DESARROLLO DE PROTOCOLOS PARA EL MANTENIMIENTO, CUIDADO Y CRIANZA EFICIENTE DE LOS ARTRÓPODOS EN EL BIOPARQUE MONARCA

Lizeth Alejandra Jaime Liscano

(Directora) Clara Santafé Millan [1,2], (Tutor) Alejandra Dueñas Santafé[2,]

[1]Universidad El Bosque, Programa de Biología; [2]Bioparque Monarca

Universidad El Bosque

Facultad de Ciencias

Bogotá D.C., 2025

Resumen

El proyecto se desarrolló en el Bioparque Monarca, ubicado en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, tuvo como objetivo principal la elaboración de protocolos especializados para el mantenimiento, cuidado y crianza de artrópodos pertenecientes a los órdenes Lepidoptera, Hymenoptera, Araneae y Blattodea. Como parte del proceso, se recopiló información detallada que permitió diseñar guías enfocadas en satisfacer las necesidades específicas de cada grupo. Estos protocolos abarcaron aspectos clave como alimentación enfocada en la importancia de la variación en las dietas, limpieza, manejo seguro y monitoreo sistemático del bienestar. Durante la implementación de estos se logró evidenciar aumento en el crecimiento poblacional de las diferentes especies como *Camponotus rufipes*, también fue posible reportar una mayor reproducción en lepidópteros además de signos de bienestar en arácnidos y cucarachas reflejados en mudas

exitosas.

Palabras clave: Protocolos, mantenimiento, cuidado, dieta y artrópodos.

Abstract

The project was developed in the Monarca Biopark, located in the municipality of Tenjo, Cundinamarca, and its main objective was to develop specialized protocols for the maintenance, care and rearing of arthropods belonging to the orders Lepidoptera, Hymenoptera, Araneae and Blattodea. As part of the process, detailed information was gathered to design guidelines focused on meeting the specific needs of each group. These protocols covered key aspects such as feeding with a focus on the importance of dietary variation, cleanliness, safe handling and systematic monitoring of welfare. During the implementation of these protocols, an increase in the population growth of different species such as *Camponotus rufipes* was evidenced, it was also possible to report increased reproduction in lepidoptera and signs of welfare in arachnids and Blattodea reflected in

successful molts.

Key words: Protocols, maintenance, care, diet and arthropods.

1. Introducción

Los artrópodos son un grupo extremadamente diverso y abundante de animales que desempeñan roles fundamentales en los ecosistemas (1). El grupo incluye animales invertebrados que tiene un esqueleto externo o exoesqueleto quitinoso que mudan periódicamente además de tener apéndices articulados; estas estructuras tienen una amplia diversificación por lo cual se pueden encontrar diferentes grupos como los insectos, arácnidos, crustáceos, miriápodos, entre otros. Cada integrante tiene gran importancia, esta radica en las diferentes funciones ecológicas clave que desempeñan como lo es la polinización, dispersión de semillas y la descomposición, puesto que al alimentarse de materia orgánica muerta la convierten en sustancias más simples que pueden ser utilizadas por otros organismos; además cumplen funciones como controladores biológicos, donde muchos artrópodos son depredadores naturales de otros insectos, lo cual ayuda a mantener el equilibrio de las poblaciones de insectos, prevenir daños en los ecosistemas; también cumplen el papel de ser fuente de alimento importante para muchos animales, como aves y reptiles hasta mamíferos(2,3). Al ser un grupo tan destacado algunos se consideran ingenieros de ecosistemas, como lo son las hormigas y las termitas, quienes modifican el entorno físico, ya que construyen sus colonias y túneles influyendo en el suelo, la distribución de nutrientes y la creación

de microhábitats para otros organismos (4).

Existe un gran interés en el estudio y mantenimiento adecuado de los artrópodos, esto se debe tanto a su rol en los ecosistemas como a su potencial en diversos estudios del comportamiento, la fisiología, toxicología y conservación. Sin embargo, el mantenimiento de estas especies en condiciones de cautiverio representa un desafío debido a sus requerimientos como la temperatura, humedad, dieta, y espacio (5). Las investigaciones que son realizadas con artrópodos necesitan de protocolos especializados en el mantenimiento y cuidado, que aseguren el bienestar y supervivencia en cautividad (6,7), por ejemplo estudios qué se realicen sobre la toxicología de tarántulas (Theraphosidae) y los escorpiones (Scorpiones), es necesario tener documentos qué permitan realizar un seguimiento adecuado, de manera similar, los lepidópteros, especialmente en sus fases larvales y púpales, presentan requerimientos específicos de alimento y microclima que influyen en su desarrollo y metamorfosis (8).

Los protocolos son guías esenciales que garantizan el bienestar de los animales, donde aseguran que los organismos tengan las condiciones óptimas para su desarrollo, incluyendo alimentación adecuada, temperatura y humedad correctas, también se incluye el enriquecimiento ambiental aportando a mejorar su calidad de vida y reducir el estrés (9). Para establecer protocolos efectivos de mantenimiento, es importante la comprensión de la biología y etología de cada grupo. La falta de estandarización en los procedimientos para el manejo de artrópodos puede derivar en problemas como estrés, enfermedades, disminución en la calidad de vida e incluso la mortalidad de los organismos en cautiverio (10).

A través de esta pasantía, se pretende desarrollar y compilar protocolos de mantenimiento y cuidados específicos para estos grupos de artrópodos, ofreciendo una base que contribuya tanto al bienestar de los organismos en cautiverio como a la optimización de las prácticas de manejo en

entornos de investigación.

2. Marco normativo

Para efectos de esta investigación, se consultó el marco normativo existente en Colombia, así como otras disposiciones legales y otras disposiciones relacionadas con la conservación de la biodiversidad, el manejo de fauna silvestre. Es fundamental considerar el marco normativo colombiano aplicable a la manipulación, tenencia y uso de especies de artrópodos, debido al uso de estos en contextos de educación ambiental como los desarrollados en los talleres del bioparque. La legislación vigente establece los parámetros legales, técnicos y éticos que regulan la obtención de permisos, así como las condiciones mínimas de bienestar y bioseguridad requeridas para garantizar que estas prácticas no generen impactos negativos sobre la fauna y flora silvestres. En este sentido, la Tabla 1 presenta un resumen del marco normativo relevante, el cual orienta la implementación de protocolos adecuados para el manejo responsable de artrópodos en entornos controlados.

Tabla 1. Resumen del Marco Normativo Colombiano Aplicable al Manejo de Artrópodos en Bioparques.

Norma	Asunto

Ley 84 de 1989	Por medio de la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección Animal, las disposiciones de esta ley tienen por objeto: prevenir y tratar el dolor y el sufrimiento de los animales así como promover la salud y el bienestar de los animales, asegurándose higiene, sanidad y condiciones apropiadas de existencia, erradicar y sancionar el maltrato y los actos de crueldad para con los animales, desarrollar programas educativos a través de medios de comunicación del estado y de los establecimientos de educación oficial y privados, que promuevan el respeto y el cuidado de los animales y desarrollar medidas efectivas para la preservación de la fauna silvestre.
Ley 611 de 2000 (Reglamentada por el Decreto Nacional 4688 de 2005, en materia de caza comercial)	Promueve el uso responsable de la fauna silvestre y acuática, permitiendo su cría y aprovechamiento en condiciones controladas, siempre que se garantice el bienestar de los especímenes y la conservación de las especies. Establece criterios técnicos para el funcionamiento de zoocriaderos, como infraestructura adecuada, condiciones sanitarias óptimas, control en la reproducción, identificación individual de los animales y medidas para prevenir fugas o impactos negativos en el ecosistema. Además, exige que toda actividad de cría esté sustentada en estudios científicos y bajo supervisión ambiental constante.
Ley 1638 de 2013	Por la cual se prohíbe el uso de animales silvestres, ya sean nativos o exóticos, en circos fijos e itinerantes. Establece de forma categórica la prohibición del uso de animales silvestres, ya sean nativos o exóticos, en espectáculos circenses fijos o itinerantes en todo el territorio nacional. Otorga un plazo de dos años para la adecuación de los espectáculos y la entrega voluntaria de los animales a las autoridades ambientales competentes, previendo la salida del país para especies exóticas. La norma faculta a entidades estatales como el Ministerio de Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y la Policía Nacional para vigilar su cumplimiento, garantizando la reubicación de los animales decomisados. Quedan excluidos de esta prohibición los zoológicos, acuarios y demás establecimientos destinados a la conservación o investigación.
Ley 1659 de 2013	Por la cual se crea el Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal. Se establece un sistema centralizado de identificación, información y trazabilidad que permite el seguimiento individualizado de animales de interés pecuario desde su producción primaria hasta su destino final. Esta herramienta facilita la gestión sanitaria, el control de riesgos zoosanitarios y la articulación eficiente de los distintos agentes de la cadena productiva, fortaleciendo así las condiciones de bioseguridad y los estándares de bienestar animal en el territorio nacional.
Ley 1774 de 2016	Por medio de la cual se modifica el Código Civil, la Ley 84 de 1989, el Código Penal y el Código de Procedimiento Penal, en materia de protección y bienestar de los animales. Esta ley reconoce a los animales domésticos, amansados, silvestres, vertebrados y exóticos vertebrados como seres sintientes, no como cosas, y establece una serie de medidas para su protección como: Prohibición de la crueldad y el maltrato animal, obligación de brindarles un trato digno y respetuoso, establecimiento de un sistema de protección y bienestar animal
Ley 1955 de 2019	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto Por Colombia, Pacto Por La Equidad, establece que el Gobierno nacional, liderado por el Ministerio de Ambiente, junto con otros ministerios y entidades competentes, formulará la Política Nacional de Protección y Bienestar de Animales Domésticos y Silvestres.

Ley 2111 de 2021	Por el cual se sustituye el Título XI de la Ley 599 de 2000, relativo a los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente, modificando el capítulo único que comprende los artículos 328 (fija el delito de tráfico de fauna) a 339 (manejo ilícito de especies exóticas) del Libro II, Parte Especial de los Delitos en General. Adicionalmente, modifica la Ley 906 de 2004 y establece disposiciones complementarias con el propósito de fortalecer el régimen sancionatorio y procesal en materia ambiental.
Ley 2294 de 2023	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida, mediante el cual se dio origen al Sistema Nacional de Protección y Bienestar Animal, herramienta de gobernanza para implementar la política nacional y posicionar la protección y el bienestar animal.
Decreto 3016 de 2013	Por el cual se reglamenta el permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales.
Resolución 153 de 2019. Ministerio de Agricultura y desarrollo social.	Por el cual se crea y reglamenta el Consejo Nacional de Bienestar Animal y Comité Técnico Nacional de Bienestar Animal.
Resolución 01455 de 2019. Fiscalía General de la Nación	Creación del Grupo Especial para la lucha contra el maltrato animal de la fiscalía general de la Nación (GELMA).
Decreto Ordenanza 428 de 2020. Gobernación de Cundinamarca.	Por la cual se crea el Instituto de Protección y Bienestar Animal de Cundinamarca (IPYBAC).
*Sentencia 2015-01496 del Consejo de Estado	Respecto de la fauna silvestre, el Estado es el propietario. La posibilidad de acceder a la propiedad de éstos sólo puede hacerse de manera legal cuando se haga por medio de zoo criaderos o de caza en las zonas permitidas, con permiso, autorización o licencia. Por lo anterior, se evidencia que el concepto de propiedad respecto de la fauna silvestre es flexibilizado dentro del ordenamiento jurídico colombiano, por lo que el aprovechamiento de ésta se encuentra supeditado a evitar la disminución cuantitativa y cualitativa de las especies animales para que no haya un deterioro ambiental" En esta sentencia, el Consejo de Estado negó la tutela interpuesta sobre el mico aullador apoyado en las sentencias C-439 de 2011, sobre el derecho a la salud, sentencia T197 de 2003, T-367 de 2004 y T-818 de 2008, respectivamente.

*Sentencia C-467 de 2016 de la Corte Constitucional	Categoriza a los animales como bienes jurídicos, no se opone a su calificación como seres sintientes y, en consecuencia, no se infringe la prohibición constitucional de maltrato animal.
*Sentencia C-041 de 2017 de la Corte Constitucional	La Corte Constitucional reafirma que, aunque los animales no son sujetos de derechos, deben ser protegidos por los seres humanos, quienes tienen el deber de garantizar su bienestar y evitar el maltrato. En diversas sentencias, el tribunal ha abordado la responsabilidad humana frente a los animales, estableciendo que el sufrimiento innecesario debe ser prevenido y sancionado. En particular, ha analizado la constitucionalidad de normas que regulan el trato hacia los animales, incluyendo aquellas que permiten ciertas prácticas que pueden causar lesiones leves o profundas, como la mutilación con fines estéticos. Asimismo, enfatiza que la protección animal es un mandato constitucional basado en principios de solidaridad y respeto por la vida.
*Sentencia SU-016 de 2020. Corte Constitucional	La Corte Constitucional unificó la jurisprudencia respecto a la naturaleza jurídica de los animales y la procedencia de acciones constitucionales para su protección, resolviendo el caso del oso "Chucho". La Corte determinó que el habeas corpus no es el mecanismo idóneo para salvaguardar el bienestar o la "libertad" de los animales, al ser una garantía diseñada exclusivamente para la libertad individual de los seres humanos. Si bien la sentencia reafirmó que los animales son seres sintientes y, por ende, objetos de especial protección constitucional, enfatizó que dicha protección debe materializarse a través de las vías procesales idóneas, como la acción popular, la acción de tutela bajo ciertos supuestos, y los procedimientos administrativos y penales específicos en materia ambiental y de maltrato animal, en lugar de desnaturalizar acciones constitucionales con propósitos específicos.

Nota: Se agregan algunas sentencias al análisis normativo, emitidas por las altas cortes colombianas, en especial por la Corte Constitucional y el Consejo de Estado. Estas decisiones judiciales ayudan en a interpretan y complementar la legislación existente, además establecen criterios vinculantes sobre el manejo de fauna silvestre y especies exóticas.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Desarrollar protocolos para el cuidado, mantenimiento eficiente y sostenible de artrópodos en el Bioparque Monarca

3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado inicial de los artrópodos y las prácticas de manejo aplicadas en el Bioparque Monarca
- Implementar los protocolos para cada grupo de artrópodos, asegurando las condiciones óptimas de alimentación, limpieza, y seguridad
- Evaluar la efectividad de los protocolos haciendo un seguimiento sistemático en el bienestar de los artrópodos

4. Método

4.1. Área de estudio

El municipio de Tenjo se encuentra ubicado en la Provincia de Sabana Centro, en el departamento de Cundinamarca, Colombia. Limita al norte con el municipio de Tabio, al oriente con Chía y Cota, al sur con Funza y al occidente con Madrid y Subachoque. Su territorio abarca una superficie aproximada de 108 km². El clima del municipio corresponde al de una zona templada de montaña, con una temperatura media que oscila entre los 14 °C y los 20 °C, y temperaturas mínimas que

pueden descender hasta los 8 °C durante las horas nocturnas.

4.1.1. Bioparque Monarca

El presente trabajo se desarrolló en el Bioparque Monarca (fig. 1), ubicado en el municipio de Tenjo, Cundinamarca. Este Bioparque temático se encuentra orientado a la valorización y divulgación de la biodiversidad, con un énfasis particular en las mariposas. Su misión institucional consiste en inspirar la apreciación por la naturaleza mediante experiencias educativas e interactivas, promoviendo el aprendizaje activo y la conciencia ambiental en relación con el entorno natural que nos rodea. (11).

Figura 1. Fotografía aérea del Bioparque Monarca.

Fuente: Bioparque Monarca (11).

4.2. Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por artrópodos pertenecientes a los órdenes Lepidoptera, Hymenoptera, Aránea, Batoidea y Scorpiones, incluyendo tanto los ejemplares exhibidos en las instalaciones del Bioparque Monarca como aquellos destinados a la alimentación

de otras especies. Las especies utilizadas en esta investigación abarcaron ejemplares involucrados en actividades de educación ambiental, sin importar si su modalidad de exhibición era temporal, permanente o cerrada. En total, el grupo de estudio comprendió 5 órdenes, 9 familias y 35 géneros, lo cual permitió abordar una diversidad representativa para el diseño de protocolos adaptados a distintas necesidades biológicas y de manejo (Tabla 2).

Tabla 2. Identificación de especies usadas como población de estudio pertenecientes a la colección viva del Bioparque Monarca.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
Lepidoptera	Nymphalidae	*Anartia jatrophae*	En exhibición*
		Archaeoprepona demophon	En exhibición*
		Caligo atreus	En exhibición
		caligo brasiliensis	En exhibición*
		Caligo oedipus	En exhibición
		Colobura dirce	En exhibición*
		Danaus plexippus	En exhibición
		Dione Juno	En exhibición*
		Heliconius doris	En exhibición*
		Heliconius ismenius	En exhibición*
		Heraclides anchisiades	En exhibición*
		Morpho helenor peleides	En exhibición
		Siproeta stelenes	En exhibición*
	Pieridae	*Leptophobia aripa*	En exhibición
		Phoebis philea	En exhibición*
	Papilionidae	*Battus polydamas*	En exhibición*
		Papilio thoas	En exhibición*
Himenoptera	Formicidae	*Camponotus rufipes*	En exhibición
		Ectatomma ruidum	En exhibición
		Messor barbarus	En exhibición
		Odontomachus chelifer	En exhibición
		Odontomachus erythrocephalus	En exhibición
Araneae	Theraphosidae	*Brachypelma smithi*	Colección cerrada
		Brachypelma auratum	Colección cerrada
		Brachypelma boehmei	Colección cerrada
		Pamphobeteus fortis	Colección cerrada
		Pamphobeteus sp.	Colección cerrada
		Sericopelma sp.	Colección cerrada
		Vitalius sp.	Colección cerrada

Scorpiones	Hemiscorpiidae	*Opisthacanthus* sp.	Colección cerrada
	Buthidae	*Tityus* sp.	Colección cerrada
Blattodea	Blaberidae	*Gromphadorhina portentosa*	En exhibición/En laboratorio
		Blaptica dubia	Colección cerrada
	Blattidae	*Shelfordella tartara*	Colección cerrada

*Puede variar la exhibición según la temporada y disponibilidad de la especie.

4.3. Levantamiento de información primaria

En primer lugar, se llevó a cabo el reconocimiento y la observación sistemática de los terrarios y demás hábitats destinados a los artrópodos dentro del Bioparque Monarca. Esta actividad se realizó con el acompañamiento del personal responsable del área de cuidado animal, específicamente del grupo encargado del manejo de artrópodos. Durante esta etapa, se documentaron los métodos empleados para la alimentación, la limpieza y el mantenimiento general, con el propósito de identificar las prácticas de manejo implementadas. Posteriormente, se efectuó un seguimiento mediante observación directa de las reacciones comportamentales de los ejemplares ante dichas prácticas. De manera simultánea, se aplicaron entrevistas y se formularon preguntas al personal a cargo, orientadas a obtener información detallada sobre el comportamiento, el manejo y los procedimientos de seguimiento aplicados a los artrópodos en el contexto del Bioparque.

4.4. Búsqueda de información secundaria

Para elaborar el protocolo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva, utilizando bases de datos académicos como Sciencedirect®, ProQuest, Researchgate y Google Scholar. La búsqueda

se centró en temas clave según cada orden como manuales de manejo tarántulas, manejo de artrópodos bajo cuidado profesional, parámetros de estímulo para reproducción de cucarachas, el comportamiento de escorpiones en cautiverio entre otros, para optimizar los resultados, se emplearon operadores booleanos (AND, OR) además de enfocar la búsqueda a publicaciones realizadas en fechas posteriores al año 2008.

4.5. Diseño del protocolo

El diseño del protocolo se basó en un análisis de las características de cada especie y la investigación de su hábitat natural para crear ambientes simulados, teniendo en cuenta condiciones óptimas (temperatura, humedad, forrajeo, etc.) para supervivencia y reproducción, estas se registraron gracias al uso de unos termohigrómetros digitales (fig. 2).

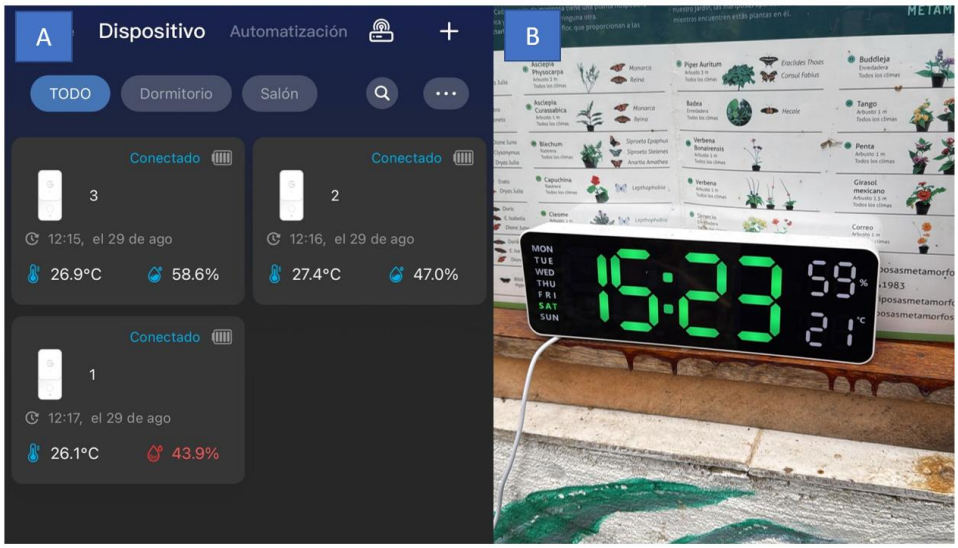

Figura 2. Termohigrómetros ubicados en las diferentes áreas de artrópodos del Bioparque Monarca. A. Termohigrómetro automatizado; B. Termohigrómetro digital.

Asimismo, se realizó la formulación de dietas específicas, el desarrollo de métodos de limpieza adaptados a cada terrario y la implementación de formatos de seguimiento para documentar todas

las actividades relacionadas con los artrópodos (fig. 3).

Figura 3. Formularios de seguimiento artrópodos.

Una vez recopilada la información a través del levantamiento de datos en campo y de la revisión bibliográfica especializada, se procedió a aplicar algunas de las técnicas documentadas, las cuales fueron seleccionadas en función de la etología y fisiología específica de los artrópodos presentes en el Bioparque Monarca.

Posteriormente, se implementaron ensayos experimentales con una duración aproximada de un mes, durante los cuales se observaron cuidadosamente las reacciones y comportamientos de los ejemplares frente a las condiciones propuestas. Estas pruebas permitieron evaluar aspectos clave como la preferencia alimenticia, la adaptación a nuevas dietas, los primeros signos de reproducción como la postura de huevos en especies de mariposas y cucarachas; la transición entre fases del ciclo de vida, especialmente en las etapas larvales y púpales de las mariposas.

Durante esta fase inicial, se documentó paso a paso cada actividad relacionada con el mantenimiento, la manipulación y la crianza de los artrópodos. Este registro detallado incluyó métodos de limpieza adaptados por especie, procedimientos seguros de alimentación, condiciones

ambientales necesarias (temperatura, humedad, ventilación) y observaciones conductuales.

4.6. Aprobación del protocolo

Los protocolos fueron sometidos a un proceso de revisión, corrección y aprobación por parte de los coordinadores del área de cuidado animal del Bioparque Monarca. Este proceso tuvo como finalidad verificar la pertinencia de los protocolos en relación con las necesidades, objetivos y actividades del Bioparque, así como garantizar su claridad y accesibilidad para el personal del área y los guías, razón por la cual, la participación de biólogos y expertos en el manejo de fauna fue fundamental para validar el contenido técnico y asegurar su adecuada implementación.

4.7. Validación de los protocolos

Se establecióo una estrategia metodológica integral de validación, esta combino herramientas cualitativas y cuantitativas, permitiendo evaluar los protocolos tanto desde una perspectiva técnica como operativa.

En primer lugar, se procedió al juicio de expertos, mediante la revisión técnica por parte de biólogos y profesionales especializados en el manejo de invertebrados. Esta instancia tuvo como propósito valorar la coherencia de los protocolos con los requerimientos etológicos y fisiológicos de las especies, así como identificar posibles ajustes necesarios para aumentar su eficacia. La experiencia de estos profesionales permitío validar la solidez conceptual y científica del contenido.

Posteriormente, se implementó una prueba piloto, consistente en la aplicación controlada de los protocolos dentro de los espacios destinados al cuidado de artrópodos. Durante esta fase, se observó indicadores claves como la respuesta comportamental de los ejemplares, la supervivencia, el éxito reproductivo y la adaptación a las rutinas de alimentación, limpieza y manipulación. Los datos obtenidos permitirán determinar la viabilidad operativa de las directrices establecidas.

Asimismo, se llevará a cabo un monitoreo sistemático de indicadores biológicos asociados al

bienestar de los ejemplares, tales como la frecuencia de mudas, el comportamiento alimenticio, la actividad locomotora y la presencia de signos de estrés o enfermedad. Este seguimiento permitirá valorar el impacto directo de la aplicación de los protocolos sobre la salud y el desarrollo de las especies en cuidado (fig. 4).

4.8.

Figura 4. Observación del estado de salud, comportamiento y adaptación. A. Manipulación de las colonias de hormigas; B. Observación muda de arácnidos.

5. Resultados

5.1. Protocolos

5.1.1. Protocolo del Orden Arachnida

Se desarrolló un protocolo técnico para el manejo, cuidado y mantenimiento de arácnidos para las especies *B. smithi, B. auratum, B. boehmei, P. fortis, Pamphobeteus* sp., *Sericopelma* sp. y *Vitalius* sp. El documento, disponible en el Anexo I, describe de manera detallada los procedimientos, materiales, metodologías de limpieza y pautas de mantenimiento requeridas para asegurar condiciones óptimas de bienestar animal y se encuentra organizado en apartados técnicos que facilitan su aplicación en

entornos de conservación y manejo especializado.

En primer lugar, la introducción presenta el marco conceptual del protocolo, justificando su importancia para el desarrollo y la función de los requerimientos etológicos y fisiológicos específicos de cada especie. Posteriormente, en el apartado de evaluación inicial, se definen los lineamientos para la inspección sistemática de cada ejemplar, considerando parámetros de salud, comportamiento y adecuación del hábitat; también se detallan los procedimientos de alimentación, considerando criterios de selección y administración de insectos como fuente alimenticia, así como la frecuencia de suministro.

Figura 5. Protocolo diseñado para el Orden aracnida y Qr para escanear documento completo.

Logros del protocolo

Gracias a la implementación del protocolo diseñado se logró que el 70% de las especies de arácnidos completaran exitosamente su proceso de muda. Los individuos presentaron todas sus extremidades intactas, lo cual constituye un indicador confiable de salud y bienestar, esto gracias

al establecimiento, seguimiento y control de las condiciones ambientales incluyendo parámetros como la dieta alimenticia, la humedad y la temperatura. Este resultado evidencia que las condiciones ambientales mantenidas fueron óptimas, en concordancia con los estándares recomendados por Punzo F. y Henderson (19).

5.1.2. Protocolo del Orden Blattodea

Se diseñó un protocolo específico para las especies *G. portentosa, B. dubia y S. tartara,* ubicado en el anexo II , el cual contiene la evaluación, alimentación y mantenimiento de las especies, con diferentes secciones que integran una evaluación inicial la cual contempla la identificación taxonómica precisa de las especies objeto de estudio, diferenciando aquellas destinadas a exhibición y a colecciones cerradas, también se describe la dieta adecuada basada en frutas, verduras, granos y fuentes proteicas de origen comercial, así como la frecuencia de alimentación diferenciada por estadio de desarrollo.

Respecto al mantenimiento, se establecieron las condiciones óptimas de hábitat y enriquecimiento ambiental para cada especie, considerando parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa, ventilación y disposición de refugios, se incluyen estrategias específicas para prevenir escapes, evitar infecciones por patógenos, y favorecer la reproducción y muda adecuada de los ejemplares.

Este protocolo proporciona una guía técnica que busca optimizar la cría y mantenimiento de cucarachas bajo condiciones controladas, sentando las bases para su utilización eficiente como

insumo nutricional o en actividades de conservación y educación ambiental.

Figura 6. Protocolo diseñado para el Orden *Blattodea* y Qr para escanear documento completo.

Logros del protocolo

El diseño e implementación del protocolo, permitió se observar un crecimiento exponencial en las poblaciones de cucarachas evaluadas. Cada especie inició con una población base de aproximadamente mil individuos, y durante un periodo de siete meses se evidenció un aumento sostenido en su número. Este resultado es especialmente significativo considerando que, paralelamente, se realizaba una extracción semanal de aproximadamente 20 individuos por especie para su uso como fuente de alimento de otros artropodos del bioparque. A pesar de esta extracción continua, las poblaciones no solo se mantuvieron estables, sino que mostraron una tendencia al alza, lo cual constituye un indicador positivo de éxito reproductivo y estabilidad poblacional bajo

las condiciones controladas establecidas por el protocolo.

5.1.3. Protocolo del Orden Formicidae

Se elaboraron e implementaron protocolos específicos para el manejo, alimentación y mantenimiento de colonias en condiciones controladas, las especies objetivo incluyeron *Camponotus rufipes*, *Camponotus atriceps*, *Camponotus lindigi*, *Odontomachus erythrocephalus*, *Ectatomma ruidum* y *Messor barbarus*. La identificación taxonómica inicial permitió clasificar a las especies según su comportamiento trófico, lo cual facilitó la definición de sus requerimientos nutricionales y ambientales.

Los protocolos de alimentación se diseñaron teniendo en cuenta la variabilidad ecológica de cada especie, dado que cada una tiene requerimientos en las dietas, estás se basaron en fuentes ricas en carbohidratos y fuentes complementarias de proteína, provenientes de semillas, insectos entre otros. Se establecieron frecuencias de alimentación diferenciadas y métodos específicos de preparación de alimentos, asegurando la bioseguridad y la optimización de la oferta nutricional.

Se definieron parámetros ambientales óptimos, incluyendo rangos de temperatura y humedad específicos para cada especie, también se adoptaron diseños de hormigueros adaptados a las necesidades etológicas, como estructuras de acrílico, yeso o sustratos naturales arenosos. Los procedimientos de limpieza y manejo sanitario incluyeron métodos, separación, desinfección de módulos y prevención de infestaciones de ácaros, críticos para la preservación de la salud de las colonias.

Logros de l protocolo

La implementación de los protocolos permitió evidenciar un incremento significativo en el crecimiento poblacional de las colonias, particularmente en *C. rufipes* y *C. lindigi*. En ambos casos,

fue necesaria la ampliación de los módulos de cría para evitar el estrés por hacinamiento y favorecer el desarrollo larval. El crecimiento observado se asoció directamente a una dieta rica en proteínas y carbohidratos, y a condiciones ambientales controladas, en concordancia con estudios previos que destacan la importancia de la nutrición equilibrada para la salud y reproducción en insectos sociales. El protocolo detallado lo puede encontrar en el anexo III.

Tabla 3. Cantidad de alimento proporcionada según especie.

Especie	Carbohidrato (ml)*	Proteína (g)
Camponotus rufipes	16	10
Camponotus atriceps	8	2
Odontomachus erythrocephalus	8	2
Messor barbarus	8	3
Ectatomma ruidum	6	3
Camponotus lindigi	6	2

Frecuencia de alimentación

La frecuencia de alimentación varía según la especie y las necesidades del hormiguero, por lo cual se debe estar atento a las necesidades de la colonia, se proporciona alimento a las diferentes colonias 2 o 3 veces a la semana según sea la necesidad.

Preparación del alimento

1. **Preparación de la Solución**
   - Seleccione el carbohidrato de su preferencia (agua azucarada, aguamiel o siropé).
   - Disuelva el carbohidrato en agua apta para consumo humano. Evite el uso de agua directamente del grifo, ya que el cloro presente en ella podría ser perjudicial para la colonia.
   - La solución del carbohidrato es esencial para reducir la viscosidad, facilitando así la movilidad de las hormigas.

11

Limpieza general

El mantenimiento de cada colonia de hormigas se realiza según las necesidades específicas de cada habitáculo, generalmente una vez al mes, con el objetivo de prevenir enfermedades y asegurar un ambiente saludable. Este proceso incluye varias etapas clave:

1. Cierre de entradas del hormiguero hacia el módulo exterior para proceder a separar los dos ambientes.
2. Separación de hormigas utilizando pinceles para realizar un barrido suave de aquellas que hayan quedado en el módulo exterior y de esa manera reincorporarse más adelante.
3. Se extrae todo el sustrato del hormiguero y se procede a limpiarlo a fondo con agua y jabón, para eliminar ácaros y hongos.
4. El secado es crucial en todos los componentes, ya que el uso de sustrato húmedo puede favorecer la aparición de ácaros, los cuales pueden ser perjudiciales para la salud de la colonia.
5. Finalmente, se incorporan las hormigas que habían quedado en el exterior y se conectan los hormigueros con el módulo exterior, proporcionando alimento nuevo para asegurar el bienestar de la colonia.

14

Figura 7. Protocolo diseñado para la familia *Formicidae* y Qr para escanear documento completo.

5.1.4. Protocolo del orden Lepidoptera (adultos)

Se implementaron protocolos especializados para el manejo, alimentación y mantenimiento de mariposas adultas en el Bioparque Monarca, enfocados en especies nativas y exóticas de las familias Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae. La identificación taxonómica de las especies permitió adaptar la dieta y las condiciones de mantenimiento a las necesidades específicas de cada taxón, los planes de alimentación incluyeron la provisión de frutas maduras, soluciones azucaradas y una amplia variedad de plantas nectaríferas, con rotaciones semanales y renovaciones diarias de alimento para garantizar fuentes continuas de carbohidratos y micronutrientes esenciales, registrando respuestas positiva en la longevidad de especies como *S. stelenes*, cuya expectativa de vida aumentó, asimismo, especies como *C. oedipus* y *D. plexippus* mostraron mejoras significativas

en su supervivencia y tasa de oviposición.

El manejo del hábitat incluyó el control riguroso de parámetros ambientales, además, se optimizó el enriquecimiento ambiental mediante la disposición de elementos naturales como troncos, charcos salinos y plantas hospederas estratégicas, lo cual favoreció comportamientos naturales de alimentación y reproducción.

Logros del protocolo

Se evidenció un incremento notable en la tasa de reproducción, especialmente en *D. plexippus, L. aripa* y *D. juno*, asociado a la mejora en la calidad y disponibilidad de las plantas hospederas, en concordancia con estudios previos que destacan la importancia de las condiciones ambientales y la dieta en la reproducción de lepidópteros.

Los datos comparativos de longevidad y tasa de oviposición antes y después de la implementación de los protocolos confirmaron la efectividad de las estrategias aplicadas, consolidando un modelo replicable para la conservación de mariposas en entornos controlados,

puede verse con mayor detalle en el anexo IV.

Figura 8. Protocolo diseñado para el Orden lepidoptera y Qr para escanear documento completo.

5.1.5. Protocolo orden Lepidoptera (primeras etapas)

Se implementaron protocolos específicos para la cría, alimentación y mantenimiento de orugas de *D. plexippus, L. aripa y D. juno,* este incluye una evaluación inicial que permitió identificar la duración de los estadios larvales bajo condiciones controladas, observándose variaciones con respecto a datos teóricos, atribuidas a factores ambientales locales como temperatura, humedad y altitud.

Los protocolos de alimentación se basaron en la provisión continua de plantas hospederas específicas tales como *Asclepias curassavica* para *D. plexippus*, *Brassica oleracea* y *Tropaeolum majus* para *L. aripa*, y *Passiflora edulis* para *D. juno*. Se establecieron métodos estandarizados de preparación de esquejes y frecuencia de reemplazo alimenticio, asegurando la disponibilidad constante de hojas

frescas para un óptimo desarrollo larval.

Para el mantenimiento, se utilizaron puparios adaptados que garantizan una ventilación adecuada y facilitan el acceso a los alimentos, manteniendo las condiciones ambientales optimas, además de establecer un proceso de limpieza lo cual fue fundamental para minimizar riesgos de mortalidad.

La documentación sistemática mediante formatos de seguimiento permitió correlacionar la evolución de los ciclos de vida con las condiciones de cría. Se observó que variaciones ambientales, en la temperatura y niveles de humedad en el Bioparque Monarca, afectaron la duración del estadio de oruga, prolongándolo en comparación con registros bajo condiciones óptimas reportadas en literatura.

Estos resultados evidencian la necesidad de ajustes específicos en los protocolos de cría para cada especie de lepidóptero en función de las condiciones ambientales locales, y resaltan la importancia de un manejo adaptativo para optimizar la conservación y reproducción de mariposas en Bioparques. El documento completo se encuentra en el anexo V.

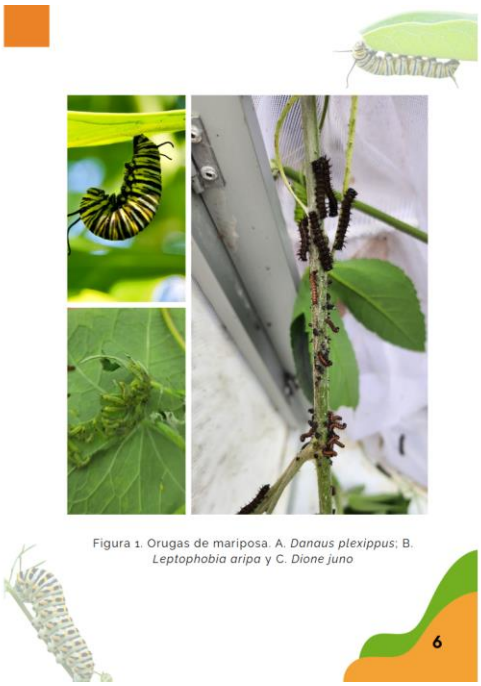

Figura 9. Protocolo diseñado para el Orden lepidoptera en el estadio de larva y

Qr para escanear documento completo.

Logros del protocolo

Como resultado del diseño, aplicación y seguimiento de los protocolos para el manejo de los primeros estadios de desarrollo en mariposas, fue posible registrar con precisión los tiempos de duración de las fases larvales y pupales de varias especies. Al comparar estos datos con lo reportado en la literatura científica, se identificaron variaciones significativas en las condiciones del Bioparque Monarca.

En el caso de Dione juno, se determinó que el estado de pupa tiene una duración de entre 15 y 20 días dentro del Bioparque, mientras que la literatura reporta un rango promedio de 7 a 9 días. Para Danaus plexippus, cuya duración pupal según Cuéllar (26) oscila entre 9 y 14 días, se evidenció un incremento a un rango de 11 a 18 días bajo las condiciones locales del parque.

Estas diferencias se atribuyen principalmente a los ajustes realizados en temperatura, control de humedad relativa y disponibilidad alimenticia, variables que fueron reguladas de manera intencional durante el desarrollo del proyecto. La implementación de estos controles permitió observar una continuidad en el ciclo vital de las especies, con la emergencia constante de nuevas orugas y un porcentaje de éxito en la llegada a la etapa adulta superior al 70%.

Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Pérez y colaboradores (13), quienes demostraron que las condiciones ambientales juegan un papel determinante en el éxito reproductivo y en la duración de cada estadio del ciclo de vida en lepidópteros criados en ambientes controlados. Por tanto, se confirma la importancia de adaptar las condiciones de manejo a las características locales

para optimizar los procesos de cría y conservación ex situ.

5.2 Validación de los protocolos

La validación de los protocolos para el manejo, cuidado y mantenimiento de artrópodos se llevó a cabo mediante un proceso participativo que involucró al equipo técnico del Bioparque Monarca, en especial a los coordinadores del área de cuidado animal y a profesionales con experiencia en el manejo de invertebrados, esto para garantizar la pertinencia, aplicabilidad y coherencia técnica de los procedimientos propuestos en relación con las condiciones reales del Bioparque (fig. 10).

Figura 10. Socialización de los protocolos con el personal encargado de los artrópodos en el Bioparque Monarca

La validación se llevó a cabo en tres fases consecutivas que permitieron garantizar la solidez y aplicabilidad de los protocolos. En primer lugar, se realizó una revisión técnica, en la cual los protocolos fueron analizados por un grupo de expertos con el objetivo de verificar la adecuación de los parámetros establecidos. Esta etapa puso especial atención en componentes clave como la temperatura, la humedad, la alimentación, la limpieza y el monitoreo, asegurando que cada uno respondiera adecuadamente a los requerimientos fisiológicos y etológicos de las especies

involucradas.

Posteriormente, se dio paso a la prueba operativa, fase en la que los protocolos fueron implementados dentro de un entorno controlado (fig. 11). Durante este periodo, se evaluó su viabilidad y eficacia a través de la observación directa, el uso de registros sistemáticos y la recopilación de retroalimentación por parte del personal encargado. Este ejercicio permitió identificar tanto los aciertos como las posibles áreas de mejora en la aplicación práctica de los procedimientos.

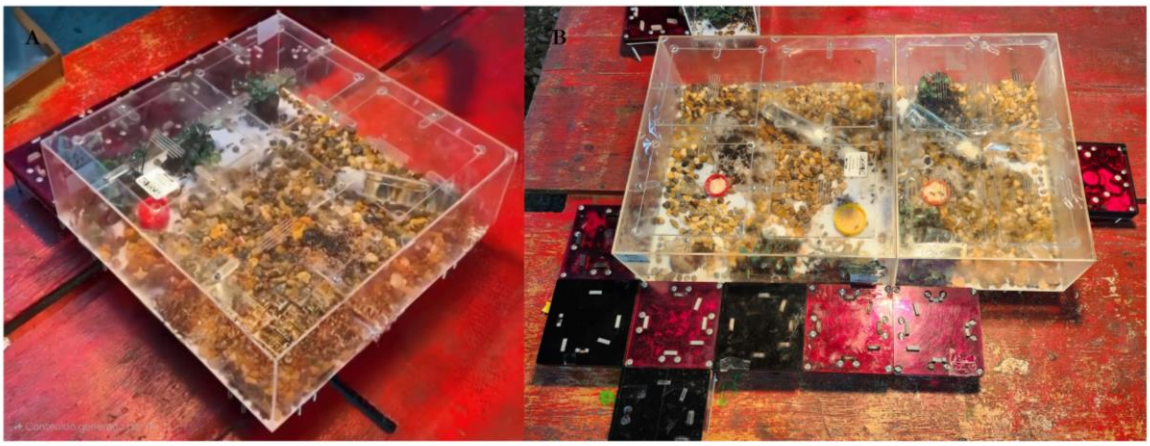

Figura 11. Adaptaciones y mejoras en el terrario de C. rufipes. A. Terrario antes de la implementación de los protocolos y condiciones necesarias; B. Terrario luego del establecimiento y aplicación de los protocolos para la familia formicidae.

Finalmente, se llevaron a cabo los ajustes finales, una etapa orientada a perfeccionar los protocolos en función de los resultados obtenidos en la fase anterior. Las modificaciones realizadas se basaron en la evidencia recogida y en las recomendaciones emitidas por los profesionales responsables del área, lo que permitió consolidar un conjunto de lineamientos técnicos sólidos y

adaptados a las necesidades reales de implementación.

5.3 Creación de un cronograma anual

Se elaboró un cronograma anual detallado de las actividades relacionadas con el manejo de los artrópodos. Este cronograma incluye las fechas específicas para la alimentación y limpieza de cada orden de artrópodos, con el objetivo de asegurar su bienestar y mantener en óptimas condiciones los espacios destinados a su exhibición y cuidado. A través de esta planificación, se busca establecer un control eficiente de las tareas diarias y garantizar la correcta atención a cada grupo de especies, facilitando la organización y el seguimiento de las labores a lo largo del año, se puede detallar en el anexo VI

5.4 Aprobación de los protocolos

Los protocolos validados fueron aprobados para su aplicación regular dentro del Bioparque y se establecieron mecanismos de seguimiento y actualización periódica, con el fin de asegurar su mejora continua en función de los cambios ambientales, el comportamiento observado en las especies y el avance del conocimiento técnico en el área. El documento soporte puede verse en el anexo VII.

6. Recomendaciones

Con base en la experiencia obtenida durante el desarrollo de esta pasantía, se sugiere abrir mayores espacios de investigación dentro del Bioparque, enfocados en grupos más específicos de artrópodos. Esta especialización permitiría optimizar los esfuerzos de manejo, generar datos más consistentes de los cuales obtener resultados más precisos que contribuyan al aprendizaje de procesos biológicos y ecológico de las especies bajo cuidado.

Estos avances no solo fortalecerían los programas de conservación ex situ del Bioparque, sino

que también aportarían al conocimiento científico general sobre la biología de artrópodos, sentando bases sólidas para su preservación a largo plazo. Asimismo, disponer de información más robusta permitirá al Bioparque Monarca posicionarse como un referente en buenas prácticas de conservación de artrópodos, contribuyendo al establecimiento de estrategias replicables en otros centros de conservación.

Finalmente, se recomienda la integración de estos procesos investigativos en programas educativos del Bioparque, promoviendo la sensibilización de los visitantes sobre la importancia ecológica de los artrópodos y fortaleciendo su rol en la conservación de la biodiversidad.

7. Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios, quien siempre me acompaña en cada proceso, me da su respaldo, me concede inteligencia para cada una de las actividades que vaya a realizar, además por quitar los miedos que tenía y ser mi fortaleza cada día.

A Bioparque Monarca por permitirme desarrollar este trabajo tan hermoso que quedara por siempre en mi corazón, el cual no solo fue un lugar si no también una gran familia que me recibió.

A Simón Dueñas, Alejandra Dueñas y Fernando Dueñas, quienes me brindaron sus conocimientos y amor por estos animales.

A mi directora de Clara Santafé Millan y el profe Edgar Palacios por su asesoría y acompañamiento en el proceso.

Nico Molina por ayudarme con las tarántulas cuando ni siquiera podía verlas de los nervios que me causaban y enseñarme a quererlas.

A Federico Maldonado por brindarme su conocimiento, paciencia y apoyo para este trabajo.

Finalmente, al Programa de Biología de la Universidad El Bosque, por permitirme desarrollar

este proyecto.

8. Referencias

1. Giribet G, Edgecombe GD. The phylogeny and evolutionary history of arthropods. Curr Biol [Internet]. 2019;29(12):R592–602. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982219304865
2. OSUNA, Eduardo. Morfología del exoesqueleto de los insectos. CDCH UCV, 1995.
3. Rendón Pinkus MÁ. El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable [Internet]. Peninsula; 2010. Disponible en:https://www.scielo.org.mx/pdf/peni/v5n2/v5n2a4.pdf
4. Brusca RC, Brusca GJ. Invertebrates. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2003 -Sanders, Dirk; Van Veen, FJ Frank. Ecosystem engineering and predation: The multi-trophic impact of two ant species. Journal of Animal Ecology, 2011, vol. 80, no 3, p. 569-576.
5. Bertani R. Diversity and natural history of tarantulas: advances in understanding theraphosid spiders. J Arachnol. 2001;29(1):76-81.
6. Samuels R, Hill DE. Environmental factors affecting the husbandry of tarantulas and scorpions. Zoo Biol. 2006;25(3):253-266.
7. Chapman RF, Joern A. Biology of Grasshoppers. New York: John Wiley & Sons; 1990.
8. Bell WJ, Adiyodi KG. The American Cockroach. London: Chapman and Hall; 1981.
9. González Labrador Ignacio. Partes componentes y elaboración del protocolo de investigación y del trabajo de terminación de la residencia. Rev Cubana Med Gen Integr [Internet]. 2010 Jun. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252010000200018&lng=es.
10. Cooper JE. Care and Use of Invertebrates in Research and Education. Cambridge: CAB International; 2001.
11. Bioparque Monarca. Tenjo / Cundinamarca [Internet]. Bioparque Monarca. 2021. Available from: https://BioparqueMonarca.com/
12. Simonetti, Janet Alfonso; Brito, Yaril Matienzo. Las hormigas; 2012.
13. Pérez, A., Moreno-Elcure, F., Sánchez, J., Arias-Penna, D. C., & Sarmiento-Monroy, C. E. (2012). Registro de k sp. grupo Immaculata (hymenoptera: Chalcididae) parasitando *Leptophobia aripa* (lepidoptera: Pieridae) en brassica oleracea var. italica. Entomotropica, 27(2).

https://doi.org/10.1016/0168- 9452(94)90025-6.

14. García-Barros E, Munguira ML, Martín J, Romo H, García-Pérez J. Biology and conservation of European butterflies. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA); 2010. p. 45-60.

15. Monarch Butterfly Biology. Monarch Butterfly Project, Texas A&M University. Disponible en: https://monarchbutterfly.entomology.tamu.edu/home/why-you-should-care/

16. Haan NL, Landis DA. Butterfly reproduction and survival influenced by host plant management in conservation habitats. *Ecological Applications*. 2020;30(1)

17. Fischer K, Fiedler K. Resource allocation in butterflies: effects of stress and abundance of host plants. *Oecologia*. 2001;128(4):633-42Disponible en: https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eap.2089

18. Sandidge JS, Hackney EA. Environmental factors influencing molting and growth in tarantulas (*Theraphosidae*): Implications for captive care. *Journal of Arachnology*. 2001;29(3):317-23.

19. Punzo F, Henderson LA. The effects of temperature and relative humidity on growth and molting in tarantulas. *Zoological Studies*. 1999;38(4):423-8.

20. Blüthgen, Nico, and Heike Feldhaar, 'Chapter 7 Food and Shelter: How Resources Influence Ant Ecology', in Lori Lach, Catherine Parr, and Kirsti Abbott (eds), *Ant Ecology* (Oxford, 2009; online edn, Oxford Academic, 1 Feb. 2010), https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199544639.003.0007, accessed 19 Nov. 2024

21. Ken R. Helms, S. Bradleigh Vinson, Plant Resources and Colony Growth in an Invasive Ant: The Importance of Honeydew-Producing Hemiptera in Carbohydrate Transfer Across Trophic Levels, *Environmental Entomology*, Volume 37, Issue 2, 1 April 2008, Pages 487–493, https://doi.org/10.1093/ee/37.2.487

22. González, V. E., Gómez, L. A., & Mesa, M. C. Observaciones sobre la biologia y comportamiento del acaro *Macrodinychus sellnicki* (Mesostigmata: Uropodidae) ectoparasitoide de la hormiga loca *Paratrechina fulva* (Hymeaoptera: Formicidae) 1. *Revista Colombiana de Entomología*, *30*(2), 143-149.

23. Rojas, P. El papel de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la dinámica edáfica, en: Álvarez Sánchez, J., y E. Naranjo García (eds.), Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, Instituto de Biología y Facultad de

24. Benton MJ. Patterns in palaeontology: How and why did the arthropod shed its skin? Moulting

in living and fossil arthropods. *Palaeontology Online*. 2023. Disponible en: https://www.palaeontologyonline.com:contentReference[oaicite:0]{index=0}

25. Walvoord ME. Ecological and physiological adaptations of desert scorpions to fluctuating environments. *Journal of Invertebrate Biology*. 2002;69(2):211-24.

26. Cuellar Tavera DA, Parada Venera SF. Diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica basada en el ciclo de vida de la mariposa monarca (danaus plexippus) como estrategia para la aplicación del conocimiento científico por parte de los estudiantes de grado 7 de la institución educativa Rufino sur. 2019.