

TRABAJO FIN DE GRADO

BIOLOGÍA

El valor de las colecciones zoológicas: diversidad de macroheteróceros de la Reserva Integral de Muniellos (Asturias)



Pelayo Barrios Noya

Departamento de Zoología/Biología de

Organismos y Sistemas (BOS)

07/2022



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
FACULTAD DE BIOLOGÍA**



Resumen

En los últimos siglos se han recolectado gran cantidad de organismos que se han depositado en diversas colecciones biológicas, almacenadas en diversos museos y universidades. Las colecciones biológicas pueden ofrecer una gran cantidad de información sobre los sucesos ambientales que están ocurriendo en un lugar y tiempo concreto, así como compararlas, observando patrones en las poblaciones a lo largo del tiempo y la distancia. El problema se encuentra en que, en vez de aprovecharse, las colecciones biológicas están quedando en el olvido. Es de gran importancia amplificar el papel de las colecciones, catalogarlas y digitalizar los datos, para que estos puedan ser accesibles para todos los públicos desde cualquier parte del mundo. En este trabajo quise remarcar la importancia de las colecciones a partir de la catalogación y digitalización de un muestreo de macro-heteróceros realizado en la "Reserva Integral de Muniellos". Para ejemplificar la utilidad de las colecciones biológicas, realice un análisis de biodiversidad comparando los diversos hábitats de Muniellos con varios índices de biodiversidad.

El objetivo final de este trabajo es mostrar la importancia de las colecciones biológicas e inspirar al resto de la sociedad científica para tener en cuenta esta información tan importante, pero a la vez tan olvidada que tenemos disponible y que se destinen fondos y mano de obra en el mantenimiento, catalogación y digitalización de las colecciones ya existentes, así como para realizar nuevos muestreos para amplificar la cantidad de información.

El estudio aporta 1718 macro-heteróceros de 130 especies diferentes y 14 familias que se encontraran disponibles para toda la comunidad científica a través del repositorio GBIF, aumentando entorno a nueve veces el número de especímenes preservados en el Principado de Asturias.

Abstract

A great amount of biological collections had been made in the last century. This data has been stored in universities and museums. The biological collections offer to the population lots of information from the environmental occurrences that are taking place in a place in a determined moment. If we compare between them, we can also obtain information of the species patterns in space and time. But this information, instead of being used, we are leaving it out. Due to this, it is important to amplify the amount of collections and to categorize and digitalize the collections that we have nowadays. In this work I wanted to emphasize the importance of the biological collections by the categorize and digitalization of a sampling of Heterocera made in the "Reserva Integral de Muniellos". Furthermore, to exemplify their utility, I made a comparison between diverse habitats from Muniellos with diverse biodiversity index.

The objective of this work is to show the importance of the biological collections and to inspire the scientific society to take this amount of data into account and to destinate money to their maintenance, categorization and digitalization of the ones that exist, and to create some new samplings to amplify the amount of data.

This study gives a total of 1718 Heterocera from one hundred thirteen species and fourteen families that will be available in the GBIF database. It provides around nine times more preserved specimens than the ones GBIF has from the Principado de Asturias.

Declaración de originalidad

D./Dña. Pelayo Barrios Noya con DNI. _____ como alumno/a del Grado en Biología de la Universidad de Oviedo, DECLARO que el Trabajo Fin de Grado titulado "El valor de las colecciones zoológicas: diversidad de macro-heteróceros de la Reserva Integral de Muniellos (Asturias)" es de mi autoría, es original y las fuentes bibliográficas utilizadas han sido debidamente citadas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN1

IMPORTANCIA DE LAS COLECCIONES BIOLÓGICAS	1
DIGITALIZACIÓN DE COLECCIONES	2
<i>Global Biodiversity Information Facility (GBIF)</i>	3
IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS EN LAS COLECCIONES	5
IMPORTANCIA DE LOS HETEROCEROS	6
MUNIELLOS: RESERVA DE LA BIOSFERA	7

MATERIAL Y MÉTODOS.....8

DIVERSIDAD ALFA	10
DIVERSIDAD BETA	12
DIVERSIDAD GAMMA	12

RESULTADOS12

ETIQUETADO Y DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS	12
RIQUEZA ESPECÍFICA	13
ÍNDICE D DE MACINTOSH	13
ÍNDICE DE SHANNON-WEINER	14
ÍNDICE DE PIELOU	15
DIVERSIDAD B (ÍNDICE DE WHITTAKER) Y GAMMA	15

DISCUSIÓN15

ETIQUETADO Y DIGITALIZACIÓN DE MUESTRAS	15
ÍNDICES DE DIVERSIDAD	16

CONCLUSIONES18

BIBLIOGRAFÍA19

TABLA ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. EJEMPLO DEL DOCUMENTO EXCEL CON LAS COLUMNAS DE ID, FAMILIA, GÉNERO, ESPECIES Y FECHA.
10

ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLO DEL DOCUMENTO EXCEL CON LAS COLUMNAS DE LOCALIDAD, LOCALIZACIÓN, MUNICIPIO, PROVINCIA,
PAÍS, RECOLECTOR, IDENTIFICADOR Y CAJA. 10

TABLA GRÁFICAS

GRÁFICA 1. RESULTADO RIQUEZA ESPECÍFICA (S)	13
GRÁFICA 2. RESULTADO ÍNDICE D DE MACINTOSH	14
GRÁFICA 3. RESULTADOS ÍNDICE DE SHANNON-WEINER	14
GRÁFICA 4. RESULTADOS ÍNDICE DE PIELOU	15

Introducción

Importancia de las colecciones biológicas

El Antropoceno es un periodo geológico propuesto para remarcar los daños que el ser humano está ocasionando en el entorno: modificación de los ciclos biogeoquímicos de la tierra, alteración de los ciclos glaciales terrestres debido a la gran cantidad de CO₂ liberada a la atmosfera. Además, estos fenómenos alteran la acidez del agua, muy superior actualmente a la observada en los últimos milenios (Lewis & Maslin, 2015).

El Antropoceno se caracteriza también por su impacto sobre la biodiversidad y los ecosistemas, estando asociado a extinciones y movimientos de especies alrededor del globo, o causando la amplia distribución de “especies invasoras”, entre otros fenómenos. Estos procesos se han asociado con una homogenización de la biota y una pérdida general de biodiversidad (Lewis & Maslin, 2015; Meineke et al., 2019).

El Antropoceno se caracteriza por grandes por la extinciones de megafauna, las pruebas de la agricultura extensiva, las partículas de ceniza procedentes de la combustión, la lluvia radiactiva y las sustancias químicas industriales persistentes, como los plásticos. A partir de estos fenómenos, se valoran diversas fechas para su inicio, como 1610 o 1964. La primero coincide con la llegada a Norte América por parte de los colonos ingleses, mientras que la segunda se asocia a grandes transformaciones causadas por el aumento de la población humana y al inicio de las pruebas nucleares terrestres (Meineke et al., 2019). Para estudiar todos estos efectos, así como para determinar el origen del Antropoceno, tienen una gran utilidad e importancia las colecciones biológicas.

En los últimos siglos se han estado recolectando diferentes organismos para conocer más información respecto a su forma, funciones, orígenes, distribución y evolución, conservándolos primero en los “gabinetes de curiosidades” y más tarde en colecciones biológicas propiamente dichas. El mantenimiento y conservación de estas colecciones, en repositorios sistematizados, permite aumentar la calidad de la investigación y la educación (National Academies of Sciences, Engineering, 2020).

Las colecciones biológicas o colecciones de historia natural tiene el valor de ofrecer un material con un amplio espectro temporal (usando colecciones que incluyan diversos rangos temporales), espacial (combinando colecciones que incluyan ejemplares recogidos en diferentes zonas geográficas) y taxonómico en un punto centralizado, lo que permite acceder a un amplio registro de información biológica (National Academies of Sciences, Engineering, 2020),

obteniendo información que se asemeja a la realidad lo máximo posible (Popov et al., 2021). A su vez, en la actualidad, con los métodos de extracción de DNA poco invasivos y la secuenciación de nueva generación, se está profundizando en el conocimiento genético de este material, ampliando el valor de estas colecciones (Nattier, 2018).

A nivel educativo, las colecciones biológicas ofrecen información para todos los públicos, por medio de exhibiciones, pudiendo ser la base de programas educacionales para concienciar a la población sobre el valor de la biodiversidad. A su vez, a nivel académico ofrecen información muy valiosa sobre la taxonomía e identificación de taxones menos estudiados (Nattier, 2018).

Las colecciones biológicas se enfrentan al problema de su mantenimiento, que requiere de una infraestructura que permita guardarlas y conservarlas, normalmente en universidades o museos. En la actualidad la sostenibilidad de las colecciones biológicas está en riesgo, debido a la falta de conocimiento de su utilidad, la falta de conocimiento de sus necesidades de mantenimiento y una inadecuada coordinación y conexión entre distintas colecciones (National Academies of Sciences, Engineering, 2020).

Digitalización de colecciones

En los últimos años se ha comenzado un importante proceso de digitalización de la información existente en las colecciones biológicas. Esta tarea no solo permite simplificar el acceso a la información por los investigadores especializados, sino que también hace accesible esta información para el resto de la sociedad, incluyendo agencias gubernamentales o no gubernamentales, empresas privadas y cualquier ciudadano que esté interesado (Beaman & Cellinese, 2012).

Según el Popov et al. (2021), la digitalización de las colecciones biológicas produce beneficios en la obtención de información a cuatro niveles:

- **Accesibilidad:** permite a cualquier persona de cualquier lugar del mundo obtener los datos sin necesidad de desplazamiento.
- **Capacidad de búsqueda:** facilita encontrar la información dentro de bases de datos, agilizando la búsqueda de información, y con esto la investigación, las colaboraciones y la comparación entre distintas colecciones.
- **Preservación:** Mantener los datos de forma física puede derivar en la pérdida de información por daños en las muestras (por manejo y transporte) como por su pérdida

completa. Mantener una copia digital, permite una conservación de forma ilimitada en la nube, asegurando que los datos siempre van a estar disponibles.

- Interacción: Permite acceder a toda la información por parte de todos los públicos. Previamente había partes de las colecciones con accesos restringido.

Movilizar la gran cantidad de datos de biodiversidad existentes requieren una infraestructura robusta y sencilla de utilizar. La integración puede llevarse a cabo por la utilización de unos estándares de metadatos desarrollados, como es el caso del “Darwin Core” (Robertson et al., 2014). Los metadatos son un vocabulario o grupo de términos que ofrece información completa de los datos (qué, cuándo, dónde y quien), permitiendo a los usuarios a conocer la información útil de los datos para realizar los estudios pertinentes (Robertson et al., 2014; Telenius, 2011).

Uno de los principales retos de la digitalización de las colecciones biológicas es el desarrollo de herramientas que permitan un acceso público a todos los datos publicados siguiendo ciertos estándares científicos básicos (Robertson et al., 2014). En la actualidad hay varias iniciativas dedicadas a crear bases de datos para la digitalización de muestras como: GBIF (Global Biodiversity Information Facility: <http://www.gbif.org>), ALA (Atlas of Living Australia: <http://www.ala.org.au>), ViBRANT (Virtual Biodiversity Research and Access Network for Taxonomy: <http://vbrant.eu>), DataONE (<http://dataone.org>) o iDigBio (US Integrated Digitized Biocollections: <https://www.idigbio.org>). Todas ellas tienen distintos niveles de implementación de información y por tanto cada una tiene ciertas limitaciones en la distribución de datos, en los recursos, en las herramientas o en el propio software (Beaman & Cellinese, 2012).

La herramienta más utilizada en la actualidad para el registro de datos sobre biodiversidad, y sobre colecciones biológicas en particular, es GBIF gracias a su herramienta de publicación integrada (“Integrated Publishing Toolkit” (IPT)), un software basado en JAVA que ofrece a la comunidad un sencillo sistema para publicar los datos de biodiversidad en bases de datos (Robertson et al., 2014).

Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

Actualmente GBIF ofrece el sistema más completo para realizar búsquedas complejas sobre taxones, áreas o conjuntos de datos concretos, conteniendo ya en 2018 más de un billón de observaciones. Este volumen de datos ha permitido a GBIF convertirse en un objeto estratégico para la investigación en biodiversidad, permitiendo un rápido acceso a un enorme volumen de datos antes inaccesible. Los actuales estudios de modelización a gran escala, sistemática o

evolución requieren una gran cantidad de datos tomados en largos periodos de tiempo, que resultarían tediosos o imposibles sin estos servicios (Telenius, 2011).

GBIF ofrece una página de acceso abierto y gratuito a todos sus datos digitales de biodiversidad. Además, vincula diferentes conjuntos de datos para la obtención de infraestructuras nacionales e internacionales que permiten la mediación de información sobre la biodiversidad. Esto permite desempeñar un papel activo en la promoción de la informática sobre la biodiversidad en los países en desarrollo (Telenius, 2011).

Esta herramienta fue creada por una red de “Biodiversity Information Facilities” (BIF) mantenidas por organizaciones que firmaron el memorando de entendimiento del GBIF. Una gran cantidad de editores entregan y actualizan los datos; suministrando la información a un hub central que alberga la interfaz global (<http://data.gbif.org/>). No obstante, la mayoría de los datos de observaciones en el campo, son ofrecidos por los esfuerzos de la ciencia ciudadana, con aplicaciones como eBird o iNaturalist, que se encuentran en gran expansión y facilitan una rápida adopción por su uso a través de dispositivos móviles (Robertson et al., 2014). Todos la información de estas observaciones ciudadanas, junto con la ubicación y el descubridor son añadidos a GBIF (Telenius, 2011).

Las páginas de GBIF ofrecen una gran cantidad de metadatos, pudiendo encontrar dos niveles de metadatos:

- De nivel de descubrimiento: Información mínima que permite encontrar y abastecer determinados datos (incluyendo enlaces a más información).
- Completos: Ofrecen información adicional, como la calidad de los datos, su procedencia, detalles técnicos para el acceso o su explotación.

A su vez, esta página nos ofrece:

- Detalles de los proveedores de datos.
- Mapas de navegación sencilla que permite buscar el contenido taxonómico de cada una de las celdas.
- Numerosas herramientas como: revisiones taxonómicas, análisis filogenéticos, evaluación de diversidad o la compilación de las listas rojas.
- Modelización de nichos a partir de numerosos parámetros.
- Opción de filtrado, lo que permite buscar un grupo taxonómico de interés, en un área concreta, en un periodo de tiempo determinado.

- Los usuarios compatibles con OGC (Open Geospatial Consortium) pueden incluir cobertura con resoluciones de 1 y 0,1 grados, así como datos puntuales. El OGC es una comunidad que pretende mejorar el acceso a información geoespacial o de ubicación y que pretende que esta información sea justa (localizable, accesible, interoperable y reutilizable). (*El Hogar de La Tecnología de Ubicación, Innovación y Colaboración | OGC*, n.d.; Telenius, 2011)
- Permite acceder a datos relacionados con las áreas protegidas detalladas en la WDPA (World Database of Protected Areas).
- Se encuentra asociada con numerosas webs de numerosos grupos para obtener más información sobre la especie o el taxon que estamos buscando.
- Ofrece la posibilidad de copiar toda su base de datos a Python, lo que permite un rápido análisis de múltiples datos gracias a la programación.

Estos son algunas de las múltiples funciones que podemos encontrar en la página web, aumentando cada vez más el número de herramientas (Telenius, 2011).

Importancia de los insectos en las colecciones

Los insectos son uno de los grupos de organismos más abundantes del planeta, tanto por sus niveles de riqueza y abundancia, como por su biomasa. Además, los insectos desarrollan papeles muy importantes tanto en ecosistemas marinos como terrestres, a nivel de función ecológica y de redes tróficas (Andrew et al., 2013). No obstante, muchas de las especies de insectos están sin identificar, y de las identificadas, la gran mayoría se encuentran deficientes de información (Collier et al., 2016).

Los insectos son muy sensibles a la contaminación ambiental, motivo por el cual son utilizados como indicadores de cambio ambiental (Andrew et al., 2013). Además, al ser ectotermos, son más sensibles a los cambios de temperatura, encontrándose afectados directamente por el cambio climático; debido a su fisiología, desarrollo, comportamiento e interacciones inespecíficas (Kharouba et al., 2019). A pesar de esto, su uso para estudios de cambio global es raro y la mayoría de los esfuerzos se han restringido a pocas especies, a pequeñas zonas geográficas o a cortos periodos de tiempo, lo que dificulta el conocimiento de su estado de conservación alrededor del globo (Kharouba et al., 2019). Por estos motivos, a día 17 de junio de 2022, en GBIF en España encontramos solo 383713 datos de insectos de 9911 especies (GBIF.org, n.d.), mientras que en el año 2000 se estimaba la presencia de unas 47000 especies tan solo en la Península Ibérica (en el dato anterior también se incluyen las islas Canarias y

Baleares). Como se observa en estos datos, hay una gran escasez de datos, y estos están sesgados a una proporción mucho menor de especies, centrándose los datos en los principales grupos (Himenópteros, Coleópteros y Lepidópteros). Según Kharouba et al. (2019) los insectos pueden aplicarse para estudiar diversas respuestas frente al cambio climático o frente a especies invasoras, como:

- Cambios geográficos: El estudio de la distribución y abundancia de insectos permite examinar la existencia de cambios en las distribuciones geográficas de las especies asociadas a procesos de cambio climático, así como a la introducción intencional o no intencional de especies en nuevas zonas y su posterior dispersión (Kharouba et al., 2019).
- Respuestas fenológicas: Se han observado variaciones en la actividad fenotípica de determinados insectos frente al cambio climático (Brooks et al., n.d.).
- Respuestas en los rasgos fenotípicos: Determinadas especies han sufrido modificaciones corporales por los cambios ambientales (como aumento de tamaño) o por la aparición de especies invasoras (para facilitar la interacción entre ambas) (Gardner et al., 2011; Kharouba et al., 2019)
- Respuestas en los rasgos genotípicos: Al igual que en el caso anterior, en determinados estudios se ha encontrado una coevolución genética entre especies autóctonas e invasoras (Kharouba et al., 2019).

Importancia de los heteroceros

Los lepidópteros son el cuarto grupo con mayor biodiversidad dentro de los Hexápodos. Y dentro de los lepidópteros, más del 80% de las especies que encontramos son polillas (i.e. heteróceros; (Lanuza Garay et al., 2022).

Las polillas, comparten el orden con las mariposas, motivo por el cual son denominadas “mariposas nocturnas”. Dentro de este orden, las polillas conforman el grupo parafilético Heterocera (Lanuza Garay et al., 2022). Los heteroceros representan un grupo de gran tamaño, con una amplia diversidad y distribución de especies nocturnas, por lo general muy atraídas por la luz artificial.

Los heteróceros juegan un importante papel en las redes tróficas, como alimento para aves y murciélagos, como herbívoros y como polinizadores (Van Langevelde et al., 2017). Además debido a su gran tamaño poblacional y su riqueza específica, pueden ser útiles como indicador ambiental tanto de campos abiertos, como de bosques (Rákosy & Schmitt, 2011). Numerosos

estudios han demostrado la utilidad de las polillas como marcadoras de la tendencia de la biodiversidad de los insectos por su sensibilidad a los cambios, al igual que las mariposas. Lo interesante que ofrecen en este caso las polillas es que, gracias a su gran diversidad, facilitan la comprensión de cuáles son los impactos precursores del declive de los insectos (Fox, 2013).

A pesar de su gran importancia ecológica y como indicadores de cambio ambiental, la información disponible sobre polillas en bases de datos es muy reducida. En el caso de Asturias, a 18 de junio de 2022 sólo se encuentra información de 332 lepidópteros con especímenes preservados en la base de datos de GBIF, de los cuales tan solo son heteroceros: 23 Erebidos, 19 Zygaenidos, 2 Drepanidos, 1 Gelechido y 1 Geométrido, en resumen, tan solo existen información de 46 individuos de polillas conservadas procedentes de Asturias. Todos estos ejemplares están reducidos a pequeños puntos de estudios puntuales realizados (GBIF.org, 2022).

Muniellos: Reserva de la biosfera

Muniellos es una reserva de la biosfera situada en Asturias, España, incluida en los concejos de Cangas de Narcea, Degaña e Ibias, y atravesada por los ríos Narcea e Ibias, con sus afluentes. (Asturias, 2016)

La Reserva de Muniellos está formada por tres cuencas de drenaje, con rocas del Paleozoico y una fina capa de suelo. Pertenece a un clima oceánico templado, con un ombrotipo húmedo superior, laderas empinadas y tres lagunas glaciares (Merino-Sáinz et al., 2015). Muniellos un área protegida desde 1964, motivo por el cual se encuentra en un óptimo estado de conservado en la actualidad, siendo considerado como el robledal mejor conservado de Europa Occidental (Egido, 2004; Merino-Sáinz et al., 2015).

El 67% de la reserva de Muniellos se encuentra cubierta con bosques maduros (Merino-Sáinz et al., 2015). Entre los bosques destacan los bosques de roble albar (*Quercus petraea*) en las zonas más bajas (Merino-Sáinz et al., 2015). Presenta hayedos oligótrofos (*Fagus sylvatica*) en las zonas más húmedas de los bosques, que ocupan, tras los robles albares, la mayor extensión de la reserva (Asturias, 2016; Merino-Sáinz et al., 2015). Tanto los hayedos, como el robledal albar ocupan áreas de alta pluviosidad, pero mientras el roble se encuentra en zonas más expuestas al sol, el hayedo ocupa zonas más sombrías, favoreciendo la humedad (Asturias, 2016). En las mayores altitudes se encuentran por un lado bosques de abedul (*Betula celtiberica*) o por otro, zonas arbustivas con roble orocantábrico (*Quercus orocantabrica*);(Asturias, 2016; Merino-Sáinz

et al., 2015). Por último, existen bosques de ribera o de galería, completando los bosquedales (Merino-Sáinz et al., 2015),

Un 18% de la reserva se encuentra ocupada por diferentes tipos de matorrales, entre los que destacan la subespecie *Erica australis aragonensis*, el brezo rojo, que cubre el 9% de la reserva. (Merino-Sáinz et al., 2015). En los bosques mixtos aparecen arces blancos (*Acer pseudoplatanus*) y robles sésiles, cubriendo pequeños territorios con suelos más ricos procedentes de los desprendimientos (Merino-Sáinz et al., 2015). El porcentaje restante de la reserva lo constituyen roquedos, canchales o campos de bloques (Anadón et al., 2003).

En cuanto a la fauna, integra más de 150 especies de vertebrados, entre los que se encuentra el oso pardo (*Ursos arctos*) o el urogallo cantábrico (*Tetrao urogallus cantabricus*). Dentro de los invertebrados, se realizaron intensas campañas de prospección a inicios de siglo en las que se identificaron 224 familias y 885 especies diferentes, lo que pone en valor la gran cantidad de biodiversidad que podemos encontrar en su interior (Anadón et al., 2003).

Por todo ello, Muniellos es un buen lugar donde realizar estudios para evaluar la diversidad de fauna que se podría encontrar potencialmente en bosques sin efecto antrópico. En este trabajo utilicé ejemplares recolectados en un muestreo realizado en 2006 por Julia Dugnot en la Reserva Integral de Muniellos, y que quedaron almacenadas en la colección zoológica del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo. El objetivo del trabajo es poner en valor la importancia que tienen las colecciones biológicas, haciendo hincapié en la necesidad de su digitalización para ofrecer una información fácilmente accesible a la comunidad científica. Para ello etiqueté y añadí en una base de datos digital, como es el GBIF todos los datos posibles.

Material y métodos

El muestreo de macro heteróceros que generó el material base de este trabajo fue realizado en 2006 por el grupo de Julia Dugnot. Se muestrearon lepidópteros heteróceros en los diferentes hábitats presentes en Muniellos, la mayoría de ellos (brezal, hayedo, pinar y bosques de ribera) en la zona tampón de Tablizas. Para el robledal albar se seleccionaron dos zonas, una homogénea en el centro de la reserva y otra heterogénea en la zona de Tablizas (Dugnot et al., 2006).

Los muestreos se realizaron mediante trampas de luz "Heath", localizadas tanto en la parte central de las manchas de vegetación, como en los bordes entre los hábitats. Las trampas se mantuvieron activas y vigiladas durante las tres primeras horas tras el anochecer, en las que se

detecta un incremento de actividad de los heteróceros, asociada a la búsqueda de alimento (Dugnot et al., 2006).

Las tareas de este trabajo consistieron en el etiquetado e informatización de las muestras y el posterior análisis de diferentes parámetros de caracterización de la biodiversidad de macro heteróceros de la zona.

Primero realice un triple etiquetado de todas las polillas. La primera etiqueta contiene la información de la fecha y lugar, así como del recolector, en este caso Julia Dugnot. En el lugar se añadía información del hábitat concreto donde se obtuvo. De esta manera encontramos 12 hábitats distintos: Borde de hayedo con robledal xerófilo heterogéneo, borde de hayedo con robledal xerófilo homogéneo, borde mixto pinar-breza con robledal xerófilo homogéneo, borde mixto ribera-breza-pinar con robledal xerófilo homogéneo, borde ribera robledal xerófilo heterogéneo, borde ribera robledal xerófilo homogéneo, centro breza, centro hayedo, centro matriz heterogénea robledal xerófilo, centro matriz homogénea robledal xerófilo, centro pinar y centro ribera.

La segunda etiqueta contiene el nombre de la especie y el del identificador. En este caso algunas especies estaban sin identificar, por lo que fue necesaria su identificación. La identificación se realizó con el libro “Las Mariposas de España Peninsular” de Vicente Redondo et al. (2019).

La tercera etiqueta es un código específico para cada individuo (ID) para facilitar su búsqueda en caso de que fuera necesario. Todos los códigos comienzan con las siglas del lugar donde se almacenan (BOS), seguidos del grupo con el que trabajamos (LEP, de lepidópteros) y finalizando por un número concreto para cada individuo (del 1000 al 2718). Para agilizar la búsqueda, también se realizó la numeración de cada una de las cajas.

Por último, toda esta información fue digitalizada en una tabla de Excel en distintas columnas: ID, Familia, Género, Especies, Fecha, Localidad, Localización, Municipio, Provincia, País, Recolector, Identificador, Caja (Ilustración 1 e Ilustración 2). La familia fue obtenida por la búsqueda posterior de los distintos géneros en la base de datos del GBIF. La localización se refiere al hábitat dentro de Muniellos donde se realizó la captura.

ID	Familia	Genero	Especies	Fecha
BOS-LEP-01001	Notodontidae	Peridea	Peridea anceps	03/06/2006
BOS-LEP-01002	Noctuidae	Noctua	Noctua pronuba	03/06/2006
BOS-LEP-01003	Noctuidae	Noctua	Noctua pronuba	03/06/2006
BOS-LEP-01004	Noctuidae	Noctua	Noctua pronuba	03/06/2006
BOS-LEP-01005	Noctuidae	Noctua	Noctua pronuba	03/06/2006
BOS-LEP-01006	Noctuidae	Noctua	Noctua pronuba	03/06/2006
BOS-LEP-01007	Noctuidae	Autographa	Autographa gamma	03/06/2006

Ilustración 1. Ejemplo del documento Excel con las columnas de ID, Familia, Género, Especies y Fecha.

Localidad	Localización	Municipio	Provincia	País	Recolector	Identificador	Caja
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1
Tablizas	Centro matriz homogénea robledal xerófilo	Cangas de Narcea	Asturias	España	J. Dugnot	J. Dugnot	Caja 1

Ilustración 2. Ejemplo del documento Excel con las columnas de Localidad, Localización, Municipio, Provincia, País, Recolector, Identificador y Caja.

En el estudio de Dugnot (2006) la idea inicial era realizar un estudio de las poblaciones de heteróceros en Muniellos, pero este proyecto no se concluyó. Debido a esto, y para ejemplificar la importancia de las colecciones en la investigación, realice diferentes análisis de caracterización de la biodiversidad. A partir de las observaciones realizadas, estudié la diversidad alfa, beta y gamma de los heteróceros Muniellos.

Diversidad alfa

La diversidad alfa es la riqueza de especies de un entorno homogéneo.

Como índices de diversidad alfa utilice la riqueza específica (S), el índice D de Macintosh (D), el índice de Shannon-Weiner (H') y el índice de equidad de Pielou (J').

La riqueza específica (S) es el mecanismo más simple para describir la biodiversidad. Se base en el conteo del número de especies presentes, sin tener en cuenta su importancia.

El índice D de Macintosh (D) es un índice de dominancia independiente del número total de individuos (Moreno, 2001). Los índices de dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de las comunidades, como es el de Shannon-Weiner. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor importancia, sin evaluar la contribución del resto de las especies (Magurran, 1988). En la primera formula mostrada en la Ecuación 1, N es el tamaño poblacional, U es el índice U de Macintosh y S es la riqueza específica (se utiliza para estandarizar los datos de los distintos hábitats, permitiendo su comparación. En la segunda

formula, ni es el número de individuos de cada especie (Moreno, 2001). Los valores oscilan entre 0 y 1. Un valor cercano 1 significaría la presencia de unas especies dominantes respecto al resto, mientras un valor de 0 significa que no hay especies dominantes.

$$D = \frac{N - U}{N - \frac{N}{\sqrt{S}}} \quad U = \sqrt{\sum n_i^2}$$

Ecuación 1. Formula del índice D de Macintosh (izquierda) y del índice U de Macintosh (derecha)(Moreno, 2001).

El índice de Shannon-Weiner (H') es un índice de equidad. Los índices de equidad permiten predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en la colección (Magurran, 1988). Para lograr esto asumen que todos los individuos están seleccionados al azar y que todas las especies aparecen representadas en la muestra (Allen et al., 2009). En el índice de Shannon-Weiner (Ecuación 2) el valor 0 significa que solo hay una especie, mientras, si el valor es igual al logaritmo de S (riqueza específica), significa que todas las especies aparecen representadas por el mismo número de individuos. En determinados casos este resultado se divide entre el logaritmo neperiano de la riqueza específica para estandarizar los resultados, resultando en el índice de Pielou (Allen et al., 2009).

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)$$

Ecuación 2. Formula del índice Shannon-Weiner(Moreno, 2001).

El índice de equidad de Pielou (J') es un índice de integridad biológica. Los índices de integridad biológica calculan la proporción de biodiversidad observada respecto a la máxima esperada. Este índice varia su valor de 0 a 1, donde 1 se refiere a situaciones donde todas las especies abundan por igual, mientras 0 significa que solo hay una especie (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Ecuación 3. Formula del índice de equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Diversidad beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats, es el grado de reemplazamiento a través de los gradientes ambientales. Se basa en proporciones o diferencias, por lo que no se puede medir por el número de especies (Magurran, 1988).

A pesar de la existencia de una amplia variabilidad de índices, solo usé uno, el índice de Whittaker, ya que es uno de los índices de diversidad beta más utilizado en la actualidad (Vellend, 2001).

El índice de Whittaker es un índice de reemplazo de especies. Proporcionan un valor de diversidad beta en el sentido biológico. Para obtenerlos usa datos cualitativos de presencia-ausencia de especies. El índice de Whittaker describe la diversidad gamma como la integración de las diversidades beta y alfa (Moreno, 2001). De esta forma, si despejamos la diversidad beta, podemos obtener que se obtiene dividiendo la relación gamma entre la alfa. La diversidad gamma es la riqueza de especies de un conjunto de hábitats, por lo que se puede obtener calculando la riqueza específica igual que en la diversidad alfa, pero en este caso para todo el muestreo realizado. De esta forma obtenemos la fórmula de la Ecuación 4.

$$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$$

Ecuación 4. Fórmula del índice de Whittaker

Diversidad gamma

La diversidad gamma se define como la riqueza en especies de un conjunto de hábitats, como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y de su grado de diferenciación mutuo (diversidad beta). El valor de diversidad gamma obtenido se expresa en número de especies, y suele aproximarse al total de especies registradas en las comunidades (Magurran, 1988).

La diversidad gamma se obtiene por la multiplicación de la diversidad alfa promedio por la diversidad beta (1 entre el número promedio de comunidades ocupadas por una especie) y por la dimensión de la muestra (el número de comunidades) (Moreno, 2001).

Resultados

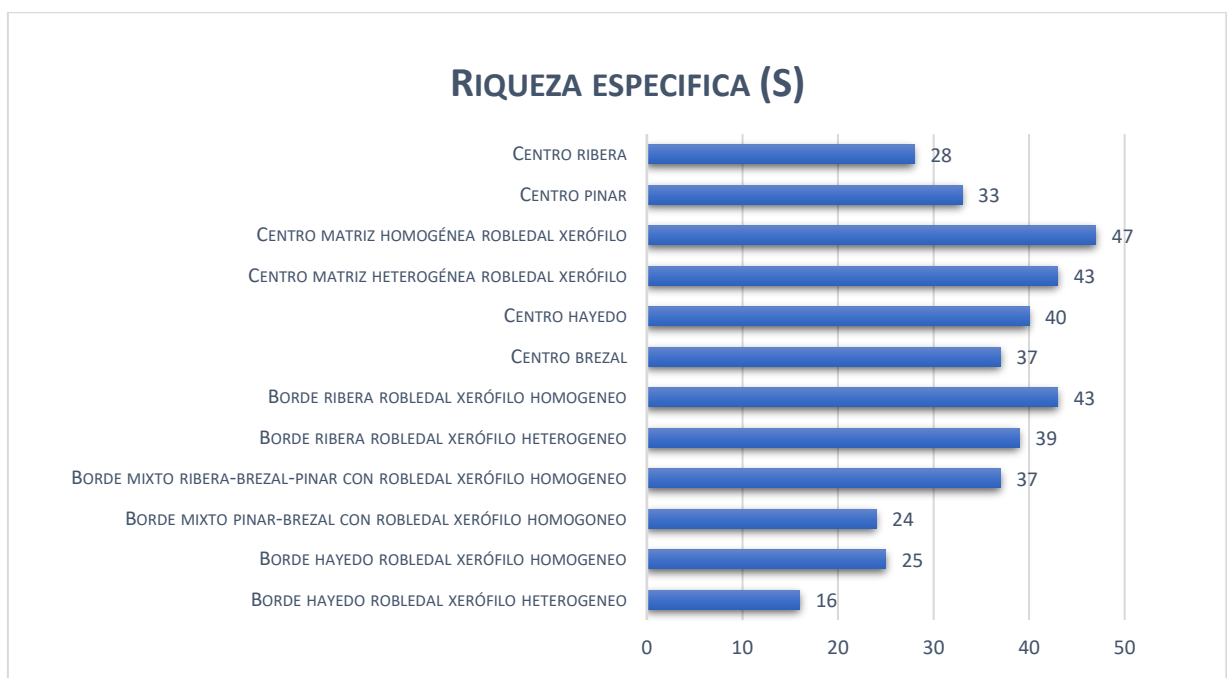
Etiquetado y digitalización de muestras

El trabajo concluyó con la catalogación y digitalización de 1718 macro-heteróceros de 130 especies diferentes y 14 familias: Crambidae, Drepanidae, Erebidae, Geometridae, Hepialidae,

Lasiocampidae, Noctuidae, Nolidae, Notodontidae, Oecophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Saturniidae y Sphingidae. Toda esta información almacenada fue enviada al GBIF para ser incorporada a la base de datos general.

Riqueza específica

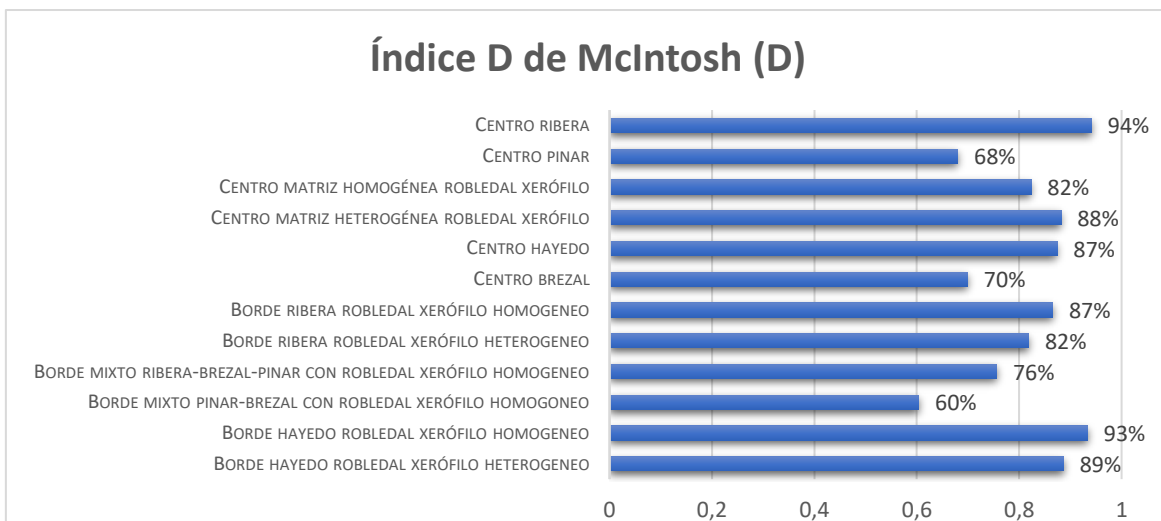
El análisis de la riqueza específica (S) resultó en los resultados que se observan en la Gráfica 1. La mayor riqueza se detectó en los robledales, en especial en el homogéneo, presentando un total de 47 especies. En el robledal heterogéneo la cantidad de especies disminuyó a 43, compartiendo número de especies con el borde ribera-robledal homogéneo. La menor riqueza específica se encontró en el borde de hayedo con el robledal heterogéneo, con 16 especies.



Gráfica 1. Resultado Riqueza Específica (S)

Índice D de Macintosh

El análisis de un índice de dominancia como puede ser el índice D de Macintosh muestra la presencia de dominancia de especies tal y como se representan en la Gráfica 2. Los valores los representé en porcentaje para hacer el resultado más visual. Los mayores valores se encontraron en el centro de la ribera (94%) y en el borde hayedo-robledal (93%), mientras s en el borde mixto pinar-brezal con robledal homogéneo (60%) y en el centro del brezal (70%) se detectaron los menores valores de dominancia.

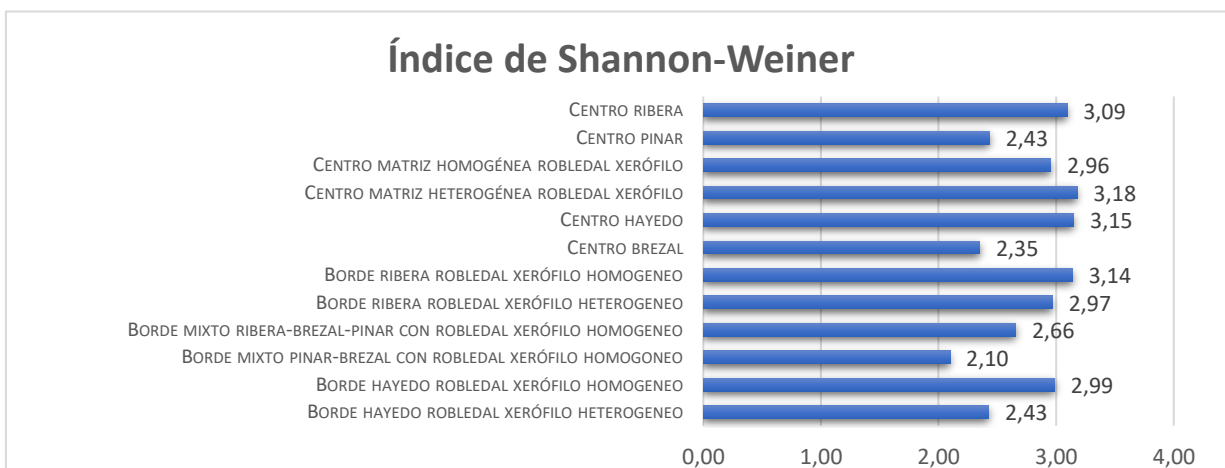


Gráfica 2. Resultado Índice D de Macintosh

Índice de Shannon-Weiner

El índice de Shannon-Weiner es un índice de equidad que simula que todas las especies aparecen distribuidas al azar en el hábitat. Los resultados son mostrados en la *Gráfica 3*. La mayor equidad se encontró en el centro del robledal heterogéneo (3,18), seguido por el centro del hayedo (3,15). La menor equidad se detectó en el borde mixto pinar-brezal con robledal homogéneo (2,10) y en el centro del brezal (2,35).

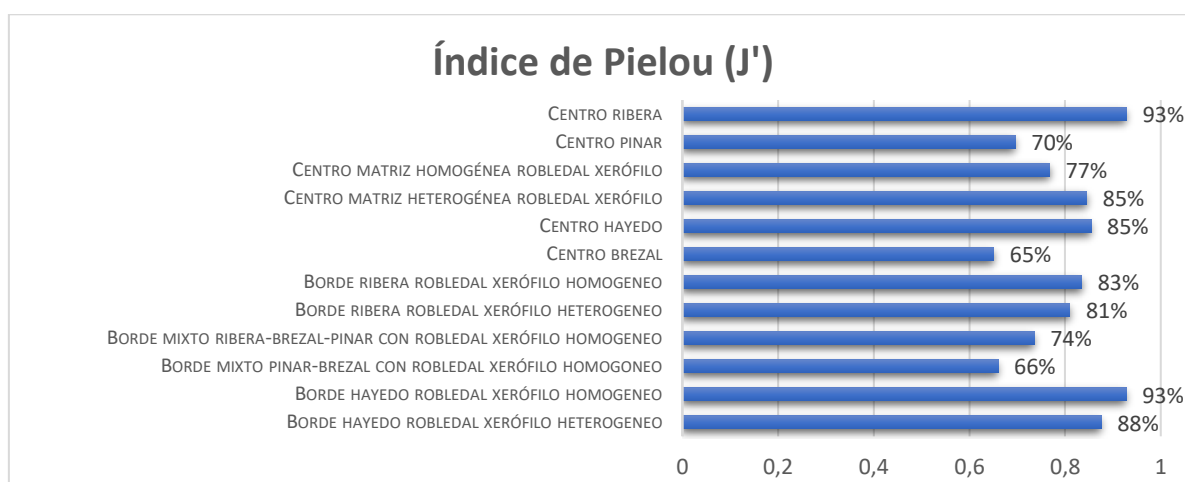
A su vez el índice de Shannon-Weiner es útil para saber la probabilidad de encontrarte una especie concreta al realizar un muestreo en las mismas condiciones. La probabilidad de cada especie en cada hábitat aparece reflejada en la columna "-pi*LN (pi)" en el [Anexo 1](#).



Gráfica 3. Resultados índice de Shannon-Weiner

Índice de Pielou

El índice de Pielou es un índice de integridad biológica. En la Gráfica 4 se puede observar la proporción de diversidad observada respecto a la máxima que se esperaría. Los resultados se expresan como porcentaje para que sean más visuales. Los mayores valores se encontraron en el centro de la ribera y en el borde del hayedo con el robledal homogéneo (ambos con un 93%). Los menores valores se detectaron en el centro del brezal (65%) seguido por el borde mixto pinar-breza con robledal homogéneo (66%).



Gráfica 4. Resultados índice de Pielou

Diversidad β (índice de Whittaker) y gamma

El índice de Whittaker para representar la diversidad beta resultó en un valor de 3,9. El valor de S en la fórmula (Ecuación 4. Fórmula del índice de Whittaker) se obtuvo en base al conteo total de especies (130 especies). El valor de alfa se obtuvo usando la media aritmética de las riquezas específicas obtenidas.

La diversidad gamma aparece representada como número de especies, siendo de 157,86 especies para este estudio.

Discusión

Etiquetado y digitalización de muestras

En el repositorio GBIF aparecen a fecha de 1 de junio de 2022 tan solo 46 ejemplares de heteróceros conservados provenientes de Asturias. Estos 46 pertenecen a 23 especies, 19 géneros y 5 familias. Con la información añadida tras este trabajo, estos datos aumentarán en 1718 individuos, 12 familias, 87 géneros y 127 especies que no se habían identificado hasta el

momento en el Principado de Asturias Es importante destacar que todo este nuevo volumen de información fue obtenida de un muestreo en un área reducida (Reserva Integral de Muniellos), muestreado durante un corto lapso de tiempo, y con un muestreo centrado en un único grupo de invertebrados. Esto da la idea de que, si se realizaran muestreos de este tipo en Asturias a amplia escala, con varios grupos animales y en un periodo de tiempo mayor, se podría tener un conocimiento mucho más detallado de la biodiversidad de la región, más próxima a los valores reales.

Por otro lado, la existencia de este nuevo catálogo de polillas y su consiguiente conservación en colecciones permite realizar una gran diversidad de estudios sobre ellas, entre los que destacan los análisis de biodiversidad o las alteraciones producidas por el cambio climático o las especies invasoras. El disponer de este material de una manera accesible, simplificará cualquier estudio que se pretenda hacer en el futuro.

Índices de diversidad

Los valores de riqueza específica (S) son el número de especies encontradas en cada hábitat (Moreno, 2001). Como se observa en los resultados (Gráfica 1. Resultado Riqueza Específica (S))Gráfica 1), los entornos con mayor número de especies son los robledales, principalmente el xerófilo.

En el índice D de Macintosh observamos un índice de dominancia. Los índices de dominancia ponderan la cantidad de especies dominantes (comunes) que hay. Es decir, un alto índice de dominancia, indica que hay una gran proporción de especies comunes, mientras que un bajo valor significaría que hay una gran variedad de especies en el hábitat (Magurran, 1988). En este caso específico (Gráfica 2), podemos observar que en el centro de la ribera como en los bordes del hayedo con ambos robledales, a pesar de tener unos bajos valores de riqueza específica, encontramos altos valores de este índice, lo que quiere decir que las pocas especies que tiene son muy dominantes.

El índice de Shannon-Weiner es un índice de equidad. Un índice de equidad calcula la proporción en la que se encuentran todas las especies en el hábitat muestreado. Un valor alto indica que todas las especies tienen el mismo tamaño poblacional, mientras un bajo valor significa que unas especies están mucho más presentes que el resto (Moreno, 2001). En la Gráfica 3, los mayores valores los presentan los centros de los robledales, es decir, que estos tienen una proporción similar de todas las especies.

El índice de equidad de Pielou (J') es un índice de integridad biológica. El índice de integridad biológica trata de calcular la capacidad de un entorno para que este se mantenga como un

sistema biológico adaptable, integrado y equilibrado con todos los elementos y procesos esperados del hábitat natural de la región (Córdova-Ávalos et al., 2009). Esto quiere decir que un valor alto en este índice se traduce como un buen estado del hábitat, y que por consiguiente se puede seguir manteniendo en el tiempo mientras no ocurran cambios en él. Los valores más altos se encontraron en el centro de la ribera y en el bosque hayedo con robledal homogéneo (93% ambos). Esto quiere decir que es un entorno viable. Además, ninguno de los valores resulta muy bajo, siendo el mínimo un 65%. Esto posiblemente sea debido a que la zona lleva desde el año 1964 manteniéndose como área protegida, lo que evita el efecto antrópico sobre el entorno (Egido, 2004).

La diversidad beta se estimó con el índice de Whittaker. El índice de Whittaker expresa cuantas veces es mayor la riqueza del conjunto que la de cada uno de los hábitats por separado (Calderón-Patrón et al., 2012). En el caso de nuestro estudio el valor de la base de datos total es casi 4 veces (3,9) mayor que el de cada hábitat de forma individual.

La diversidad gamma se midió con la fórmula mencionada en el apartado de material y métodos. Se obtiene como conclusión un número de especies, que se debería asemejar al total de especies que deberíamos encontrar entre todos los hábitats (Moreno, 2001). Obtuvimos un valor de 157,86, mientras el máximo obtenido es de 130 especies.

Aún así estos resultados deben ser tomados con cierta prudencia. Tras estudiar con detenimiento algunas especies, se observaron registros de polillas en hábitats que no son los propios (polillas que se alimentan del roble en el centro de la ribera, por ejemplo). Las polillas son especies que se mueven mucho y el muestreo ocurrió en un área reducida como puede ser Muniellos, por lo que es bastante probable que algunos individuos se movieran entre hábitats y dificulten la correcta interpretación de estos resultados. Aún así, este trabajo es un claro ejemplo de la utilidad que puede ofrecer la realización de catálogos de especies a amplia escala y de todos los beneficios que podrían conllevar para conocer nuestro entorno, tanto en biodiversidad, como en funcionalidad. Este tipo de trabajos pueden permitir observar los cambios en los valores de biodiversidad que se producen a lo largo del tiempo y poder estimar los procesos de defaunación que están ocurriendo en el Antropoceno.

Conclusiones

El trabajo se realizó a partir de un muestreo previo desarrollado en un área reducida como la Reserva Integral de Muniellos, con 55.657 hectáreas (Asturias, 2016), y a partir de datos recolectados en unos pocos meses de un mismo año. A pesar de eso este trabajo aumentó considerablemente el conocimiento de la diversidad de heteróceros en el Principado de Asturias (127 especies no catalogadas en el GBIF hasta la actualidad, con 1718 ejemplares nuevos). A esta información añadida, se le sumará la obtenida en un trabajo realizado al mismo tiempo por Sonia Ariznavarreta, catalogando 550 observaciones nuevas de 173 especies (29 no identificadas en Asturias, ni en el GBIF ni en mi trabajo) (GBIF.org, 2022). Estos ejemplares fueron obtenidos de la colección zoológica del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo, al igual que los míos. En su caso trabajo con las muestras de heteroceros obtenidas por estudiantes de Biología de años anteriores. El trabajo de ambos aumenta considerablemente la información disponible hasta el momento: de 332 ejemplares a 2600 que aparecerán tras añadir los datos, y de 118 especies a 264.

Esta información es de gran utilidad, pero aun así se encuentra lejos de reflejar lo que realmente hay en el campo. Por consiguiente, recomendamos la realización de un muestreo a nivel de todo el Principado de Asturias, en un periodo relativamente prolongado, para tener estimas de biodiversidad más realistas sobre los macro-heteróceros de la región y así poder entender mejor los procesos ecológicos y de cambio de biodiversidad que están ocurriendo en Asturias.

Bibliografía

- Allen, B., Kon, M., & Bar-Yam, Y. (2009). A new phylogenetic diversity measure generalizing the shannon index and its application to phyllostomid bats. *American Naturalist*, 174(2), 236–243. <https://doi.org/10.1086/600101>
- Anadón, A., Ocharan, F. J., X Melero, V., Monteserín, S., Ocharan, R., Rosa, R., & Vázquez, M. (2003). Metodología para la elaboración del Catálogo de los Invertebrados de la Reserva de la Biosfera de Muniellos (Asturias , N . de España). *Boletín Del Instituto de Estudios Asturianos. Instituto de Estudios Asturianos (Oviedo, Spain), January*.
- Andrew, N. R., Hill, S. J., Binns, M., Bahar, M. H., Ridley, E. V., Jung, M. P., Fyfe, C., Yates, M., & Khusro, M. (2013). Assessing insect responses to climate change: What are we testing for? Where should we be heading? *PeerJ*, 2013(1). <https://doi.org/10.7717/PEERJ.11>
- Asturias, P. de. (2016). *Naturaleza de Asturias: espacios naturales protegidos*. <https://naturalezadeasturias.es/espacios/accede/reservas-biosfera/RB-muniellos.html>
- Beaman, R. S., & Cellinese, N. (2012). Mass digitization of scientific collections: New opportunities to transform the use of biological specimens and underwrite biodiversity science. *ZooKeys*, 209, 7–17. <https://doi.org/10.3897/zookeys.209.3313>
- Brooks, S. J., Self, A., & Toloni, F. (n.d.). Natural history museum collections provide information on phenological change in British butterflies since the late-nineteenth century. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0780-6>
- Calderón-Patrón, J. M., Moreno, C. E., & Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 879–891. <https://doi.org/10.7550/RMB.25510>
- Collier, K. J., Probert, P. K., & Jeffries, M. (2016). Conservation of aquatic invertebrates: concerns, challenges and conundrums. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(5), 817–837. <https://doi.org/10.1002/AQC.2710>
- Córdova-Ávalos, A., Alcántara-Carbajal, J. L., Guzmán-Plazola, R., Mendoza-Martínez, G. D., & González-Romero, V. (2009). Desarrollo de un Índice de Integridad Biológica Avifaunístico para dos asociaciones vegetales de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 25(1), 1–22. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia

Dugno, J., Anadón, A., & Torralba Burrial, A. (2006). Lepidópteros nocturnos de la Reserva Integral de Muniellos (Asturias). *Conference: XII Congreso Ibérico de Entomología*. https://www.researchgate.net/publication/336898878_Lepidopteros_nocturnos_de_la_Reserva_Integral_de_Muniellos_Asturias

Egido, J. M. (2004). [Muniellos Biosphere Reserve [Spain]: the best conserved early deciduous oak forest in Western Europe]. *Ambienta (España)*.

El hogar de la tecnología de ubicación, innovación y colaboración | OGC. (n.d.). Retrieved May 29, 2022, from <https://www.ogc.org/>

Fox, R. (2013). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conservation and Diversity*, 6(1), 5–19. <https://doi.org/10.1111/J.1752-4598.2012.00186.X>

Gardner, J. L., Peters, A., Kearney, M. R., Joseph, L., & Heinsohn, R. (2011). Declining body size: A third universal response to warming? In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 26, Issue 6, pp. 285–291). Elsevier Current Trends. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.005>

GBIF.org. (n.d.). *GBIF Occurrence Download*. <https://doi.org/10.15468/dl.jvqffb>

GBIF.org. (2022). *GBIF Occurrence Download*. The Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/DL.QNZKMR>

Kharouba, H. M., Lewthwaite, J. M. M., Guralnick, R., Kerr, J. T., & Vellend, M. (2019). Using insect natural history collections to study global change impacts: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1763). <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0405>

Lanuza Garay, A., Aguilar, N., Mack, Y., Sánchez Soto, O., & Ramjack, C. (2022). LISTADO SINÓPTICO DE MARIPOSAS NOCTURNAS (LEPIDOPTERA: HETEROCERA) EN EL AREA RECREATIVA LAGO GATÚN, COLÓN, PANAMÁ. *Centros. Revista Científica Universitaria*, 11(1), 1–12.

Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171–180. <https://doi.org/10.1038/NATURE14258>

Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. In *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>

Meineke, E. K., Davies, T. J., Daru, B. H., & Davis, C. C. (2019). Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1763). <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0386>

Merino-Sáinz, I., Anadón, A., Uría, R., & Asturias, O. (2015). Local distribution patterns of harvestmen (Arachnida: Opiliones) in a Northern temperate Biosphere Reserve landscape: influence of orientation and soil richness. *Belgian Journal of Zoology*, 145(1), 3–16. <https://doi.org/10.26496/BJZ.2015.54>

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. In *M&T – Manuales y Tesis SEA* (Vol. 1, Issue June). <http://www.observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/m-todos-biodiversidad.pdf>

National Academies of Sciences, Engineering, and M. (2020). Biological Collections: Ensuring Critical Research and Education for the 21st Century. In *Washington, DC: The National Academies Press*. <https://doi.org/10.17226/25592>

Nattier, R. (2018). Biodiversity in natural history collections: A source of data for the study of evolution. *Biodiversity and Evolution*, 175–187. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-277-9.50010-3>

Popov, D., Roychoudhury, P., Hardy, H., Livermore, L., & Norris, K. (2021). The Value of Digitising Natural History Collections. *Research Ideas and Outcomes*, 7. <https://doi.org/10.3897/rio.7.e78844>

Rákossy, L., & Schmitt, T. (2011). Are butterflies and moths suitable ecological indicator systems for restoration measures of semi-natural calcareous grassland habitats? *Ecological Indicators*, 11(5), 1040–1045. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.10.010>

REDONDO, V., GASTÓN, J., & VICENTE, J. C. (2019). *Las Mariposas de España Peninsular. Manual ilustrado de la especies diurnas y nocturnas* (V. Redondo, J. Gastón, & J. C. Vicente (Eds.); Tercera). Prames Editions.

Robertson, T., Döring, M., Guralnick, R., Bloom, D., Wieczorek, J., Braak, K., Otegui, J., Russell, L., & Desmet, P. (2014). The GBIF integrated publishing toolkit: Facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet. *PLoS ONE*, 9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102623>

Telenius, A. (2011). Biodiversity information goes public: GBIF at your service. *Nordic Journal of Botany*, 29(3), 378–381. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2011.01167.x>

Van Langevelde, F., Marijke Braamburg-Annegarn, |, Huigens, M. E., Groendijk, | Rob, Poitevin, | Olivier, Jurri, |, Van Deijk, R., Ellis, W. N., Roy, |, Van Grunsven, H. A., De Vos, R., Vos, R. A., & Wallisdevries, M. F. (2017). *Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights*. <https://doi.org/10.1111/gcb.14008>

Vellend, M. (2001). Do commonly used indices of β -diversity measure species turnover? *Journal of Vegetation Science*, 12(4), 545–552. <https://doi.org/10.2307/3237006>