lurking de la Distancia a la Red de Drenaje; (f) Gráfico de Lurking de la Cartografía del Suelo; (g) Diagrama de Steinen Arboles Comerciales; (h) Diagrama de Steinen de Predicción modelo homogéneo. (i) Gráfico de diagnóstico de cuatro paneles para el modelo uniforme ajustado

**Figure 3.-** Model  $(u) = \alpha x(x,y) + \beta_1 Z(\text{Soil}) + \beta_2 Z(\text{Channel Network Distance})$ . (a) Q-Q plot of the residuals; (b) Model Residuals; (c) Model prediction; (d) Residual K Function; (e) Lurking Chart of Distance to Drainage Network; (f) Lurking Chart of Soil Mapping; (g) Diagram of Steinen Commercial Trees; (h) Steinen Diagram of Homogeneous Model Prediction. (i) Four-panel diagnostic plot for the fitted uniform model

moderadamente drenados (2.223 árboles) disminuyendo hasta (7 árboles) en Lomas y Colinas altas con suelos superficiales, pendientes entre 10-30% y abundantes afloramientos rocosos. Este resultado es concordante con el hecho de que la densidad de individuos puede variar en función de atributos del paisaje, disponibilidad de agua, las propiedades físicas del suelo y características topográficas entre otros factores.

Tradicionalmente, los análisis ecológicos sobre el estado de un bosque, son descritos según técnicas de estadística habituales, que no incluyen las coordenadas espaciales de la ubicación de los individuos ó la aplicación de indicadores determinísticos (IVI, IVIA, Fisher, entre otros) que también obvian el arreglo espacial. No obstante, Hernández *et al.* (2018), manifiestan que, los datos con la información espacial (coordenadas X, Y) son susceptibles para ser analizados estadísticamente, a su vez, permite identificar los mecanismos y factores que favorecen las relaciones

inter e intra específicas de los elementos arbóreas que componen un ecosistema. En este sentido, Vásquez-Rivas *et al.* (2022), indica que, el Patrón de Puntos espaciales, representa de manera estadística, los diferentes procesos ecológicos que se pueden estar desarrollando dentro de un bosque.

## Conclusiones

Se puede concluir que los árboles comerciales un proceso no estacionario, inhomogéneo y de tipo clúster según el modelo de Thomas, ya que este mejoró sustancialmente la inferencia estadística. En este las variables distancia a la red de drenaje, suelos y minería tienen influencia homogénea no estacionaria. Destaca como nueva covariable la distancia a la red de drenaje la cual es fácilmente derivable de un Modelo Digital de Elevaciones.

## Referencias

- Andrades-Grassi, J., Rangel, R., López-Hernández, Omaña, N., Cuesta-Herrera, L. & Gómez, A. (2021). Modelado y simulación del terreno del Compartimiento 9, en la Reserva Forestal El Dorado, Tumeremo, Bolívar-Venezuela. *Recursos Rurais*, 17, 5-15. DOI: [10.15304/rr.id7496](https://doi.org/10.15304/rr.id7496).
- Baddeley, A., Rubak, E. & Turner, R. (2016). *Spatial point patterns. Methodology and applications with R* CRC Press.
- Baddeley, A., Rubak, E., & Turner, R. (2015). *Spatial point patterns: methodology and applications with R*. CRC Press.
- Baddeley, A. & Turner, R. (2000). Practical maximum pseudo likelihood for spatial point patterns. *Australian and New Zealand Journal of Statistics* 42: 283-322.
- Badii, M., Guillen, A., Cerna, E., Landeros, J., Valenzuela, J. & Ochoa, Y. (2012). Estimación poblacional por muestreo de distancias. *Daena; International Journal of Good Conscience* 7(1): 85-96.
- Bivand, R.S., Pebesma, E.J. & Gómez-Rubio, V. (2013). *Applied spatial data analysis with R (Vol. II)*. Springer. DOI: [10.1007/978-1-4614-7618-4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7618-4)
- Clark, P.J. & Evans, F.C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35: 445–453.
- EMB (2021). *Elaboración de Maderas Bosco C.A. Plan de manejo forestal UP6, El Dorado Tumeremo. Edo. Bolívar.*
- EMB (2016). *Elaboración de Maderas Bosco C.A. Plan de Corta. Lote Boscoso el Dorado Tumeremo. Edo. Bolívar.*
- FAO (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Global Forest Resources Assessment: Key findings 2020*. <http://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>.
- Fox, J. (2017). *Using the R Commander: a point-and-click interface or R*. CRC Press.
- Fox, J. (2005). The R commander: a basic statistics graphical user interface to R. *Journal of Statistical Software* 14(9): 1-42. DOI: [10.18637/jss.v014.i09](https://doi.org/10.18637/jss.v014.i09)
- Fox, J. & Bouchet-Valat, M. (2018). *Rcmdr: R Commander. R package version, 2.4.4*.
- Gujarati, D. & Porter, D. (2010). *Econometría (quinta edición)*. México: Editorial Mc. Graw Hill.
- Hernández, F., Navarro, C., Peña, R. & Nájera, A. (2018). Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47): 169-184. DOI: [10.29298/rmcf.v9i47.161](https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.161)
- Lacaze, B., Dudek, J. & Picard, J. (2018). Software GRASS GIS con QGIS. En N. Baghdadi, C. Lawes, M.J., Griffiths, M.E., Midgley, J.J., Boudreau, S., Ealey, H. & Chapman, C.A. (2008). Tree spacing and area of competitive influence do not scale with tree size in an African rain forest. *Journal of Vegetation Science* 19(5): 729-738. DOI: [10.3170/2008-8-18445](https://doi.org/10.3170/2008-8-18445)
- Mauricio-Timaná, C. (2020). *Uso de R para analizar la distribución espacial del bosque seco de Piura. (Tesis de grado)*. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de sistemas. Piura. Perú.
- Miranda, A., Hernández, H., Bustamante, R., Díaz, E., González, L. & Altamirano, A. (2016). Regeneración natural y patrones de distribución espacial de palma chilena *Jubaea chilensis* (Molina) Baillon en los bosques mediterráneos de Chile central. *Gayana, Botánica*, 73(1), 54-63. DOI: [10.4067/S0717-66432016000100007](https://doi.org/10.4067/S0717-66432016000100007)
- Morrison, L., Maurent, E., Finegan, B., Delgado-Rodríguez, D., Casanoves, F & Ngo Bieng, M. (2022). Recuperación de la biodiversidad en bosques neotropicales primarios y perturbados de Costa Rica. (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 40 p. (Serie técnica. Informe técnico/CATIE, no. 437).
- Moura de Mello, L. & Alves Cantos, A. (2017). Modelo de la distribución espacial de *Quillaja brasiliensis* (A. ST-HIL. & TUL.) Mart. En el sur de Brasil y la historia de la dispersión del género *Quillaja* (Quillajaceae) en América del Sur. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 66(2): 297-308.
- Olaya, V. (2011). *Sistemas de información geográfica*. [https://wiki.osgeo.org/wiki/Libro\\_SIG](https://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG)
- Oyarzún, A., Donoso, P. & Gutiérrez, A. (2019). Patrones de distribución de alturas de bosques antiguos siempre verde del centro-sur de Chile. *Bosque*, 40(3): 355-364. DOI: [10.4067/S0717-92002019000300355](https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300355)
- R Core Team, (2023). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rangel, R., López, J., Gómez, A. & Perdomo, L. (2023). Floristic and structural characterization of forest communities in different physiographic units, El Dorado - Tumeremo, Bolivar – Venezuela. *Recursos Rurais* 19: 55-66. DOI: [10.15304/rr.id9568](https://doi.org/10.15304/rr.id9568)
- Rangel, R., López, J., Gómez, A., Perdomo, L., Pino, M., Rojas, Y., Osorio, S., Lugo, J., Torres, Y & Salcedo, P. (2022). Efecto de dos sistemas silviculturales sobre variables de estructura del dosel y de luz dentro del bosque universitario El Caimital, Barinas – Venezuela. *Recursos Rurais*, 18: 45-57. DOI: [10.15304/rr.id8523](https://doi.org/10.15304/rr.id8523)
- Vásquez-Rivas, D.V., Andrades-Grassi, J.E., Gámez, L.E. & Rodríguez-L, G.G. (2022) Exploración y comparación de la distribución espacial de los bosques periurbanos en Mérida, Venezuela. *Colombia Forestal*, 25(1), 36-50.



Artigo

Luis Gómez-Orellana<sup>ID</sup> · Pablo Ramil-Rego<sup>ID</sup> · Manuela Martíns<sup>ID</sup> · José Meireles<sup>ID</sup>  
· Javier Ferreiro da Costa<sup>ID</sup> · Manuel A. Rodríguez Guitián<sup>ID</sup>

# Recent dynamics of vegetation and landscape in the Minho region (Portugal) in relation to human occupation of the territory

Recibido: 10 setembro 2024 / Aceptado: 16 outubro 2024  
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

**Abstract** New pollinical data from the area surrounding the city of Braga (NW Portugal), and linked to the construction of *Bracara Augusta*, have allowed us to obtain an image of the landscape and vegetation of this area during the Iron Age and Romanization, continuing through the Middle Ages and all the way to the present time. The new data was compared with existing data from the Minho region. This revealed a regional sequence of landscape modifications, in which one can appreciate the increasing incidence of various human activities on land configuration. The new data revealed similar dynamics in both territories, with small differences based on latitudinal position and topographic characteristics.

**Key words** Landscape, vegetation, pollen analysis, *Bracara Augusta*, NW Portugal.

---

Luis Gómez-Orellana · Pablo Ramil-Rego · Javier Ferreiro da Costa · Manuel A. Rodríguez Guitián

GI 1934-Territorio & Biodiversidade - Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural – IBADER. USC. Campus Terra s/n 2002 Lugo, Galicia, Spain  
email: lgomezorellana@gmail.com

Manuela Martíns · José Meireles

Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho. Edifício dos Congregados, Avenida Central, 100, 4710-229 Braga, Portugal

<https://doi.org/10.15304/rr.id10150>



---

## Introduction

The work presented here shows the results from a pollen study carried out on a set of samples recovered in three columns: one from a paleosol located under the artificial pavement of the Roman Theatre of *Bracara Augusta* and two from polycyclic soils located in Alto da Forca, Vilanova de Sande (Guimaraes). These new data were linked to existing data from Sierra do Bustelo and Sierra da Arga (Figure 1) to obtain an image of the changes in landscape and vegetation associated with human presence in the territory, in particular during the founding and growth of the city of *Bracara Augusta*.

The Roman Theatre of *Bracara Augusta* is located at Alto da Cividade, next to the Roman public baths and has been in excavation phase since 2004. During the digging works, a paleosol associated with the theatre's perimeter wall was identified. It is located directly on the disturbed bedrock and across a net boundary under a foundation level of the theatre structure (Figures 1, 2). Therefore, it is considered to be contemporary to the construction of the building and was likely sealed during the construction work. The available data indicate that the construction of the building would have taken place in the early second century AD, coinciding with the maximum expansion of the city and at a time of great economic development (Martins et al. 2015).

In order to compare the pollen information from the building environment of the theatre with pollen from a natural environment nearby, two columns were collected on two current soils in courts located in Alto de Forca Mountain, near Vilanova de Sande (Guimaraes) (Figure 1).

In addition, a correlation of the sequence obtained with the records available in the territory is carried out, in order to obtain a regional sequence that typifies the main environmental changes in the Minho region during the last third of the Holocene. In this sense, in the regional space of Minho there are two pollen sequences that reflect the last third of the Holocene. To the north of Braga, in the Serra do Bustelo area (Figure 1), there is a set of pollen analyzes

from which a sequence for this area was obtained (Taboada Castro et al. 1995). Further north and closer to the coastline (Figure 1) there is a sequence obtained in a fossilized peat bog, located in the Serra da Arga (Gómez-Orellana et al. 2010).

## Material and methods

### Sampling

The samples recovered to carry out the pollen study correspond to a column collected manually in an open profile during excavation and two others collected taking advantage of cuts made in the opening of forest tracks in Alto de Forca Mountain (Figure 3). In all three cases, the samples were recovered after cleaning the profiles. A total of

51 samples were obtained (23 samples corresponding to the paleosol associated with the theatre and 12 and 16 respectively in Alto de Forca soils). The samples, at the time of sampling, were stored in properly labelled plastic bags. Subsequently, they were kept at 5°C in the Laboratory of Biodiversity of GI-TB-1934 of USC, located in Lugo, until the moment of their extraction.

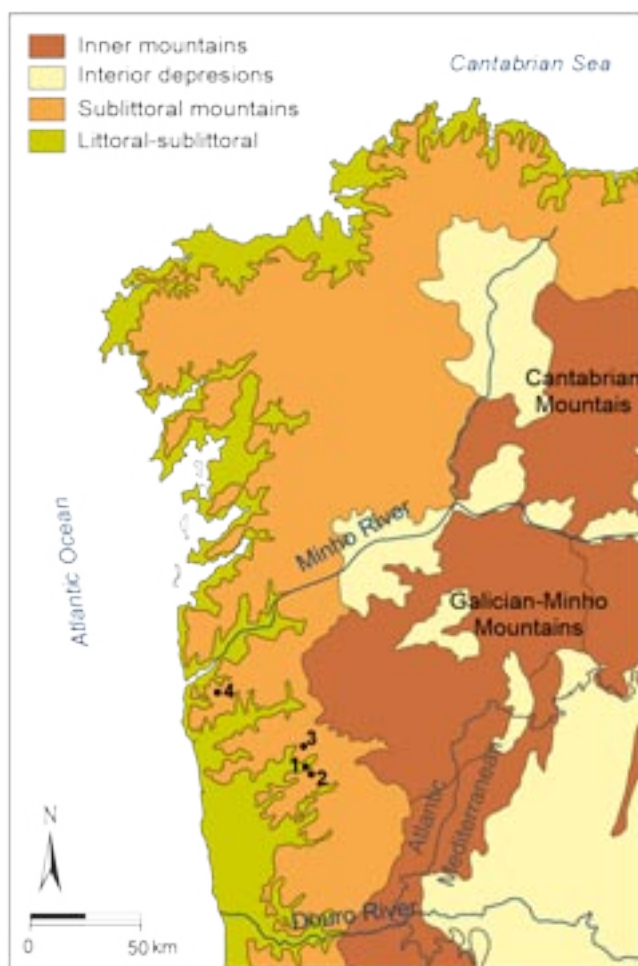
In the excavations of the Roman Theatre of *Bracara Augusta*, the presence of a dark-colored sediment with a high content of organic matter was discovered. It was located above the alteration horizon of the basal rock and through a net limit, under a highly compacted 10 cm-thick and light color, narrow layer, so it was identified as an artificial level of theatre paving (Figure 2). This organic level would correspond to the existing paleosol prior to the construction of the theatre. On an open profile (Figure 2), the paleosol level was sampled, obtaining a total of 23 one-cm-thick samples. In addition, several samples of the altered bedrock level, the level of paving and the fill level that bury the profile were recovered (Figure 2). These samples were collected in order to evaluate possible percolations of pollen material from the surface or the upper profile levels towards the paleosol.

In Alto da Forca, located near Vila Nova de Sande (Figure 1), two polycyclic soil profiles were recovered (Alto da Forca I and II) on two existing cuts in forest tracks (Figure 3). The sedimentological characterization of the profiles is shown in figure 3. In both cases, the soils present a decomposition horizon of the bed rock (C horizon), on which a B horizon and a superficial A horizon, with a high content of organic matter. Profile 1 has a thickness of 75 cm while Profile 2 reaches 55 cm. The sampling was carried out collecting 5 cm-thick samples, respecting the different levels present in the column and recovering the most superficial 5 cm of the C horizon and all of the B and A horizons.

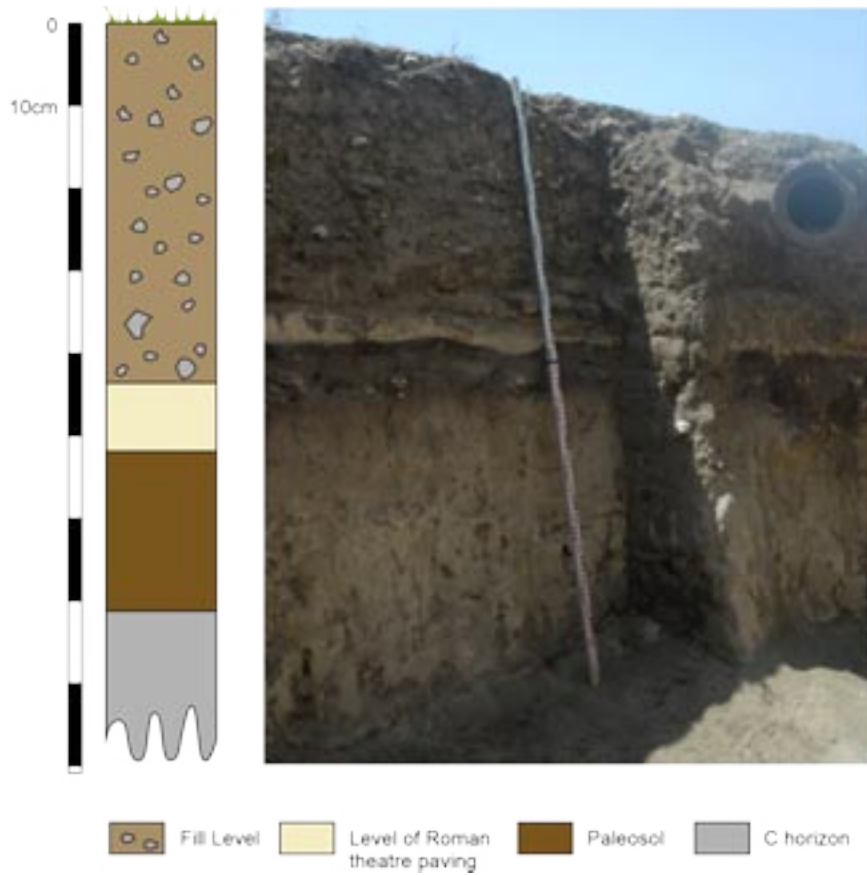
A radiocarbon date was obtained at the base of the paleosol recovered in the Roman Theatre (Table 1). The sediment was radiocarbon dated by ICA. The dating of sediments was done by AMS in organic matter. Unfortunately, it has not been possible to obtain any date on the basal part of the two profiles of Alto da Forca, due to the low organic matter content and the low pollen concentration, that required the use of a large amount of sediment in the pollen analysis.

### Pollen analyses

The samples were prepared for pollen analysis using standard methods in palynology (Faegri et al. 1989; Moore et al. 1991). The mounted slides were analysed using light microscopy. The total sum of pollen in all samples is between 411 and 789 grains. Terrestrial pollen percentages, were calculated using a total terrestrial pollen sum (>300 grains), including trees, shrubs and herbs. The total pollen sum was used in calculating percentages of all aquatic plants, including cryptogams. For the calculation and graphic representation of the results, the TILIA 1.7.14 software was used (Grimm 1990-2015). The pollen diagram was zoned using constrained incremental sum of squares (CONISS) cluster analysis.

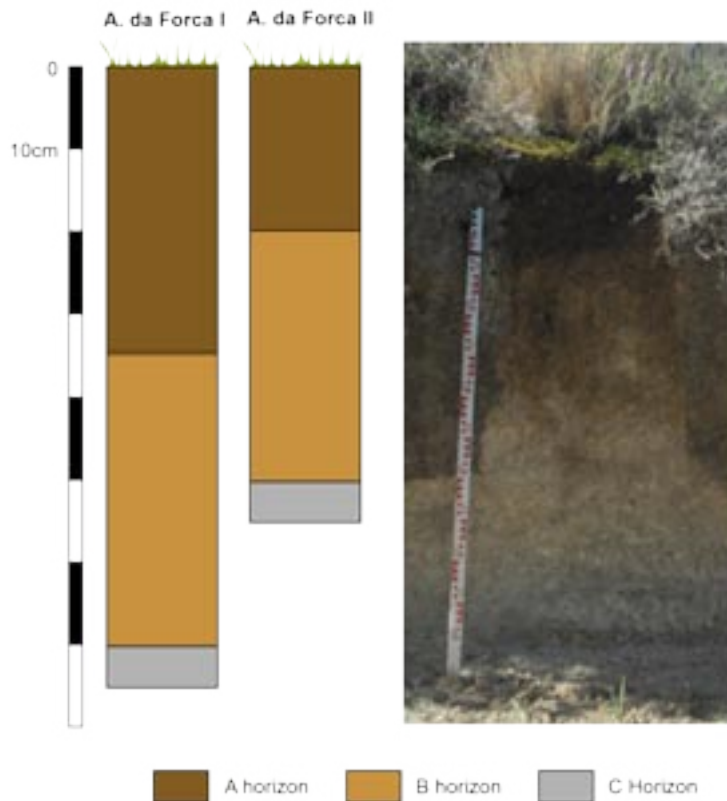


**Figure 1.-** Location of analysed sequences and other sequences mentioned in the text. 1: Roman Theatre of Bracara Augusta; 2: Alto da Forca; 3: Serra do Bustelo; 4: Serra da Arga. The palaeoecological division of the NW Iberian Peninsula and the Atlantic/Mediterranean boundary are also shown



**Figure 2.-** Photograph and idealized diagram of the column sampled in the paleosol located under the pavement of the Bracara Augusta theatre building

Fig 3



**Figure 3.-** Photograph of one of the sections and idealized representation of the profiles sampled in Alto da Forca

Laboratory number	Material	Radiocarbon age uncal. a BP	2 $\sigma$ cal. BP age ranges (relative area)	Cal. BP age median probability
ICA-5449	Sediment	3030 $\pm$ 30	3148-3277 (0,69)	3212

**Table 1.** - Radiocarbon and calibrated ages from Roman Theatre. The date was calibrated by using CALIB Rev 8.2 program and IntCal20 data set (Stuiver et al. 2020). 2 sigma (95.4%) confidence intervals and their relative areas were used as well as the median probability

## Results

Table 1 shows the result of the dating obtained in the Roman Theatre and the calibration obtained. The calibration of the date was performed with the program Calib 8.2 using the IntCal20 calibration curve (Stuiver et al. 2020).

The results of the three pollen analyses are presented in Figures 4, 5 and 6. The local pollen zones established in each analysis (LPAZ) are shown on the right side. Further to the right, we present the correlation between the local zones to form a new regional zonation (RZ), called Braga (Br-). Along with this, we show the zonation for the littoral and sublittoral territory of the North of Portugal, which has been called Minho (Mh-), and that integrates the data from other available sequences.

### Roman Theatre of Bracara Augusta

In the samples not corresponding to the paleosol, no sporopollinic residue was identified. The results of the pollen analysis of the paleosol are shown in Figure 4.

The diagram obtained (Figure 4) shows a predominance phase of non-arboreal vegetation, mainly *Poaceae* (50-70%), during which the deciduous forests undergo an important development marked by the values of *Quercus robur*-type (20-40%). The sequence was divided into two pollen zones marked by the detriment of *Quercus robur*-type and the increase in taxa associated with ruderal environment, mainly of Asteraceae, during pollen zone 2. Throughout the diagram, a continuous presence of cereal pollen can be observed.

The fact that the paleosol analysed is buried and fossilized under the foundation pavement of the Roman Theatre of Braga, has allowed us to date its formation at a time prior to the Roman occupation of the Iberian Northwest. The low arboreal values, as well as the continuous presence of cereal in the record, could be related to the generalization of agricultural practices and consequent increased deforestation activity in lowland and mid-altitude areas. This allows us to associate the sequence with an advanced moment of the Cultural Steppe, related to the settlement of the Iron Age.

The intensification of the landscape anthropization represented by the pollen zone 2 could be associated with the Romanization of the Iberian NW and the development of the city of *Bracara Augusta* and its socioeconomic growth.

### Alto da Forca I

In the Alto da Forca I profile, a total of 16 samples were recovered, while in profile II, 12 samples were analysed. The results of the pollen analyses obtained in these profiles are shown in Figures 5 and 6.

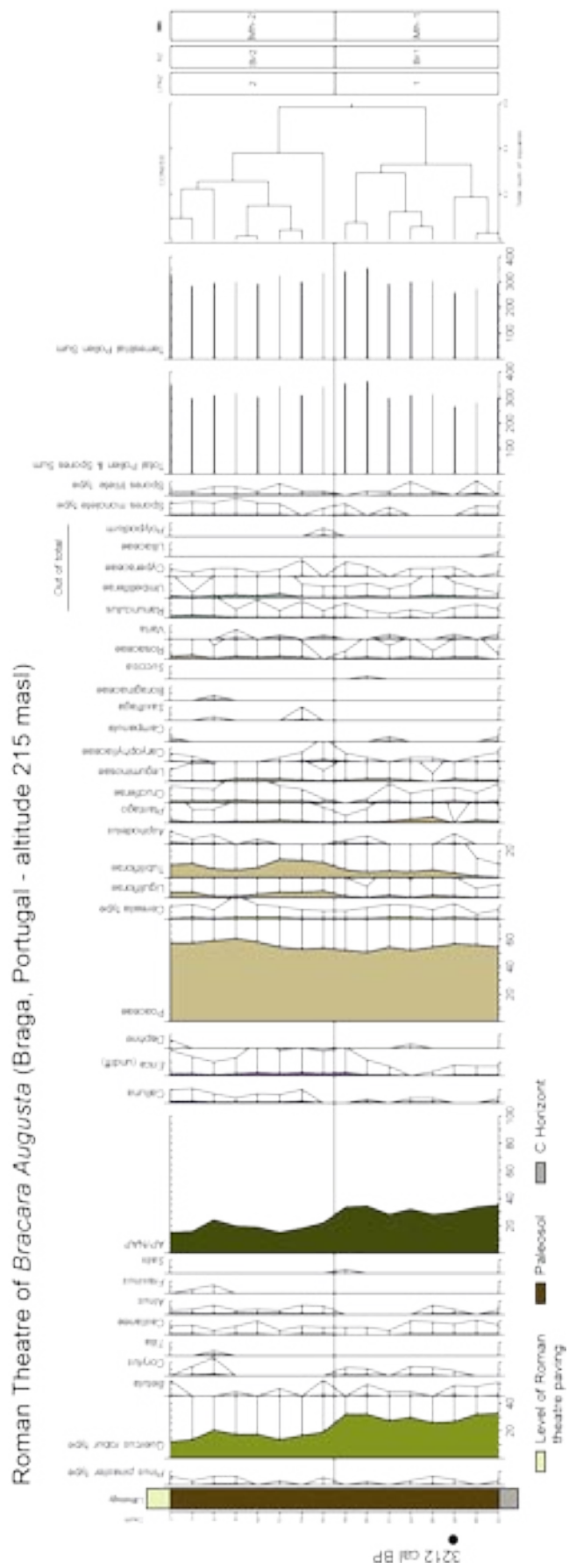
The sequence obtained in Alto da Forca I was divided into 5 pollen zones (Figure 5), which represent a succession of landscape changes associated with anthropic activity, as indicated by the continuous presence of cereal and the predominance of non-arboreal pollen, which place the diagram in a moment where the landscape would have been marked by human influence on the environment. Despite obvious signs of anthropization on the landscape, the diagram registers a constant arboreal presence, representing the existence of forest masses, dominated by deciduous trees, until the final part of the diagram.

The beginning of the diagram (LPAZ-1) is characterized by the predominance of a deforested landscape, with a predominance of shrub elements, primarily *Erica*, *Cistus*. Later, the LPAZ-2 shows a detriment of arboreal pollen and an increase of *Poaceae*. The subsequent zone marks a slight recovery of the forest, which could be related to the recovery phases observed in the NW Iberian sequences after the Roman occupation (Muñoz Sobrino et al. 2005; Ramil-Rego et al. 2009). The LPAZ-4 zone marks a sharp decrease in arboreal percentage, mainly *Quercus robur*-type, together with an increase in scrub communities, represented primarily by *Cistus*. The registered increase in *Asphodelus* could also be associated with the deforestation process. Finally, the upper limit of the sequence reflects a strong increase in *Pinus*, which would represent the recent reforestation. This area registers also a change in the dynamics of shrub formations, with a marked detriment of *Cistus* and an increase of *Erica* and, to a lesser extent, of *Calluna*.

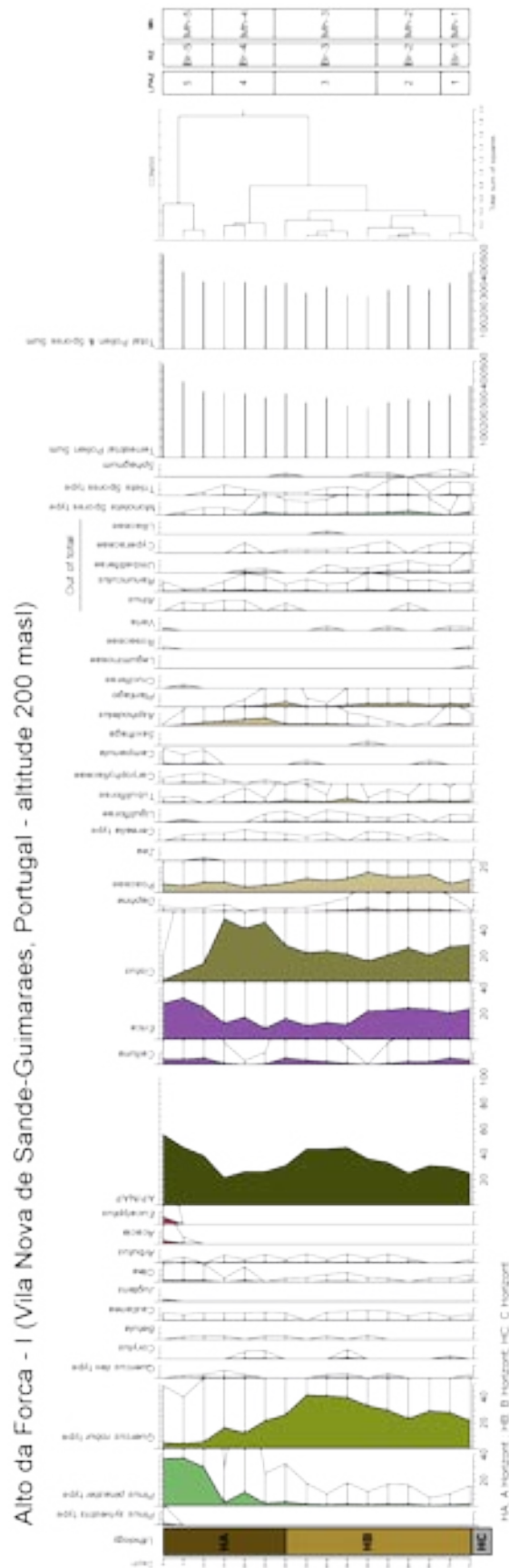
In the penultimate sample, *Acacia* pollen is recorded and, in the upper sample, *Eucalyptus* pollen, which shows the change in forest policy trends in the last decades.

### Alto da Forca II

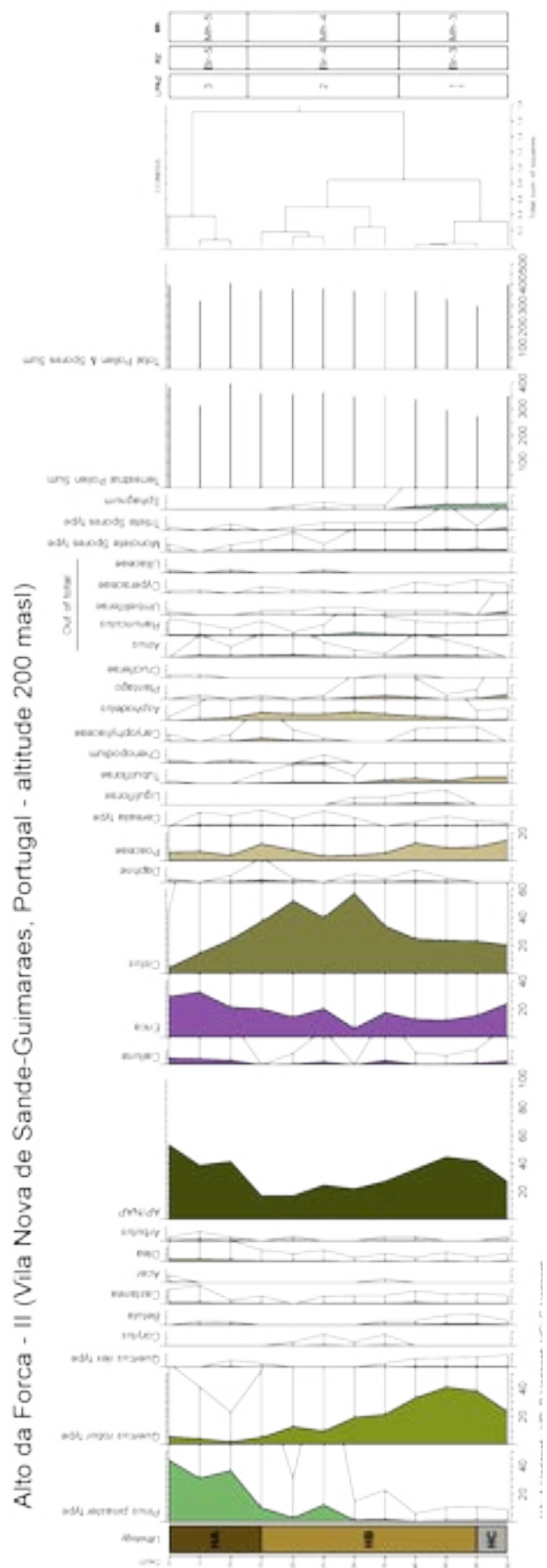
The pollen spectrum obtained (Figure 6) was divided into three local pollen zones, which correlate with the three upper zones of the Alto da Forca I diagram. The basal zone (LPAZ-1) would represent a moment of increase in arboreal pollen, mainly *Quercus robur*-type. Subsequently, a sharp drop in this taxon and a slight increase in *Pinus pinaster*-



**Figure 4.-** Result of the pollen analysis carried out in the Roman Theatre of Bracara Augusta



**Figure 5.-** Result of the pollen analysis carried out in Alto da Forca - I



**Figure 6.-** Result of the pollen analysis carried out in Alto da Forca - II

type were recorded. This decline was coupled to an increase in shrub taxa, mainly *Cistus* along with a slight increase in *Asphodelus*. Finally, the top of the sequence is marked by a moment of strong increase in *Pinus*, related to recent reforestations. In this area, in turn, there is a replacement of *Cistus* by *Erica* and a slight increase in *Calluna*.

### Paleoecological interpretation and contextualization

Based on the pollen characteristics described in the different diagrams, a correlation of the local pollen zones established in each diagram (LPAZ) was carried out, obtaining a regional zonation for the territory (RZ), which can be observed in Table 2 and in each of the diagrams (Braga: Br-). This interpretation is based on the dating obtained from the profile of the Roman Theatre of *Bracara Augusta* and on the fact that the chronology of the current edaphic cycle does not exceed 3,000 years (Ramil-Rego et al., 1996), with which this date would represent the oldest possible age of the two soil profiles recovered in Alto da Forca.

In the surroundings of the study area, there is a regional sequence elaborated from several pollen diagrams obtained in polycyclic soils and peat bogs in Serra de Bustelo (Vila Verde). Due to its biogeographic proximity, this existing sequence (Taboada Castro et al. 1995) is of great interest in the analysis of the new sequence and would enable us to establish a sequence of a broader territorial scope, encompassing the littoral and sub-littoral space of the North of Portugal.

In the regional space of Minho, there is another available pollen sequence that was obtained in Serra da Arga (Figure 1). However, this sequence only reflects the beginning of the Holocene and the last centuries, presenting a sedimentological hiatus that encompasses the middle and an ending part of the Holocene, and, therefore, missing a

large part of the period represented in the new sequence (Gómez-Orellana et al. 2010).

Finally, the new data were contrasted with reference sequences available in the different paleobiogeographic areas of the Iberian NW (Ramil-Rego et al. 1996, 1998, 2006, 2009, 2011, 2018; Gómez-Orellana et al. 2010; Muñoz Sobrino et al. 2005; Iriarte Chiapuso et al. 2015).

Table 2 shows the correlation between the diagrams and the characteristics of the 5 zones that were recognized in the new sequence (Regional Zonation: Braga), as well as their correlation with the sequence available in the nearby Serra do Bustelo (Bustelo), taken from Taboada Castro et al. (1995). From both zonings, a new zonation proposal is established for the regional territory of Minho (Mh-).

The beginning of this sequence would be placed at the beginning of the catathermic phase of the Holocene, during the full development of the cultural steppe. The sequence reflects a landscape highly influenced by human communities as well as agricultural and livestock activity, as is also the case in the rest of the Iberian NW territories. Despite this notable intervention, the basal zone (Mh-1) shows an important presence of *Quercus robur*-type, which has allowed us to relate this very initial phase to a time before the Iron Age, known as NW Iberian *Castreja Culture*. Along with *Quercus robur*, an important group of deciduous arboreal elements are present in a minority, including *Castanea*, *Betula*, *Corylus* or *Tilia* and evergreens, among which the presence of *Olea* stands out throughout the entire sequence, with continuous curves in almost all diagrams, although always with values below 3%. Interestingly, the absence of this taxon can be noted in Serra da Arga diagram (Figure 1), which represents the northernmost pollen record available in the studied territory. In general, the dynamics of *Olea*, with a marked increase towards the most recent phases, suggests that its presence must be related to its cultivation.

Theatre	A Forca I	A Forca II	Regional zonation (Braga)	Bustelo	Minho
			<b>Pinus-Erica</b>		
	5	3	<b>Br-5</b> Strong increase of <i>Pinus</i> . <i>Cistus</i> replacement <i>Erica</i> and <i>Calluna</i>	4-5	<b>Mh-5</b>
			<b>Cistus-Poaceae-Asphodelus</b>		
	4	2	<b>Br-4</b> Arboreal minimum. Maximum of <i>Cistus</i> . Increase of <i>Asphodelus</i>	3	<b>Mh-4</b>
			<b>Quercus-Erica-Cistus</b>		
	3	1	<b>Br-3</b> Increase and maximum of <i>Quercus robur</i> -type. Slight decrease of <i>Cistus</i> and <i>Erica</i>	2	<b>Mh-3</b>
			<b>Poaceae-Cistus-Erica-Quercus</b>		
	2	2	<b>Br-2</b> Slight detriment of <i>Quercus robur</i> -type. Increase of <i>Poaceae</i> and <i>Asteraceae</i>	1	<b>Mh-2</b>
			<b>Poaceae-Quercus-Erica-Cistus</b>		
	1	1	<b>Br-1</b> Values of <i>Quercus robur</i> -type between 30%. Important presence of thickets of <i>Erica/Cistus</i> and dominance of <i>Poaceae</i> in the surroundings of the city of Braga		<b>Mh-1</b>

**Table 2.-** Correlation between the local pollen zones of the new diagrams to develop a new regional pollen zonation (Braga: Br-). The right column shows the correlation with the Serra de Bustelo sequence (Taboada Castro et al. 1995) and the new regional zonation proposed for the Minho region (Mh-)



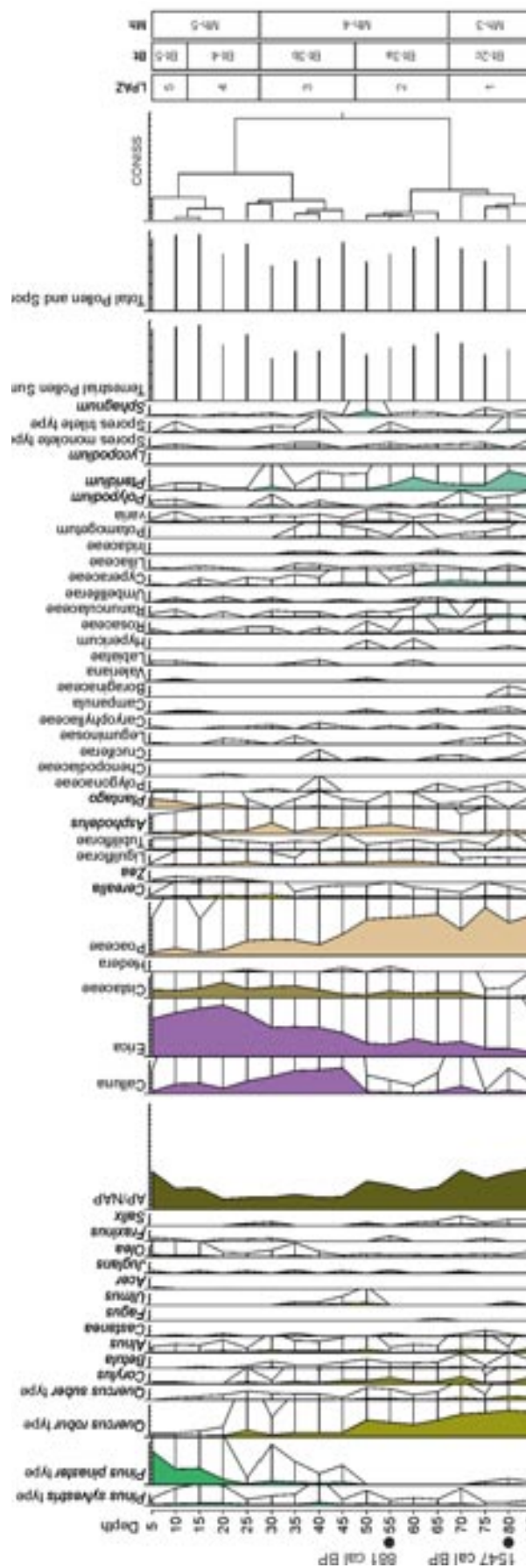
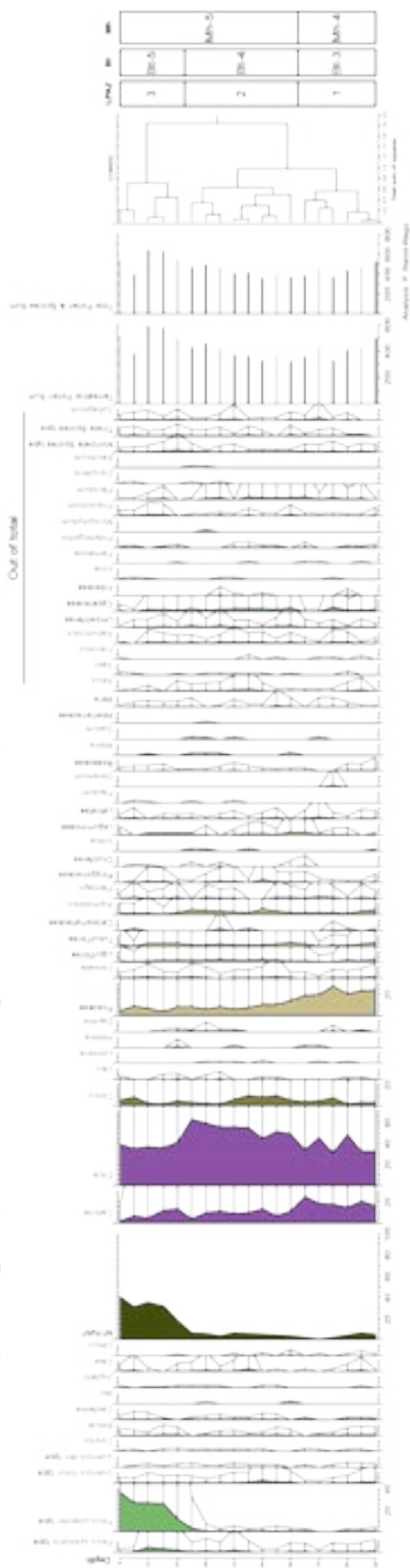


Figure 7.- Pollen diagram of Chao da Cheira - I peat bog (from Taboada Castro et al. 1995)

Chao da Cheira peatbog - II (Vila Verde, Portugal - altitude 504 masl)



**Figure 8.-** Pollen diagram of Chao da Cheira- II peat bog (from Taboada Castro et al. 1995)

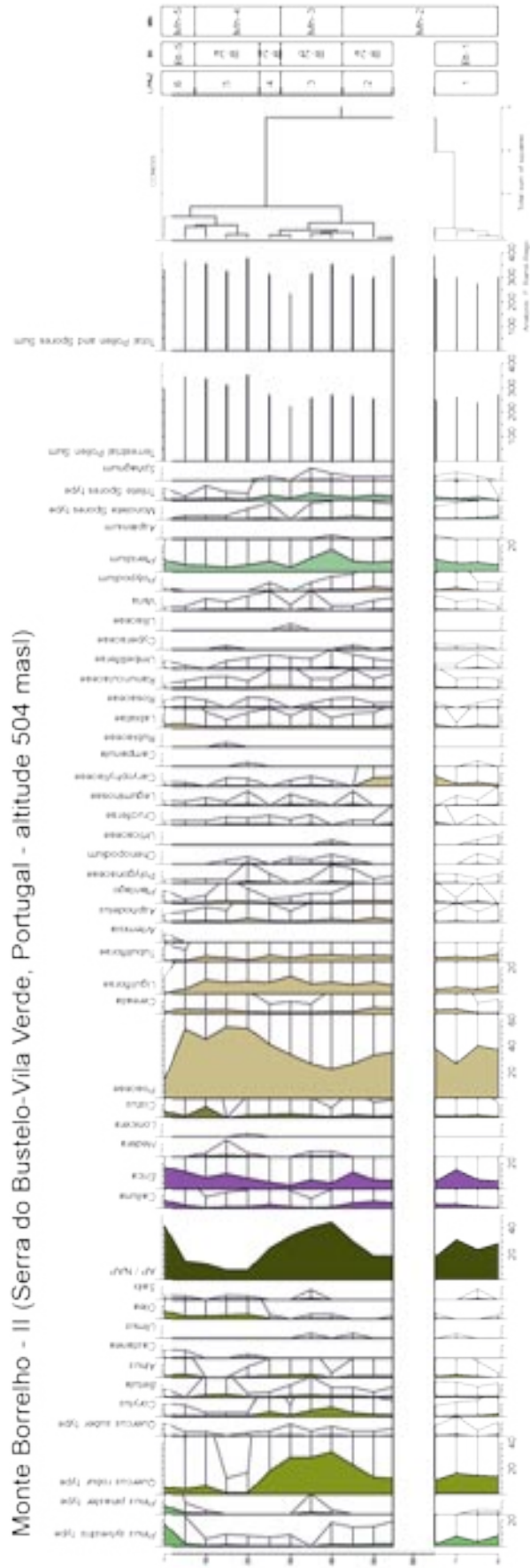


Figure 9.- Pollen diagram of Monte Borrelho - I (taken from Taboada Castro et al. 1995)

The subsequent tree detriment and increasing ruderal vegetation, which are represented in the Mh-2 zone, would coincide with the full development of the Castreja Culture and the Romanization. During this time, increasing signs of anthropization are recorded in the NW of the Iberian Peninsula, determined by both a rising population and a growing number of settlements and, consequently, by an intensification of agricultural processes, mainly in the coastal and sub-coastal areas (Ramil-Rego et al. 1996, 2009, 2018; Ramil-Rego and Gómez-Orellana, 2016).

Despite the uniformity of the Iberian NW sequences for this period, divergences can be observed based on the paleobiogeographic variations of each territory. In the new sequence, a greater intensity of deforestation and ruralizing processes can be observed in the diagram obtained in the city of Braga, compared to those recovered in the mountainous surroundings of the city, both in Alto da Forca diagrams (Figures 6 and 7) and in Serra de Bustelo sequence (Figures 7, 8 and 9). This fact would respond to the greater agricultural aptitude of the lands where the city of Braga is located, in Cavado Valley, where the altitude is lower and the topographic or edaphic limitations fewer than in the surrounding mountainous territories, where the implantation of agriculture would have faced greater difficulties.

Thus, the diagram obtained in the Roman theatre of Braga shows lower values of *Quercus robur*-type, as well as a greater presence and diversity of elements related to agricultural activity (*Cerealia*, *Leguminosae*, *Rosaceae*) and ruderal environment (*Compositae*, *Plantago*, *Cruciferae*, *Ranunculus*, *Umbelliferae*).

The new data are consistent with those obtained in the surrounding Iberian NW, which represent the initial occupation phases of the territory during the Bronze-Iron period. During this time, despite the obvious presence of signs of deforestation, an important rate of arboreal pollen remains, although later on, it decreases, as the occupation of the territory intensifies, reaching the maximum deforestation during the Roman invasion.

In the pollen sequences of the Iberian NW (Ramil-Rego et al, 1996, 1998, 2018; Muñoz-Sobrino et al. 2005; Ramil-Rego and Gómez-Orellana 2016), the predominance of the deforestation and ruderalization processes appears interrupted by a short phase of arboreal recovery, with an unequal incidence in the territory. This period is related to the end of the Roman occupation and is identified with a phase of crisis that would slow down deforestation and clearing for a few centuries, thus allowing a partial recovery of the forests.

During this phase, both in the new sequence (Br-3) and in the sequence from Serra de Bustelo (Bustelo-2), the composition of the arboreal spectra also shows a net predominance of *Quercus robur*-type and a continuous presence of other taxa such as *Betula*, *Corylus*, *Castanea*. The beginning of this phase was dated at 1,547±58 cal BP in Chao da Cheira-I diagram (Taboada Castro et al. 1995). This date places the tree recovery process in the Minho region in line with that of other NW Iberian territories.

During this time of arboreal recovery, various diagrams of the Iberian NW show an increase in the presence of *Castanea*, particularly in the SW area of Galicia (Van Mourik 1986). In the new sequence, as in many other NW Iberian territories, this dynamic of gradual increase in the presence of *Castanea* is not noticeable during the post-Romanization tree recovery.

After this phase of partial recovery of arboreal vegetation, there is a period of generalized detriment of arboreal pollen values, which coincides with an increase in the percentages of *Poaceae* and *Ericaceae*. The chronological data available for Iberian NW set the beginning of this phase at around 1,200 BP. In Chao da Cheira I peat bog, a radiocarbon dating of 881±52 cal BP is available (Taboada Castro et al. 1995), obtained during the deforestation phase (Figure 7). The destruction of the forest continues in subsequent centuries, mainly in the lowland areas close to the sea, with a strong degradation of the arboreal masses. This process will be further intensified from the 14th century AD on, due to the intense activity of shipyards and foundries, leading to a massive destruction of Iberian NW tree formations and the extinction in the wild of numerous minority taxa that had been present in the territory since the tertiary, such as *Carpinus*, *Tilia*, *Juglans*, *Castanea* or *Pinus*.

In the new sequence (Mh-4) we observed a dynamic similar to that of known sequences from the Iberian NW. However, Mh-4 shows some particular characteristics, such as a lower representation of *Ericaceae* and the presence of important values of *Cistus*, with higher incidence in the diagrams located towards the South (Alto da Forca), as compared to the Northern ones (Serra do Bustelo). The presence of *Cistus* during this phase is also much lower in the sequence available for Serra da Arga (Gómez-Orellana et al. 2010), which is located further North (Figure 1). This could be due to higher temperatures and lower humidity of the southern areas. In the new sequence (Mh-4) there is also a slight increase in *Pinus*, which suggests there was afforestation in this territory prior to the 18th century A.D.

Finally, the area that marks the top of the sequence (Mh-5) would represent the intensive afforestation process that would eventually lead to have pine plantations as the dominant tree masses in most of the coastal and subcoastal territories of the Iberian NW territories at the beginning of the 20th century A.D. With regards to the shrub vegetation, the sequence shows an increase in *Erica* and a decrease in *Cistus* values (Figures, 5, 6, 7, 8 and 9).

The pollen presence from *Acacia* and *Eucalyptus* has been recorded in the surface sample recovered in Alto da Forca - I diagram (Figure 5). This represents a change in forest policy trends in the Iberian NW during the last third of the 20th century AD, marked by the introduction and mass cultivation of these fast-growing and invasive alien species.

---

## Conclusions

The new data, together with the available sequences for Serra de Bustelo and Serra da Arga, has allowed us to establish a regional pollen sequence for the coastal and

subcoastal territory of Northern Portugal. The data show the evolution of different occupation and anthropization phases in the territory. The new sequence would begin during the initial phases of the development of the *Castreja Culture* (Bronze-Iron Ages), reflecting the beginning of the implantation of the *Castrejo-Roman* agrosystem, marked by a strong anthropization of a territory in which forests still maintain a significant presence.

The intensification of settlements along with agricultural and livestock practices during the rise of the Iron Age and Romanization, is reflected in the decrease of forests and the increase of ruderal taxa. The forest decline slowed down slightly after the Romanization, although it restarted later on and intensified particularly during the Middle Ages, the Modern Age and the Anthropocene. The last centuries have been marked by a strong increase in forestry operations, mainly pine afforestation, which reached a strong territorial representation. Finally, the recent introduction of new massive forest crops is recorded, primarily fast-growing invasive alien species such as *Acacia* and *Eucalyptus*, that end up displacing the pine plantations.

The new sequence is in agreement with the data available for the rest of the NW Iberia, although it shows also some characteristics of its own, such as the importance of *Cistus* among the shrub vegetation, more in the Southern parts of the territory. The distribution of *Cistus* in the diagrams could be related to a humidity gradient in the studied territory, consistent with a dryer environment towards the South. This may also apply to *Daphne*, although this taxon is less important in the sequence. The continuous, although scarce, presence of *Olea*, except in the northernmost part of the territory, is also noteworthy. This *Olea* presence could be related to its cultivation. Overall, the sequence seems rather influenced by the incidence of the agriculture and livestock booms in areas at the bottom of the valley, as well as by the presence of the urban area of *Bracara Augusta* and its socioeconomic activity.

**Acknowledgments** We thank M. Gomie who translated the text and performed the language check.

## References

- Faegri, K., Kaland, P.E. & Kkrzywinski, K. (1989). Textbook of Pollen Analysis, 4th. edn. Great Britain: Alden Press.
- Gómez-Orellana, L., Ramil-Rego, P., Muñoz Sobrino, C. & Bettencourt, A.M.S. (2010). El paisaje Holoceno en la Serra de Arga (NW Portugal). In: *Variações paleoambientais e evolução antrópica no quaternário do ocidente peninsular*, edited by A.M.S. Bettencour, M.I. Caetano Alves, & S. Monteiro Rodrigues: 53-59. Braga, APEQ-CITEM.
- Grimm E.C. (1990–2015). TILIA and TILIAGRAPH: PC spreadsheets and graphics software for pollen data, INQUA Commission for the study of the Holocene Working Group. Data Handl Method Newslett 4: 5-7.
- Iriarte Chiapusso M.J., Muñoz Sobrino, C., Gómez-Orellana, L., Hernández-Beloqui, B., García-Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A.F. & Ramil-Rego, P. (2015). Reviewing the Lateglacial-Holocene transition in NW Iberia: a palaeoecological approach based on the comparison between dissimilar regions. *Quaternary international* 403:211-236. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.029>.
- Martins M., Ribeiro, J., Mar, R., Magalhães, F. & Martínez Peñín, R. (2015). El teatro romano de *Bracara Augusta* y la urbanización del noroeste peninsular. *Fervedes* 8: 321-330.
- Moore P.D., Webb, J.A., & Collinson, M.E. (1991). Pollen analysis. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Muñoz Sobrino C., Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L. & Díaz Varela, R.A. (2005.) Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia. *Boreas* 34: 381-400. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2005.tb01108.x>.
- Ramil-Rego P. & Gómez-Orellana, L. (2016). Clima, paisaxe e acción humana no Noroeste da Península Ibérica durante a Idade do Ferro e a Romanización: Mitos e realidades. In: *Clausus est lanus, PHILTÁTE 1: Studia et acta antiquae Callaeciae*, M.D. Dopico Caínzos & M. Villanueva Acuña: 163-183. Lugo, Servizo de Publicacións da Deputación de Lugo.
- Ramil-Rego P., Gómez-Orellana, L., Muñoz Sobrino, C. & Rodríguez Guitián, M.A. (1996). Valoración de las secuencias polínicas del noroccidente Ibérico para el último ciclo glacial-interglacial. In: *Arqueometría y Paleoecología del Norte de la Península Ibérica. Cambios naturales y perturbaciones antrópicas*. *Fervedes* 3, P. Ramil-Rego & C. Fernández Rodríguez: 33-116. Vilalba, MAPV.
- Ramil Rego P., Gómez-Orellana, L., Muñoz Sobrino, C. & Tereso, J.P. (2011). Dinâmica natural e transformação antrópica das florestas do noroeste ibérico In: *Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*, J. P. Tereso, J. Honrado, A. Pinto & F. Rego: 24-54. Porto, InBio - Rede de Investigação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva.
- Ramil Rego P., Gómez-Orellana, L., Muñoz-Sobrino, C., García-Gil, S., Iglesias, J., Pérez Martínez, M., Martínez Carreño, N. & de Nóvoa Fernández, B. (2009). Cambio climático y dinámica del paisaje en Galicia. *Recursos Rurais* 5: 21-48. <https://doi.org/10.15304/rr.id5301>.
- Ramil-Rego P., Iriarte-Chiapusso, M.J., Muñoz-Sobrino, C. & Gómez-Orellana, L. (2006). Cambio climático y dinámica temporal del paisaje y de los hábitats en las ecorregiones del NW de la Península Ibérica durante el Pleistoceno superior. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 57(1): 537-551.

- Ramil-Rego, P., López Castro, H., Gómez Orellana, L. & Ferreiro da Costa, J. (2018). Cambios e reconfiguración do Agrosistema Atlántico do Alto Miño dende a romanización. In: Roma nata, per Italiam fusa, inprovincias manat. A cidade romana no noroeste: novas perspectivas, PHILTÁTE 2: Studia et acta antiquae Callaeciae, M.D. Dopico Caínzos & M. Villanueva Acuña: 302-334. Lugo, Servizo de Publicacións da Deputación de Lugo.
- Ramil-Rego P., Muñoz Sobrino, C. Rodríguez Guitián, M. A. & Gómez-Orellana, L. (1998). Differences in the vegetation of the North Iberian Peninsula during the last 16,000 years. *Plant Ecology* 138: 41-62. <https://doi.org/10.1023/A:1009736432739>.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. & Reimer, R.W. (2020). CALIB 8.2 [WWW program] at <http://calib.org>, accessed 2024-02-20.
- Taboada Castro M.T., Ramil-Rego, P. & Díaz-Fierros, F. (1995). Dinámica vegetacional y procesos de estabilidad/inestabilidad en suelos de la Serra do Bustelo (Portugal) durante el Subatlántico. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 6: 21-34.
- Van Mourik J.M. (1986). Pollen profiles of slope deposits in the Galician area (NW. Spain). *Nederlandse Geografische Studies* 12: 1-171.

# Recursos Rurais

*Revista do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)*

## Proceso de selección e avaliación de orixinais

Recursos Rurais publica artigos, revisións, notas de investigación e reseñas bibliográficas. Os artigos, revisións e notas deben ser orixinais, sendo avaliados previamente polo Comité Editorial e o Comité Científico Asesor. Os traballos presentados a Recursos Rurais serán sometidos á avaliación confidencial de dous expertos anónimos designados polo Comité Editorial, que poderá considerar tamén a elección de revisores suxeridos polo propio autor. Nos casos de discrepancia recorrerase á intervención dun terceiro avaliador. Finalmente corresponderá ao Comité Editorial a decisión sobre a aceptación do traballo. Caso dos avaliadores propoñeren modificacións na redacción do orixinal, será de responsabilidade do equipo editorial -unha vez informado o autor- o seguimento do proceso de reelaboración do traballo. Caso de non ser aceptado para a súa edición, o orixinal será devolto ao seu autor, xunto cos ditames emitidos polos avaliadores. En calquera caso, os orixinais que non se suxeiten ás seguintes normas técnicas serán devoltos aos seus autores para a súa corrección, antes do seu envío aos avaliadores.

## Normas para a presentación de orixinais

### Procedemento editorial

A Revista Recursos Rurais aceptará para a súa revisión artigos, revisións e notas vinculados á investigación e desenvolvemento tecnolóxico no ámbito da conservación e xestión da biodiversidade e do medio ambiente, dos sistemas de produción agrícola, gandeira, forestal e referidos á planificación do territorio, tendentes a propiciar o desenvolvemento sostíbel dos recursos naturais do espazo rural. Os artigos que non se axusten ás normas da revista, serán devoltos aos seus autores.

### Preparación do manuscrito

#### Comentarios xerais

Os orixinais poderán estar escritos en Galego, Castelán, Inglés, Francés ou Portugués. Os manuscritos enviaranse en tamaño A4 con 2,5 cm de marxe. Todas as páxinas deberán ir numeradas, aínda que no texto non se incluíran referencias ao número de páxina. Os orixinais deben prepararse nun procesador compatible con Microsoft Word ®. Empregarase a fonte tipográfica "arial" a tamaño 11 e non se incluíran tabulacións nin sangrías, tanto no texto como na lista de referencias bibliográficas. Os parágrafos non deben ir separados por espazos. Non se admitiran notas ao pe.

Os nomes de xéneros e especies deben escribirse en cursiva e non abreviados a primeira vez que se mencionen. Posteriormente o epíteto xenérico poderá abreviarse a unha soa letra. Debe utilizarse o Sistema Internacional (SI) de unidades. Para o uso correcto dos símbolos e observacións máis comúns pode consultarse a última edición do CBE (Council of Biology Editors) Style manual.

#### Páxina de Título

A páxina de título incluíra un título conciso e informativo (na lingua orixinal e en inglés), o nome(s) do autor(es), a afiliación(s) e a dirección(s) do autor(es), así como a dirección de correo electrónico, número de teléfono e de fax do autor co que se manterá a comunicación. Incluírase unha referencia ao número de identificación ORCID dos autores se estiver dispoñible.

#### Resumo

Cada artigo debe estar precedido por un resumo que presente os principais resultados e as conclusións máis importantes, cunha extensión máxima de 200 palabras. Ademais do idioma orixinal no que se escriba o artigo, presentárase tamén un resumo en inglés.

#### Palabras clave

Deben incluírse ata 5 palabras clave situadas despois de cada resumo distintas das incluídas no título. Entretáranse no idioma orixinal do artigo e en inglés.

#### Organización do texto

A estrutura do artigo debe axustarse na medida do posíbel á seguinte distribución de apartados: Introducción, Material e métodos, Resultados e discusión, Agradecementos e Bibliografía. Os apartados irán resaltados en negra e tamaño de letra 12. Se se necesita a inclusión de subapartados estes non estarán numerados e tipografáranse en tamaño de letra 11.

#### Introdución

A introdución debe indicar o propósito da investigación e prover unha revisión curta da literatura pertinente.

#### Material e métodos

Este apartado debe ser breve, pero proporcionar suficiente información como para poder reproducir o traballo experimental ou entender a metodoloxía empregada no traballo.

#### Resultados e Discusión

Neste apartado expóranse os resultados obtidos. Os datos deben presentarse tan claros e concisos como sexa posíbel, se é apropiado na forma de táboas ou de figuras, aínda que as táboas moi grandes deben evitarse. Os datos non deben repetirse en táboas e figuras. A discusión debe consistir na interpretación dos resultados e da súa significación en relación ao traballo doutros autores. Pode incluírse unha conclusión curta, no caso de que os resultados e a discusión o propicien.

#### Agradecementos

Deben ser tan breves como sexa posíbel. Calquera concesión que requira o agradecemento debe ser mencionada. Os nomes de organizacións financiadoras deben escribirse de forma completa.

#### Bibliografía

A lista de referencias debe incluír unicamente os traballos que se citan no texto e que se publicaron ou que foron aceptados para a súa publicación. As comunicacións persoais deben mencionarse soamente no texto. No texto, as referencias deben citarse polo autor e o ano e enumerar en orde alfabética na lista de referencias bibliográficas.

Exemplos de citación no texto:

Descricións similares danse noutros traballos (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) indica como....

Segundo Mario & Tinetti (1989) os factores principais están....

Moore et al. (1991) suxiren iso....

Exemplos de lista de referencias bibliográficas:

Deberase incluír o identificador DOI nos artigos que dispoñan do mesmo. Este situarase ao final da cita:

Allen, J.R.M., Huntley, B. & Watts, W.A. (1996). The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14000 yr. *Journal of Quaternary Science* 11: 25-147.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417\(199603/04\)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417(199603/04)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U).

*Artigo de revista:*

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology* 175(2): 227-243.

*Capítulo nun libro:*

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MSS data for ecological mapping. In: Campbell J.G. & P. Brooks (Eds.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications: 25-50*. Remote Sensing Society. London.

Lowell, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and morphology of Grasses. In: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forrages. An introduction to grassland agriculture: 25-50*. Iowa State University Press. Vol. 1.

*Libro completo:*

Jensen, W (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc. Saddle River, New Jersey.

*Unha serie estándar:*

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge.

*Obra institucional:*

MAPYA (2000). Anuario de estadística agraria. Servicio de Publicacións del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, España.

*Documentos legais:*

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), nº 8, 15/1/04. Madrid, España.

*Publicacións electrónicas:*

Collins, D.C. (2005). Scientific style and format. Dispoñíbel en: <http://www.councilscience.org/publications.cfm> [5 xaneiro, 2005]

Os artigos que fosen aceptados para a súa publicación incluíranse na lista de referencias bibliográficas co nome da revista e o epíteto "en prensa" en lugar do ano de publicación.

#### Ilustracións e táboas

Todas as figuras (fotografías, gráficos ou diagramas) e as táboas deben citarse no texto, e cada unha deberá ir numerada consecutivamente. As figuras e táboas deben incluírse ao final do artigo, cada unha nunha folla separada na que se indicará o número de táboa ou figura, para a súa identificación. Os títulos de táboas e figuras enviaranse no idioma orixinal do artigo e en inglés. Para o envío de figuras en forma electrónica vexa máis adiante.

Debuxos lineais. Por favor envíe impresións de boa calidade. As

inscricións deben ser claramente lexibeis. O mínimo grosor de liña será de 0,2 mm en relación co tamaño final. No caso de ilustracións en tons medios (escala de grises): Envíe por favor as impresións ben contrastadas. A ampliación débese indicar por barras de escala. Aceptáanse figuras en cores.

#### Tamaño das figuras

As figuras deben axustarse á anchura da columna (8,5 centímetros) ou ter 17,5 centímetros de ancho. A lonxitude máxima é 23 centímetros. Deseñe as súas ilustracións pensando no tamaño final, procurando non deixar grandes espazos en branco. Todas as táboas e figuras deberán ir acompañadas dunha lenda, que se presentara no idioma orixinal do artigo e en inglés. As lendas deben consistir en explicacións breves, suficientes para a comprensión das ilustracións por si mesmas. Nas mesmas incluírase unha explicación de cada unha das abreviaturas incluídas na figura ou táboa. As lendas débense incluír ao final do texto, tras as referencias bibliográficas e deben estar identificadas (ex: Táboa 1 Características...). Os mapas incluírán sempre o Norte, a latitude e a lonxitude.

Preparación do manuscrito para o seu envío

#### Texto

Grave o seu arquivo de texto nun formato compatible con Microsoft Word.

#### Táboas e Figuras

Cada táboa e figura gardarase nun arquivo distinto co número da táboa e/ou figura. Os formatos preferidos para os gráficos son: Para os vectores, formato EPS, exportados desde o programa de debuxo empregado (en todo caso, incluírán unha cabeceira da figura en formato TIFF) e para as ilustracións en tons de grises ou fotografías, formato TIFF, sen comprimir cunha resolución mínima de 300 ppp. En caso de enviar os gráficos nos seus arquivos orixinais (Excel, Corel Draw, Adobe Illustrator, etc.) estes acompañaranse das fontes utilizadas. O nome do arquivo da figura (un arquivo diferente por cada figura) incluíra o número da ilustración. En ningún caso se incluíra no arquivo da táboa ou figura a lenda, que debe figurar correctamente identificada ao final do texto. O material gráfico escaneado deberá aterse aos seguintes parámetros: Debuxos de liñas: o escaneado realizarase en liña ou mapa de bits (nunca escala de grises) cunha resolución mínima de 800 ppp e recomendada de entre 1200 e 1600 ppp. Figuras de medios tons e fotografías: escanearanse en escala de grises cunha resolución mínima de 300 ppp e recomendada entre 600 e 1200 ppp.

#### Recepción do manuscrito

Os autores enviarán unha copia dixital dos arquivos convintemente preparados á dirección de e-mail:

[recursos.rurais@ibader.gal](mailto:recursos.rurais@ibader.gal) ou [info@ibader.gal](mailto:info@ibader.gal)

Ou ben os autores enviarán un orixinal e dúas copias do artigo completo ao comité editorial, xunto cunha copia dixital, acompañados dunha carta de presentación na que ademais dos datos do autor, figuren a súa dirección de correo electrónico e o seu número de fax, á seguinte dirección:

#### IBADER

Comité Editorial da revista Recursos Rurais

Universidade de Santiago.

Campus Terra s/n

E-27002 LUGO - Spain

Enviar o texto e cada unha das ilustracións en arquivos diferentes, nalgún dos seguintes soportes: CD-ROM ou DVD para Windows, que irán convenientemente rotulados indicando o seu contido. Os nomes dos arquivos non superarán os 8 caracteres e non incluírán acentos ou caracteres especiais. O arquivo de texto denominárase polo nome do autor.

Cos arquivos inclúa sempre información sobre o sistema operativo, o procesador de texto, así como sobre os programas de debuxo empregados nas figuras.

#### Copyright

Ao publicar en Recursos rurais, o autor cede todos os dereitos de explotación do seu artigo á Recursos Rurais (IBADER-USC), que, coas condicións e limitacións dispostas pola lexislación en materia de propiedade intelectual, é a titular do copyright.

Xaneiro 2021

# Recursos Rurais

Revista do Instituto de Biodiversidade Agrária e Desenvolvimento Rural (IBADER)

## Selection process and manuscript evaluation

The articles, reviews and notes must be original, and will be previously evaluated by the Editorial Board and the Scientific Advisory Committee. Manuscripts submitted to Recursos Rurais will be subject to confidential review by two experts appointed by the Editorial Committee, which may also consider choosing reviewers suggested by the author. In cases of dispute the intervention of a third evaluator will be required. Finally it is for the Editorial Committee's decision on acceptance of work. In cases in which the reviewers suggest modifications to the submitted text, it will be the responsibility of the Editorial Team to inform the authors of the suggested modifications and to oversee the revision process. In cases in which the submitted manuscript is not accepted for publication, it will be returned to the authors together with the reviewers' comments. Please note that any manuscript that does not adhere strictly to the instructions detailed in what follows will be returned to the authors for correction before being sent out for review.

## Instructions to authors

### Editorial procedure

Recursos Rurais will consider for publication original research articles, notes and reviews relating to research and technological developments in the area of sustainable development of natural resources in the rural and conservation areas contexts, in the fields of conservation, biodiversity and environmental management, management of agricultural, livestock and forestry production systems, and land-use planning.

### Manuscript preparation

#### General remarks

Articles may be submitted in Galician, Spanish, Portuguese, French or English. Manuscripts should be typed on A4 paper. All pages should be numbered (though references to page numbers should not be included in the text). The manuscript should be written with Microsoft Word or a Word-compatible program, with single line-spacing, 2.5 cm margins on the left and right sides, Arial font or similar, and font size 11. Neither tabs nor indents should be used, in either the text or the references list. Paragraphs should not be separated by blank lines.

Species and genus names should be written in italics. Genus names may be abbreviated (e.g. *Q. robur* for *Quercus robur*), but must be written in full at first mention. SI (Système International) units should be used. Technical nomenclatures and style should follow the most recent edition of the CBE (Council of Biology Editors) Style Manual.

#### Title page

The title page should include a concise and informative title (in the language of the text and in English), the name(s) of the author(s), the institutional affiliation and address of each author, and the e-mail address, telephone number, fax number, and postal address of the author for correspondence. Reference to the ORCID identification number of the authors will be included, if available.

#### Abstract

Each article should be preceded by an abstract of no more than 200 words, summarizing the most important results and conclusions. In the case of articles not written in English, the authors should supply two abstracts, one in the language of the text, the other in English.

#### Key words

Five key words, not included in the title, should be listed after the Abstract. In the case of articles not written in English, the authors should supply the key words in the language of the text, and in English.

#### Article structure

This should where possible be as follows: Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Acknowledgements, References. Section headings should be written in bold with font size 12. If subsection headings are required, these should be written in italics with font size 11, and should not be numbered.

#### Introduction

This section should briefly review the relevant literature and clearly state the aims of the study.

#### Material and Methods

This section should be brief, but should provide sufficient information to allow replication of the study's procedures.

#### Results and Discussion

This section should present the results obtained as clearly and concisely as possible, where appropriate in the form of tables and/or figures. Very large tables should be avoided. Data in tables should not repeat data in figures, and vice versa. The discussion should consist of interpretation of the results and of their significance in relation to previous studies. A short conclusion subsection may be included if the authors consider this helpful.

#### Acknowledgements

These should be as brief as possible. Grants and other funding should be recognized. The names of funding organizations should be written in full.

#### References

The references list should include only articles that are cited in the text, and which have been published or accepted for publication. Personal communications should be mentioned only in the text. The citation in the text should include both author and year. In the references list, articles should be ordered alphabetically by first author's name, then by date.

#### Examples of citation in the text:

Similar results have been obtained previously (Fernández 2005a, b; Rodrigo et al. 1992).

Andrade (1949) reported that...

According to Mario & Tinetti (1989), the principal factors are...

Moore et al. (1991) suggest that...

#### Examples of listings in References:

The DOI identifier must be included in the articles that have it. This will be located at the end:

Allen, J.R.M., Huntley, B. & Watts, W.A. (1996). The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14000 yr. *Journal of Quaternary Science* 11: 125-147.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1417\(199603/04\)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1417(199603/04)11:2<125::AID-JQS232>3.0.CO;2-U).

#### Journal article:

Mahaney, W.M.M., Wardrop, D.H. & Brooks, P. (2005). Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. *Plant Ecology* 175(2): 227-243.

#### Book chapter:

Campbell, J.G. (1981). The use of Landsat MS data for ecological mapping. In: Campbell J.G. & P. Brooks (Eds.) *Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications*: 25-50. Remote Sensing Society, London.

Lowell, E.M. & Nelson, J. (2003). Structure and Morphology of Grasses. In: R.F. Barnes et al. (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*: 25-50. Iowa State University Press. Vol. 1.

#### Complete book:

Jensen, W. (1996). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall, Inc., Saddle River, New Jersey.

#### Standard series:

Tutin, T.G. et al. (1964-80). *Flora Europaea*, Vol. 1 (1964); Vol. 2 (1968); Vol. 3 (1972); Vol. 4 (1976); Vol. 5 (1980). Cambridge University Press, Cambridge, UK

#### Institutional publications:

MAPYA (2000). *Anuario de estadística agraria*. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), Madrid, Spain.

#### Legislative documents:

BOE (2004). Real Decreto 1310/2004, de 15 de enero, que modifica la Ley de aprovechamiento de residuos ganaderos. BOE (Boletín Oficial del Estado), no. 8, 15/104, Madrid, Spain.

#### Electronic publications:

Collins, D.C. (2005). *Scientific style and format*. Available at: <http://www.counckjncc.org/publications.cfm> [5 January 2005]

#### Articles not published but accepted for publication:

Such articles should be listed in References with the name of the journal and other details, but with "in press" in place of the year of publication.

#### Figures and tables

##### Numbering:

All figures (data plots and graphs, photographs, diagrams, etc.) and all tables should be cited in the text, and should be numbered consecutively. The captions of tables and figures must be submitted in the original language of the article and in English.

**Figure quality.** Please send high-quality copies. Line thickness in the publication-size figure should be no less than 0.2 mm. In the case of greyscale figures, please ensure that the different tones are clearly distinguishable. Labels and other text should be clearly legible. Scale should be indicated by scale bars. Maps should always include indication of North, and of latitude and longitude. Colour figures can be published.

#### Figure size

Figures should be no more than 17.5 cm in width, or no more than 8.5 cm in width if intended to fit in a single column. Length should be no more than 23 cm. When designing figures, please take into account the eventual publication size, and avoid excessively white space.

#### Figure and table legends

All figures and tables require a legend. The legend should be a brief statement of the content of the figure or table, sufficient for comprehension without consultation of the text. In the case of articles not written in English, the authors should supply two legends, one in the language of the text, the other in English. All abbreviations used in the figure or table should be defined in the legend. In the submitted manuscript, the legends should be placed at the end of the text, after the references list.

#### Preparing the manuscript for submission

##### Text

The text should be submitted as a text file in Microsoft Word or a Word-compatible format.

##### Tables and figures

Each table and each figure should be submitted as a separate file, with the file name including the name of the table or figure (e.g. Table-1.DOC). The preferred format for data plots and graphs is EPS for vector graphics (though all EPS files must include a TIFF preview), and TIFF for greyscale figures and photographs (minimum resolution 300 dpi). If graphics files are submitted in the format of the original program (Excel, CorelDRAW, Adobe Illustrator, etc.), please ensure that you also include all fonts used. The figure or table legend should not be included in the file containing the figure or table itself; rather, the legends should be included (and clearly numbered) in the text file, as noted above. Scanned line drawings should meet the following requirements: line or bit-map scan (not greyscale scan), minimum resolution 800 dpi, recommended resolution 1200 - 1600 dpi. Scanned halftone drawings and photographs should meet the following requirements: greyscale scan, minimum resolution 300 dpi, recommended resolution 600 - 1200 dpi.

##### Manuscript submission

Please submit a digital copy of the files properly prepared to the e-mail address:

[info@ibader.gal](mailto:info@ibader.gal) or [info@ibader.gal](mailto:info@ibader.gal)

Or send a) the original and two copies of the manuscript, b) copies of the corresponding files on CD-ROM or DVD for Windows, and c) a cover letter with author details (including e-mail address and fax number), to the following address:

IBADER,  
Comité Editorial de la revista Recursos Rurais,  
Universidad de Santiago,  
Campus Terra s/n,  
E-27002 Lugo,  
Spain.

As noted above, the text and each figure and table should be submitted as separate files, with names indicating content, and in the case of the text file corresponding to the first author's name (e.g. Alvarez.DOC, Table-1.DOC, Fig-1.EPS). File names should not exceed 8 characters, and must not include accents or special characters. In all cases the program used to create the file must be clearly identifiable.

#### Copyright

By publishing in *Recursos Rurais*, the author assigns all the exploitation rights of his article to Recursos Rurais (IBADER-USC), which, with the conditions and limitations laid down by the intellectual property legislation, is the copyright holder.

January 2021



Artigos orixinais:

Cazás Fraga, N.:

**Análise da flora vascular da Senda da Pedra Santa (Tui, NO Ibérico) ao seu paso polos ríos Louro e Lagartón 5**

*Analysis of the vascular flora of Senda da Pedra Santa (Tui, Iberian Peninsula NW) along rivers Louro and Lagartón*

Díaz-Fierros Viqueira, F.:

**Os “límites planetarios” en Galicia. Cambios de usos na terra, consumos de auga, nitróxeno e fósforo 21**

*The planetary boundaries from Galicia. Land system change, freshwater use, nitrogen and phosphorus*

Rangel, R. · López, J. · Salcedo, P. · Valencia Alvia, R. · Gregorio Camacho, J. · Camacho Salcedo, B.G. · Méndez Ramírez, O.P. · Dugarte Sulbaran, I.V.:

**Evaluación del método de refinamiento en un sector del bosque nublado montano, San Eusebio, Mérida – Venezuela 29**

*Evaluation of the refinement method in a sector of the San Eusebio montane cloud forest, Mérida – Venezuela*

Andrades-Grassi, J.E. · Rangel Vasquez, R.E. · Gámez, L.E. · Cuesta Herrera, L. · Gómez Mejías, A.E. · Torres Mantilla, H.A. · López, J.I.:

**Patrones de distribución de árboes en la Reserva Forestal El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela 55**

*Distribution patterns of trees in Forest Reserve El Dorado-Tumeremo, Bolívar-Venezuela*

Gómez-Orellana, L. · Ramil-Rego, P. · Martins, M. · Meireles, J. · Ferreiro da Costa, J. · Rodríguez Guitián, M.A.:

**Recent dynamics of vegetation and landscape in the Minho region (Portugal) in relation to human occupation of the territory**

49

