

Egagrópilas como fuente de pruebas en una indagación. Percepciones de los estudiantes sobre lo que aprenden y sienten

M. Rut Jiménez-Liso

*Grupo Sensociencia. CEIMAR-Universidad de Almería. Almería. España. mrjimene@ual.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2175-1650>*

Helena Gómez-Macario

*Grupo Sensociencia. CEIMAR-Universidad de Almería. Almería. España. helena.macgom@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0906-234X>*

María Martínez-Chico

*Grupo Sensociencia. CEIMAR-Universidad de Almería. Almería. España. mmartinez@ual.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6219-7107>*

Anna Garrido-Espeja

*CRECIM. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. agarridoespeja@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1486-8850>*

Rafael López-Gay

*Grupo Sensociencia. CEIMAR-Universidad de Almería. Almería. España. rlucio@ual.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4012-4986>*

[Recibido: 21 Junio 2019. Revisado: 28 Septiembre 2019. Aceptado: 2 Octubre 2019]

Resumen: Las egagrópilas de rapaces se suelen utilizar en el aula para enseñar a los estudiantes a diseccionarlas y clasificar su contenido (huesos, pelos, plumas, etc.). En este artículo proponemos la transformación de esa secuencia en una práctica científica auténtica de indagación, donde el núcleo central de la secuencia sea plantear un problema auténtico (disminución de las rapaces en Doñana y cambios en su alimentación), el uso de las egagrópilas y la información que obtienen de ellas los/as científicos/as como pruebas para poder sacar conclusiones. El diseño de la secuencia nos ha permitido plantear la reflexión sobre los elementos imprescindibles para que una secuencia sea considerada de prácticas científicas de indagación. Su implementación y posterior evaluación en términos de percepciones de los estudiantes sobre lo que aprenden y sienten, muestra que los estudiantes perciben que la secuencia está contextualizada, también que su mayor aprendizaje guarda relación con la utilidad de las egagrópilas y, además, señalan interés y concentración como las principales emociones asociadas a la secuencia. Con estos resultados podemos concluir que emociona aprender contenidos biológicos por indagación y que, tanto docentes como alumnado, debemos ser conscientes de esas emociones para que no pasen desapercibidas.

Palabras clave: Egagrópilas, Indagación, Modelización, Secuencia de actividades, Emociones, Percepciones de los estudiantes.

Raptor pellets as evidence in an inquiry-based teaching. Students' perceptions on what they have learnt and felt

Abstract: In this paper we try to make the best use of raptor pellets in science education, which are usually used in the classroom to teach students to dissect and classify their content (bones, hairs, feathers, etc.), through the design of an Inquiry-based instructional sequence. By using an authentic problem (disappearance of the Iberian imperial eagle of Doñana National Parkland and changes in their diet) and promoting the search of evidence to build explanations, students learn scientific contents about trophic networks and knowledge about how the scientific practices are. The evaluation of the sequence after implementing it with Secondary School students, in terms of students perceptions about their learnings and emotions felt, shows that it has had an influence on them, since they: perceive that the sequence is contextualized in a real problem, they express the greater learning

obtained with the sequence as the utility of the raptor pellets as evidence for scientists to draw conclusions, and they recognize having mainly felt interest and concentration as the most remarkable emotions associated with the sequence. In conclusion, it is exciting to learn biological contents by inquiry. Teachers and students must be aware of these emotions so that they do not go unnoticed.

Keywords: Eagles' pellet; Inquiry; Modelling; Sequence of activities; Emotions; Inquiry based science education, Students' perceptions.

Para citar este artículo: Jiménez-Liso, M. R., Gómez-Macario H., Martínez-Chico M., Garrido-Espeja A. y López-Gay R. (2020) Egagrópilas como fuente de pruebas en una indagación. Percepciones de los estudiantes sobre lo que aprenden y sienten. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17(1), 1203. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1203

Introducción

Muchas especies de aves regurgitan un bolo que contiene los restos de sus presas que no han sido digeridos, y que suelen incluir exoesqueletos de artrópodos, huesos, dientes, pelos, etc. En ecología, estos restos, llamados egagrópilas, son utilizados para analizar la dieta de las aves, realizar inventarios de pequeños mamíferos y conocer las alteraciones que se producen (González y Oria 2004) y su análisis en el aula de ciencias se pueden convertir en una excelente oportunidad para realizar prácticas científicas en el aula sobre redes tróficas. En este sentido, Kelly (2012) y Lederman (2018) critican que las propuestas de enseñanza se ciñan a diseccionarlas, a observar su contenido (huesos, pelos, etc.) y a clasificarlo. En concreto Kelly (2012, p. 536) señala que la mera disección de egagrópilas de lechuzas (y otras rapaces) *no está claro que ofrezca muchas oportunidades para que los estudiantes participen en prácticas científicas*, más allá de promover su interés hacia la ciencia. Lederman (2018, p. 17) describe una actividad (Mystery Bones) sobre egagrópilas que *involucra claramente a los estudiantes en las prácticas de la ciencia, ideas centrales disciplinarias y conceptos transversales de una manera auténtica y significativa*, pero que generalmente *es una oportunidad perdida* para reflexionar sobre las prácticas científicas.

Tanto Kelly como Lederman se centran en una parte de la indagación que es poco compleja a nivel cognitivo, poco profunda y no es indispensable: observar, medir, clasificar, etc. Al centrarse en estos aspectos “manipulativos”, las prácticas científicas de indagación quedan reducidas a la ejecución de alguna de las fases del cuestionado y superado “método científico”: observación, teoría, hipótesis, experimentación... y estas destrezas no desarrollan explícitamente los procesos epistémicos de la ciencia (Jiménez-Aleixandre 2012).

En este artículo analizaremos las causas de esta visión reduccionista sobre la indagación, haciendo una propuesta para superarlas, enfatizando en las prácticas epistémicas indispensables en la indagación: que el alumnado responda a preguntas que les “enganchen”¹, que busque las pruebas (no datos) necesarias para dar respuesta a las preguntas y generar así conocimiento descriptivo, y que tenga la necesidad de construir modelos generales más allá de las explicaciones particulares, realizando así prácticas científicas auténticas.

Este trabajo se centra en el desarrollo de una secuencia didáctica alternativa a la mera disección de egagrópilas, con la intención de convertir una disección de las egagrópilas en una práctica “auténtica” de indagación, aprovechando su potencial, y trabajar con el alumnado la diferencia entre datos (disección de egagrópilas) y la obtención de pruebas (propuesta de los diseños experimentales o los datos precisos para contrastar las ideas expresadas e interpretación de esos datos a la luz del conocimiento disponible) necesarias para resolver un

¹ Los términos en inglés *students' engagement*, tiene una traducción poco utilizada en castellano: involucramiento o compromiso o, de manera, más genérica, motivación. A riesgo de hacer traducciones más laxas, nos gusta identificarlo con el término “enganchados/as” que es más acorde con la terminología docente y que además nos parece que alude a un aspecto del *engagement* muy significativo.

problema auténtico: las causas de la disminución de las águilas imperiales en el entorno de Doñana.

La secuencia que mostraremos es de corta duración (2-3 horas, que denominamos *sensopíldoras*) porque han sido diseñadas para mostrar a los docentes que la indagación no requiere de mucho tiempo y para que su estructura sea reconocible para docentes y alumnado (Jiménez-Liso, Avraamidou, Martínez-Chico y López-Gay 2019). Sabemos que las secuencias de corta duración, tal y como señalan Aguilera y Perales-Palacios (2018), tienen el riesgo de tener un efecto muy bajo en la actitud de los estudiantes hacia la ciencia siendo las intervenciones más continuadas (por encima de nueve semanas) las que consiguen un tamaño del efecto mayor en esta variable. Por ello, en este artículo hemos querido analizar el efecto de nuestra *sensopíldora* de corta duración según la auto-percepción de los estudiantes sobre lo que aprenden y lo que sienten.

Objetivos

La extensa bibliografía sobre propuestas de indagación (Aguilera Morales *et al.* 2018; Pedaste *et al.* 2015; Romero-Ariza 2017) destacan la diversidad de trabajos que se pueden englobar bajo la misma denominación de *propuestas de indagación*, que no se parecen entre sí y que no comparten las características de un enfoque de enseñanza común, lo que nos hace plantearnos:

- Identificar las posibles causas de la polisemia atribuida a las prácticas de indagación y clarificar los elementos indispensables para que una secuencia pueda ser considerada bajo el enfoque de enseñanza por indagación.

Una vez aclarado el enfoque y sus elementos indispensables nos planteamos ¿cómo convertir una práctica de laboratorio manipulativa, por ejemplo la disección de egagrópilas, en prácticas científicas de indagación con modelos?

- Diseñar una secuencia corta de indagación utilizando egagrópilas y centrando la atención en los elementos indispensables de la práctica científica.

Aguilera Morales *et al.* (2018) reclaman más estudios empíricos que evalúen la efectividad de las propuestas didácticas con un enfoque de enseñanza por indagación. Asumiendo este reto nos proponemos:

- Evaluar la implementación a partir de la auto-percepción del alumnado participante de su aprendizaje y de las emociones asociadas a la secuencia de indagación propuesta con egagrópilas.

“Observar-medir-clasificar”, insuficientes para la práctica científica de indagación

La multitud de definiciones de indagación (Pedaste *et al.* 2015) la convierte en un *cajón de sastre* y en un término de moda donde caben desde actividades exclusivamente manipulativas hasta otras propuestas más próximas a la modelización. En ellas se suele identificar indagación exclusivamente con:

- *Plantear cuestiones abordables por la ciencia* (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre 2012, p.14).
- *Planificar y poner en práctica investigaciones* (NGSS 2013).
- *Recogida de datos* (Wilhelm y Beishuizen 2003) o *búsqueda de información en la web* (Zhang y Quintana 2012)

- *El desarrollo de destrezas manipulativas como observar, medir, usar instrumentos, como telescopios, campos magnéticos* (Barman, Stein, Mcnair, y Barman 2006).

En las dos primeras identificaciones subyace la idea de indagación como “indagación autónoma”, sin considerar que hay progresiones o variaciones de indagaciones más cerradas a más abiertas o que el exceso de autonomía solo conlleva dificultades añadidas y escasa efectividad (Aguilera Morales *et al.* 2018; Ferrés Gurt 2017; Romero-Ariza 2017). Esta identificación no tiene en cuenta que los docentes pueden plantear actividades que guíen el proceso enseñanza-aprendizaje incluyendo una pregunta que “enganche”, que puede aportar uno o varios diseños para que sean evaluados en función de su conveniencia, sin que por ello deje de ser una buena práctica de indagación.

La tercera y cuarta identificaciones constituyen el origen del excesivo énfasis de las indagaciones en el empirismo. Pueden provenir de la sinonimia entre datos y pruebas, sin tener en cuenta la *función que tienen cada uno* (Jiménez-Aleixandre 2010a, p. 72); y la función de las pruebas es la de aceptar o rechazar una hipótesis para apoyar una conclusión, *mientras que los datos per se no conducen a ninguna comprobación ni conclusión* (Jiménez-Aleixandre 2010a, p. 74) y de la identificación de pruebas con pruebas empíricas u obtenidas *ad hoc*, sin tener cuenta que muchas pruebas se consiguen a partir de la coherencia de resultados o de la validez de los modelos científicos.

Con todo lo anterior, ¿qué elementos son indispensables para considerar que una secuencia sigue un enfoque de enseñanza por indagación? Queremos enfatizar que el eje central de la indagación debe ser la búsqueda de pruebas (no de datos) y la expresión y discusión de ideas personales para construir conocimiento descriptivo y explicativo-predictivo (o modelos científicos):

Expresión y discusión de ideas personales

El alumnado se enfrenta con preguntas y problemas relacionados con fenómenos del mundo natural o tecnológico que favorecen la expresión y discusión de ideas personales, y cuya respuesta puede ser contrastada. Cuando los alumnos se ven obligados a comunicar y defender sus ideas se produce una toma de conciencia de sus propias explicaciones del mundo, además de funcionar como un primer paso hacia la autorregulación del aprendizaje que permitirá ir reconstruyendo esas ideas a lo largo del proceso. Para favorecer en el aula ambientes de aprendizaje es preciso contextualizar los contenidos a trabajar (Moraga, Espinet, y Merino 2019) en *problemas auténticos*, cuya respuesta no sea obvia, implique una situación interesante para el alumnado y cuyo proceso de resolución tenga tanta importancia como la respuesta final. Algunos ejemplos de preguntas inadecuadas, por ser obvias, no enganchar y no promover la construcción del conocimiento, serán: *¿Crees que las rapaces se alimentan de más de un tipo de presa?* o *¿Cómo podemos diseccionar una egagrópila?* En cambio, consideramos que una pregunta adecuada para un proceso de indagación será: *¿qué causas crees tú que pudieron ser las responsables de la disminución de estas rapaces en Doñana?*

Apoyar en pruebas las conclusiones obtenidas

Fruto de la discusión inicial aparecen distintas respuestas sobre el fenómeno que no necesariamente son coincidentes. El criterio para decidir qué respuestas son más adecuadas no es el argumento de autoridad sino las pruebas. Por ello, un elemento característico de la enseñanza por indagación es la búsqueda de pruebas a partir de datos para establecer la validez de sus afirmaciones: diseñar experiencias, obtener datos, analizar los datos para transformarlos en pruebas, obtener conclusiones y comunicarlas, etc.

Desde nuestro punto de vista, podemos decir que cuando los estudiantes realizan ambos elementos (expresión y discusión de ideas personales, apoyarse en pruebas) están realizando

una práctica científica de indagación. Si, además, las hipótesis y conclusiones permiten expresar, utilizar y/o evaluar un modelo científico, decimos que esa práctica de indagación va acompañada de una práctica de modelización (Schwarz y Gwekwerere 2007) centrándose en la construcción de ideas más generales, explicaciones sobre el mundo que van más allá de lo que percibimos, del conocimiento descriptivo.

En este trabajo proponemos una secuencia de actividades que promueve la práctica de indagación con ciertos aspectos de modelización, donde construir un conocimiento explicativo que va más allá del fenómeno concreto (egagrópilas) y que, al ser de corta duración, es humilde en cuanto al contenido aprender: relaciones en una red trófica y factores que afectan a alteraciones en el ecosistema.

¿Qué necesitamos aprender? Relaciones tróficas

La adecuada comprensión del funcionamiento de las redes y relaciones tróficas en los ecosistemas es fundamental para poder comprender problemas ambientales complejos: gestión de la población, efectos de la contaminación, del calentamiento global en la biodiversidad, etc. (Gotwals y Songer 2010). En relación con este tema son numerosas las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la transferencia de energía, el ciclo de materia y las interrelaciones en los ecosistemas (Leach, Driver, Scott, y Wood-Robinson 1996). *Grosso modo*, los estudiantes tienen dificultades sobre el carácter sistémico de los ecosistemas, por lo que suelen representar las redes tróficas como secuencias lineales (cadenas), basándose en una relación de causa-efecto para interpretar las relaciones entre predadores y presas (White 2000). Esta relación suele establecerse en un solo sentido y de manera directa o, a lo sumo, se consideran lineales bidireccionales o piramidales (Hogan 2000; Leach *et al.* 1996). En cuanto a las perturbaciones de las redes tróficas, Hogan (2000) encontró que los estudiantes describían efectos unidireccionales hacia abajo, por ejemplo, relacionaban el hecho de que las poblaciones de presas aumentaran con el que los depredadores disminuyeran, lo que genera dificultades para explicar las relaciones no directas depredador-presa. Esta visión simplista de los ecosistemas refuerza la idea de que, si un organismo en una cadena trófica dejara de existir, todos los organismos que ascienden de ese organismo serán eliminados y que las poblaciones por debajo de ese organismo aumenten. Esta es la principal idea que pretende poner en conflicto nuestra secuencia de actividades.

Aprender ciencia emocional

Las emociones en clases de ciencias de secundaria condicionan las carreras a elegir y la proximidad o lejanía a titulaciones de ciencias de la vida y del espacio para chicas y chicos respectivamente (Brígido, Couso, Gutiérrez, y Mellado 2013). Lejos de asumir la visión psicológica de emociones positivas o negativas (Bellocchi 2015) hay que ser conscientes de que *hacer ciencia emocional* (Izquierdo 2013) y que produce emociones diversas: sorpresa, satisfacción, aburrimiento, rechazo, frustración, inseguridad, confianza, vergüenza (Costillo, Borrego, Borrachero, Brígido, y Mellado 2013).

Con el objeto de no separar los aspectos cognitivos de la enseñanza de las emociones hay que tomar conciencia de ambos, tanto de los cognitivos (comprensión de los sentimientos propios y ajenos) como los afectivos. Para ello, hemos incluido una actividad concreta en la que los estudiantes reflexionen sobre lo que han aprendido y sentido y permitir su conexión entre el aprendizaje de la ciencia por indagación y las emociones que produce.

Micro-secuencia didáctica de indagación con egagrópilas como pruebas

En esta sección mostramos la propuesta de secuencia de actividades (tabla 1), cuya finalidad principal es transformar una típica secuencia de clasificación de egagrópilas, en una secuencia de indagación donde la expresión de ideas y la búsqueda de pruebas son el eje central y donde se incide en unos contenidos científicos conceptuales y/o procedimentales (el funcionamiento de las redes y relaciones tróficas). Esta secuencia puede considerarse un resultado en sí mismo como parte de una investigación de diseño fundamentada en las ideas sobre qué necesitamos aprender, en el trabajo cooperativo de docentes universitarios de Didáctica de las Ciencias Experimentales y docentes de ciencias de secundaria, con un diseño inicial de la secuencia pilotada con alumnado de secundaria en el curso 17/18 y re-construida y modificada en el curso 18/19.

Tabla 1. Secuencia de actividades y comentarios.

Actividades	Enfoque indagación y objetivo	Comentarios del alumnado participante
A1. En 1973, los/as investigadores españoles se pusieron en alerta debido al gran descenso de la población de águilas imperiales ibéricas en las Reserva Biológica de Doñana. ¿Qué causas crees tú que pudieron ser las responsables de la disminución de estas rapaces en Doñana?	Pregunta que “engancha”. Contexto cercano y atractivo. <i>Promover la expresión de ideas.</i>	<i>Por falta de comida</i> <i>Por estar fuera de su hábitat</i> <i>Por cuestiones climatológicas</i> <i>Por la contaminación</i> <i>Por el aumento de la población de depredadores del águila (buitre), sin roedores que cazar (presas)</i>
A2. La falta de alimento, el envenenamiento o la alimentación en vertederos cercanos pueden ser tres de las causas, ¿cómo crees que pudieron averiguar cual es la principal causa de que desaparecieron? ¿Cómo lo averiguarías tú? ¿Qué información necesitarías para poder comprobar tu hipótesis?	Formulación de posibles diseños experimentales para la búsqueda de pruebas que permitan contrastar explicaciones <i>Resaltar la diferencia entre pruebas y datos empíricos</i>	<i>Observando Investigando vertederos de la zona</i> <i>Me iría allí y estudiaría las aves y la cantidad de alimento que hay, si antes comían ratones, la cantidad de ratones que hay</i> <i>Ver el tipo de alimento que tomaron por última vez (autopsia)</i> <i>Análisis de los excrementos</i>
A3. Contamos con información acerca de las poblaciones de conejos (una de las principales fuentes de alimento del águila) en la época en que se produjo la drástica disminución en el número de águilas. Según la enciclopedia virtual de los vertebrados españoles (Gálvez Bravo y Salvador Milla 2017): “Desde los años 50 del siglo XX la tendencia poblacional del conejo en la Península Ibérica es de declive, principalmente a causa de dos enfermedades víricas: la mixomatosis y la enfermedad vírica hemorrágica del conejo”. ¿Qué extraes de la información proporcionada? ¿Te hace replantearte o reformular tu hipótesis?	Análisis de datos: análisis de muestras a lo largo del tiempo: disminución del número de presas para obtener pruebas que permitan construir/mejorar sus explicaciones, considerando otras posibles variables <i>Aproximarse al conocimiento científico, construcción de explicaciones basadas en pruebas.</i>	<i>Que los conejos disminuyeron a causa de una enfermedad en la misma época en la que disminuyeron las águilas</i> <i>Al no tener conejos para comer, las águilas disminuyeron</i> <i>No hace replanteármelo. Me hace pensar que no fue porque las águilas se enfermaron/se contaminaron, sino por la disminución de su presa</i>
A4. En la Reserva Biológica de Doñana no se encontraron cadáveres de águilas para hacer autopsias, pero sí algunos restos de su presencia, ¿qué tipo de restos de águila te imaginas que pueden ser para que puedan ser tan útiles para las/os biólogos/as?	Reflexión sobre el tipo de datos con potencial para convertirse en pruebas que ayuden a responder a una pregunta de investigación. <i>Promover la movilización de ideas previas del alumnado entorno a las egagrópilas como un tipo de rastro de rapaces de utilidad para la investigación.</i>	<i>Excrementos. Huellas</i> <i>Trozos de comida a medias</i> <i>Comida escondida. Restos en el nido</i> <i>Excrementos cerca de dónde han podido comer” “egagrópilas</i>

Tabla 1. Continuación.

Actividades	Enfoque indagación y objetivo	Comentarios del alumnado participante
A5. Hemos ido al Parque de las Ciencias de Granada y el departamento encargado del espectáculo con aves rapaces nos ha facilitado este material [se les ofrecen egagrópilas de águilas reales con restos de huesos, pelos de presas, etc.], encontrado cerca del lugar en donde anidan las águilas. ¿Qué crees que es? Parecen desechos... ¿Qué tipo de desechos crees que son? ¿Qué información nos pueden aportar? ¿Qué esperas encontrar? En grupos, realizad el análisis de una egagrópila, identificando qué tipo de restos son y qué especies pueden ser.	Análisis de datos empíricos. <i>Dotar de realismo</i> <i>Identificación, observación y análisis de egagrópilas</i>	<i>¡Son cacas!</i> <i>¡¡Están secas, no pueden ser vómitos!!</i> <i>¡Qué asco!. Trozos no comidos</i> <i>Tipo de presas que comen las águilas</i> <i>Conejos u otros mamíferos pequeños</i>
A6. Según lo que has observado, ¿qué contenía tu egagrópila? Disecciona e identifica con tu grupo la egagrópila que te entregan. Comunica al resto de grupos los resultados y cómo habéis llegado a la conclusión de qué es cada contenido encontrado en vuestra egagrópila.	Comunicación de resultados y del proceso de análisis de datos <i>Proceso de análisis (tratamiento, interpretación y clasificación).</i>	<i>Plumas, pelos, uñas, alas. Huesos y costillas. Huesecillos, garras, restos de cola, columna vertebral, mandíbula con dientes sueltos, pelos. Pájaros, aves y roedores.</i> <i>Lo hemos separado, mirado pieza por pieza, agrupado por tipo de resto. Hemos buscado en internet qué tipo de animal podía ser el hueso o garra encontrada (figura 1)</i>
A7. Tras clasificar el contenido de las egagrópilas, ¿cómo crees que pudieron averiguar los/as biólogos/as si la causa del descenso notable de la población de las águilas en la Reserva Biológica de Doñana fue debido a problemas con su alimentación? ¿Con una sola egagrópila?	Reformulación de hipótesis iniciales respecto a la búsqueda de pruebas que permita contrastar explicaciones Retomar pregunta inicial y tomar conciencia de la utilidad de la secuencia	<i>Mirando si hay una ausencia de huesos que se esperarían encontrar en las egagrópilas</i> <i>Viendo si hay restos de otras especies que no sean comida habitual de las rapaces.</i> [El alumnado propuso aumentar el número de egagrópilas, pero nadie incluyó la variable temporal]
A8. Contamos con resultados de los análisis de egagrópilas a lo largo del tiempo de la época en la que se produjo la disminución de águilas: tres muestras recogidas a lo largo de varios meses [Se ofrece una adaptación del texto de Delibes donde se dan datos de egagrópilas a lo largo del tiempo y donde el tipo de presas varía pero no hay disminución significativa en la cantidad]. ¿Hay diferencias entre vuestro diseño experimental (A7) y el que realizaron en Doñana (Delibes 1978, p.5)? Sobre los datos obtenidos en Doñana, ¿qué conclusiones podemos extraer sobre la/s causa/s de la disminución de las águilas?	Variable temporal en la recogida de datos. Análisis de información/datos obtenidos de fuentes externas para su uso como pruebas en la construcción de explicaciones. Cuestionar las respuestas <i>naïve</i> para promover la consideración de opciones no consideradas previamente	<i>¡¡228 egagrópilas!! Abí pone que 54% eran patos y pocos peces...</i> <i>Nosotros no habíamos tenido en cuenta el mirar cómo va cambiando</i> <i>Han disminuido por otros motivos que no son la disminución de presas ya que las águilas pueden comer otras especies a parte del conejo</i> <i>Debe haber otros motivos que hicieran disminuir la población de aves</i> <i>Quizás la disminución era debida a la caza, o al envenenamiento</i>
A9.1. Mirando las egagrópilas, ¿qué tendrías que ver para llegar a la conclusión que la alimentación ha provocado una disminución de las águilas? A9.2. Realiza un esquema que represente las redes tróficas posibles.	Revisar y reconstruir explicaciones basadas en pruebas	<i>Ausencia de huesos en las egagrópilas, Comida no habitual de las rapaces, Dejan de haber restos de roedores en las egagrópilas porque otro depredador de los roedores (lince) está acabando con ellos...</i>
A10. Contamos con una noticia (https://sevilla.abc.es/provincia/sevi-canada-pajaros-vertedero-reserva-natural-201602120747_noticia.html) de la época en la que se produjo la disminución de las águilas, donde se explican algunos hechos que pudieron influir en el estado del ecosistema. [se les ofrece la noticia donde se explica que en los años 90 unos biólogos transformaron un vertedero cerca de Doñana en una reserva natural para la recuperación de las aves]. Lee la noticia y repiensa tu hipótesis de la disminución de rapaces. ¿por qué imaginas que disminuyeron las poblaciones de águilas de Doñana durante los años 70? ¿Es posible que influyan otros factores más allá de la presencia/ausencia de una presa como el conejo?	Revisión y modificación de ideas para la construcción de explicaciones más próximas al conocimiento científico objeto de enseñanza. Ampliar la información considerada, promoviendo así la revisión de las ideas/conclusiones en base a nueva información para mejorar la calidad de las explicaciones. Recapitular	<i>Sí, la disminución de águilas pudo ser causada por otros motivos que no son la disminución de presas como el conejo</i> <i>El hecho de que hubiera un vertedero en la zona donde vivían las águilas pudo contaminar el ecosistema de las rapaces, afectando a sus poblaciones</i>

Evaluación de la secuencia: autopercepción de los estudiantes

Contexto y recogida de datos

Se trata de un estudio de carácter exploratorio cuyo objetivo es conocer la autopercepción sobre lo que han aprendido y sobre las emociones vividas en diferentes momentos clave de la secuencia de enseñanza que hemos diseñado (Tabla 1).

La muestra no probabilística, de conveniencia, está formada por 29 estudiantes de 16 y 17 años del IES Maestro Padilla de Almería que asistieron a un taller de aproximadamente 3 horas de duración en un contexto no formal de visita a la Universidad de Almería. Este carácter no-formal influyó en dos aspectos: en primer lugar, el carácter extraordinario, sin presión calificadora y, en segundo lugar, que los resultados de la evaluación que ahora describimos (A11), no pudieron ser expuestos y discutidos con los participantes.

Instrumento

El instrumento utilizado de corte cualitativo marca una intención metodológica exploratoria y descriptiva, que aportará luz sobre el objetivo anteriormente planteado de describir la percepción del alumnado sobre lo aprendido y sentido en la implementación de la secuencia corta de actividades con egagrópilas. Este cuestionario, de producción propia (Anexo I), utiliza una escala Likert para que el alumnado, en la última actividad de la secuencia (A11), valore de 1 a 5 lo aprendido antes y después de cada momento, y al que le hemos añadido una columna para que tengan que identificar y justificar la/s emoción/es que han sentido en cada uno de los once momentos clave². Las emociones incluidas están basadas en otros cuestionarios más abiertos donde la información obtenida no estaba vinculada a los momentos vividos (Dávila, Cañada, Sánchez Martín, y Mellado 2016; Martínez-Chico, Jiménez-Liso, López-Gay y Romero 2017; Jiménez-Liso et. al. 2019), en concreto hemos seleccionado: Rechazo, Concentración, Inseguridad, Interés, Aburrimiento, Confianza, Satisfacción, Insatisfacción y Vergüenza para ofrecer un abanico amplio de emociones sociales que se pueden sentir durante cualquier proceso de aprendizaje.

Procedimiento

Teniendo en cuenta las características del estudio y que su objetivo no es la toma de decisiones, la validez del cuestionario se ha centrado en la validez del contenido a través del juicio de expertos referido a la selección de momentos clave y de emociones: su pertinencia para el objetivo del estudio y su adecuación para la muestra.

La fiabilidad de los resultados referidos a la autorregulación de aprendizajes, al tratarse de variables de tipo ordinal, se ha estudiado mediante el coeficiente de Cronbach. El valor del coeficiente es de 0,919, un valor muy aceptable, más aún si se tiene en cuenta el carácter exploratorio del estudio, cuyas conclusiones no afectan a individuos.

La fiabilidad de los resultados referidos a emociones, al tratarse de variables dicotómicas, se ha estudiado mediante el coeficiente de Kuder-Richardson. El valor del coeficiente referido al constructo emociones vividas es de 0,906, un valor muy aceptable teniendo en cuenta las condiciones anteriores (exploratorio, no afectan a individuos). Para valorar adecuadamente este coeficiente, debe tenerse en cuenta que, aunque el número total de ítems es alto (99: 11 momentos clave x 9 emociones), el tamaño de la muestra no es amplio (N=29) y, además, se trata de una variable dicotómica.

² Como se aprecia en el cuestionario en el Anexo I, en cada momento los estudiantes podían elegir cuantas emociones quisieran. En este artículo no hemos analizado las respuestas cualitativas (justificaciones) ni aquellos estudiantes que señalan emociones contrarias.

Para afinar más el estudio de la fiabilidad en lo referente a emociones, hemos descompuesto el cuestionario en nueve subcuestionarios, tomando como constructo en cada uno de ellos la vivencia de una emoción en particular a través de diferentes momentos clave de la secuencia. En este caso, se obtienen los siguientes valores del coeficiente de Kuder-Richardson:

Rechazo: 0,715 – Concentración: 0,932 – Inseguridad: 0,168 – Interés: 0,915 – Aburrimiento: 0,991 – Confianza: 0,959 – Satisfacción: 0,943 – Insatisfacción: 0,544 – Vergüenza: -0,085 (valor negativo debido a una covarianza promedio negativa entre elementos, lo que viola el modelo de fiabilidad). De acuerdo con estos coeficientes, los resultados referidos a Inseguridad y Vergüenza, y en menor medida los referidos a Insatisfacción, deben ser puestos en entredicho debido a su poca fiabilidad.

Resultados sobre la autopercepción de lo aprendido

En la tabla 2 y figura 1 mostramos lo que los estudiantes participantes reconocen haber aprendido tras la secuencia. Nos interesa especialmente conocer su autopercepción de cómo han evolucionado en su conocimiento, de ahí que uno de los datos más significativos sea el “salto” (flechas rojas en la figura 1).

Tabla 2. Resultados de la percepción de los estudiantes sobre lo aprendido.

Momentos clave		ANTES		DESPUÉS		Significación bilateral		Diferencia antes-después
		Media	sd	Media	sd	T	S/N	
M1	Emisión de las hipótesis iniciales: <i>Causas de la disminución de águilas</i>	2,07	1,31	4,07	0,84	0,000	Sí	2
M2	Justificación de tus hipótesis	2,24	1,09	4,14	0,83	0,000	Sí	1,9
M3	Utilidad de los excrementos de las águilas para investigación	2,00	1,13	4,14	0,99	0,000	Sí	2,14
M4	Análisis de las egagrópilas	1,55	0,99	4,21	0,77	0,000	Sí	2,66
M5	Clasificación del contenido de las egagrópilas	1,62	0,82	3,93	0,84	0,000	Sí	2,31
M6	Utilidad de las egagrópilas	1,72	1,07	4,24	0,87	0,000	Sí	2,52
M7	Análisis de materiales (coincidencias y discrepancias con tu hipótesis)	2,03	1,02	3,76	0,74	0,000	Sí	1,73
M8	Modelo de cadena trófica	2,14	0,99	3,45	0,91	0,000	Sí	1,31
M9	Regla del 10%	1,66	1,14	3,72	1,10	0,000	Sí	2,06
M10	Uso de la cadena trófica para explicar por qué disminuye la población de rapaces	2,14	1,09	4,00	1,04	0,000	Sí	1,86
M11	Hacer predicciones para otros fenómenos similares	1,90	1,15	3,69	1,07	0,000	Sí	1,79

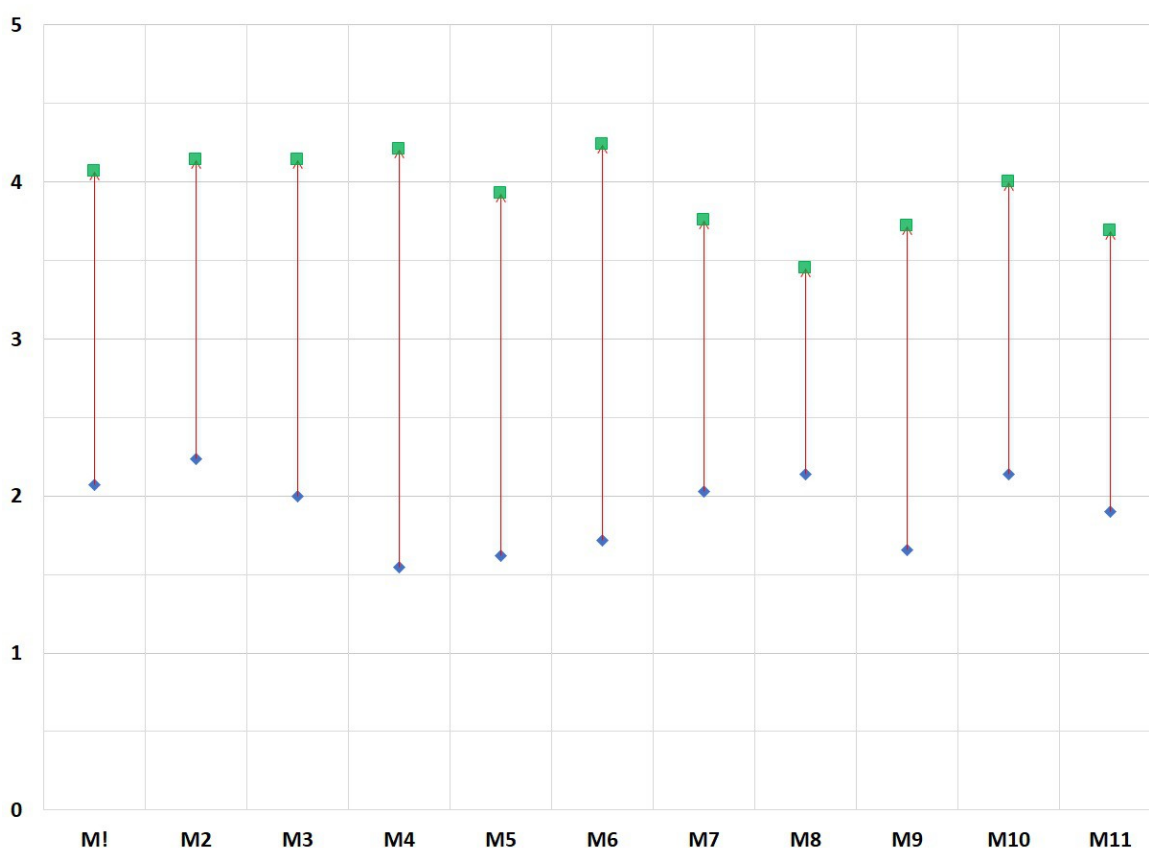


Figura 1. Percepción de lo aprendido.

La primera lectura que hay que realizar es que en el “antes” todos los valores superan el 1,5 e, incluso 2,27 para la justificación de sus hipótesis, lo que indica que la temática (redes tróficas) de la secuencia no es desconocida para el alumnado (secuencia contextualizada). De este conocimiento inicial reconocen un salto en su aprendizaje de casi 2 puntos en casi todos los apartados, percibiendo que su mayor aprendizaje se produce en torno al ítem 4 análisis-disección (diferencia de 2,66), la clasificación de su contenido (ítem 5), y el mayor valor tras vivir la secuencia es para la utilidad de las egagrópilas (ítem 6 con un valor final de 4,24).

El menor “salto”, la menor diferencia entre el antes y el después (1,31) que reconocen los estudiantes, es en la diversificación de causas (ítem 8), que ya la habían trabajado en el aula previamente a la implementación de la secuencia. Este ítem además de ser el menor salto es, el de más bajo valor final (3,45) en toda la secuencia lo que parece indicar el reconocimiento de que esto puede dar más de sí junto con el modelo de red trófica y la lectura de los materiales producidos por los científicos (Delibes 1978), aunque tienen mayor diferencia entre el antes y después que el ítem 8, sin embargo, muestran valores finales muy similares.

Resultados sobre la autopercepción de las emociones vividas durante la secuencia de actividades

En este apartado mostraremos las emociones reconocidas por el alumnado participante durante toda la secuencia y separadas por momentos de la secuencia.

En primer lugar, hemos analizado cuántos estudiantes declaran haber vivido cada una de las emociones, sea cual sea el momento en que se han vivido. En la tabla 3 y figura 2 hemos diferenciado entre aquellos sujetos que declaran haber vivido la emoción sólo una vez de aquellos que lo declaran más de una vez.

Tabla 3. Porcentaje de emociones expresadas en la secuencia.

Emoción (N=29)	Una vez		Dos veces		Tres o más		Alguna vez	
	n	%	n	%			n	%
Interés	2	6,9	2	6,9	23	79,3	27	93,1
Concentración	2	6,9	3	10,3	21	72,4	26	89,7
Confianza	1	3,4	3	10,3	12	41,4	16	55,2
Satisfacción	6	20,7	3	10,3	6	20,7	15	51,7
Inseguridad	4	13,8	1	3,4	0	0	5	17,2
Insatisfacción	1	3,4	3	10,3	1	3,4	5	17,2
Rechazo	2	6,9	0	0	2	6,9	4	13,8
Aburrimiento	1	3,4	0	0	3	10,3	4	13,8
Vergüenza	3	10,3	0	0	0	0	3	10,3



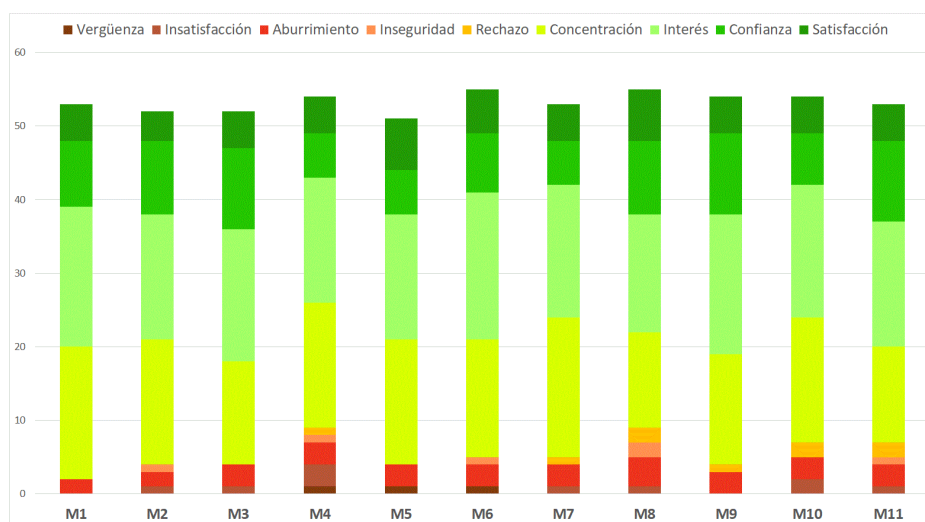
Figura 2. Porcentaje de estudiantes que a lo largo de la secuencia han experimentado cada emoción.

Los resultados obtenidos muestran que las emociones de interés y concentración han sido expresadas en tres o más ocasiones por más del 70% de los participantes, seguidas de confianza (41,4%) y satisfacción (20,7%).

Para conocer (o comprender) en más detalle los resultados referidos a cada emoción, hemos identificado cuántos estudiantes la señalan en cada uno de los onces momentos clave. Los resultados se muestran en la tabla 4 y en la figura 3 en la que hemos representado con tonalidades verdosas la concentración, interés, confianza y satisfacción, en contraposición con las emociones de colores rojizos-marrones: insatisfacción, rechazo, aburrimiento, inseguridad y vergüenza.

Tabla 4. Frecuencia de emociones por momentos.

N=29	Emociones	Momentos								
		Vergüenza	Insatisfacción	Aburrimiento	Inseguridad	Rechazo	Concentración	Interés	Confianza	Satisfacción
M1	Emisión de las hipótesis iniciales: <i>Causas de la disminución de águilas</i>	0	0	2	0	0	18	19	9	5
M2	Justificación de tus hipótesis	0	1	2	1	0	17	17	10	4
M3	Utilidad de los excrementos de las águilas para investigación	0	1	3	0	0	14	18	11	5
M4	Análisis de las egagrópilas	1	3	3	1	1	17	17	6	5
M5	Clasificación del contenido de las egagrópilas	1	0	3	0	0	17	17	6	7
M6	Utilidad de las egagrópilas	1	0	3	1	0	16	20	8	6
M7	Análisis de materiales (coincidencias y discrepancias con tu hipótesis)	0	1	3	0	1	19	18	6	5
M8	Modelo de cadena trófica	0	1	4	2	2	13	16	10	7
M9	Regla del 10%	0	0	3	0	1	15	19	11	5
M10	Uso de la cadena trófica para explicar por qué disminuye la población de rapaces	0	2	3	0	2	17	18	7	5
M11	Hacer predicciones para otros fenómenos similares	0	1	3	1	2	13	17	11	5

**Figura 3.** Resultados de las emociones sentidas en cada momento de la secuencia.

El aburrimiento es escaso pero continuo en toda la secuencia (2-3 veces), aumentando levemente (4) en el modelo de red trófica que coincide en tiempo y número con la disminución del interés (de 17 baja a 13) y de la concentración (13), manteniéndose en este momento la confianza (9) y la satisfacción (6) altas.

En la figura 3 podemos observar que los momentos con más emociones positivas (colores verdosos) coinciden con actividades manipulativas como el análisis (disección de las

egagrópilas) y el análisis de materiales escritos de los investigadores sobre el descenso notable de la población de las águilas en la Reserva Biológica de Doñana.

El comienzo de la secuencia, con la respuesta al problema auténtico planteado (emisión y justificación de hipótesis) es la parte de la secuencia que menos emociones “negativas” recibe, reconociéndose insatisfacción, vergüenza e incluso rechazo al comprobar las hipótesis con la disección de las egagrópilas o al usar el modelo de cadena trófica que ya conocían.

Para estudiar las posibles relaciones entre las distintas emociones, hemos comprobado previamente que los resultados de cada una de las variables no se ajustan a una distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Por ello, hemos calculado el coeficiente de correlación bivariada de Spearman para estudiar las relaciones entre las distintas emociones en cada momento. En la tabla 5 se muestran las correlaciones estadísticamente significativas en la prueba bilateral al nivel 0,05 (en negro) y nivel 0,01 (en rojo).

Tabla 5. Correlaciones estadísticamente significativas.

	Rechazo	Concentración	Inseguridad	Interés	Aburrimiento	Confianza	Satisfacción	Insatisfacción	Vergüenza
Rechazo									
Concentración									
Inseguridad	M8: 0.463								
Interés		M8: 0.394 M11: 0.476							
Aburrimiento		M5: -0.404 M7: -0.468							
Confianza		M4: 0.429 M5: 0.429 M6: 0.401 M7: 0.371							
Satisfacción		M3: 0.472				M1: 0.680 M3: 0.396 M4: 0.668 M5: 0.508 M7: 0.443 M9: 0.396 M10: 0.596 M11: 0.584			
Insatisfacción		M4: - 0.404			M7: 0.556 M8: 0.472 M11: 0.556				
Vergüenza			M4: 1.000						

Si consideramos que a partir de 0,3 existe una relación apreciable entre variables, *grosso modo*, podemos afirmar que existe una relación moderada positiva en dos o más momentos clave de la secuencia entre las emociones *satisfacción–confianza* (~0,4) y entre *concentración–confianza* (>0,4), lo que parece poner de manifiesto que el clima de confianza es fundamental para que haya concentración y satisfacción. Los resultados de la tabla 5 muestran que *concentración–confianza* en los momentos más próximos al análisis de las egagrópilas, clasificación, utilidad... correlacionan de manera moderadamente positiva y la correlación más numerosa por momentos es *satisfacción–confianza* con ocho de los once momentos correlacionados moderadamente positivos. Esto confirma empíricamente la relación directa esperada entre ambas emociones que puede tener su origen en la necesidad de crear un clima de confianza

para generar concentración y satisfacción. El *interés-concentración* también correlacionan en dos de los momentos finales (M8 modelo, M11 predicciones)

Por tanto, en esta secuencia *concentración* parece ser una medida de que los estudiantes están enganchados, pues además relaciona negativamente con *aburrimiento* ($> -0,4$, $-0,404$ en M5 y $-0,468$ en M7, clasificación y análisis de materiales respectivamente) y con *insatisfacción* ($-0,404$ en M4, análisis de las egagrópilas) que, además correlaciona con *aburrimiento* (M7, M8 y M11) lo que indica que estos momentos que son los que han requerido de mayor concentración en detrimento del aburrimiento y de la insatisfacción. Queremos detenernos en la correlación *inseguridad-rechazo* ($0,463$) en M8 (modelo) que confirma empíricamente la relación directa esperada entre ambas emociones y que puede tener su origen en el rechazo que sienten algunos alumnos de salir de su zona de confort y la necesidad de construir un modelo para explicar el fenómeno planteado.

Conclusiones

En este trabajo se han identificado las posibles causas de la polisemia atribuida a las prácticas de indagación, así como clarificado los elementos indispensables para que una secuencia pueda ser considerada bajo el enfoque de enseñanza por indagación o indagación con modelos, apoyándonos en otros trabajos y en nuestra experiencia a lo largo de años trabajando con este enfoque de enseñanza.

En un intento de convertir lo que habitualmente se trabaja como una práctica de laboratorio manipulativa centrada en la disección, observación y clasificación de egagrópilas, se ha presentado el diseño de una secuencia de enseñanza corta centrada en la realización de prácticas científicas propias de la indagación que ha sido implementada con estudiantes de secundaria de manera satisfactoria. Así lo muestran los resultados obtenidos en relación con la percepción del alumnado acerca de lo aprendido y lo sentido al experimentarla. Esta secuencia, más allá de incorporar de manera aislada pequeñas actividades manipulativas o de experimentación propias de la indagación, pero muy superficiales a nivel cognitivo, involucra al alumnado en una práctica de indagación genuina, donde éste debe expresar sus ideas iniciales, tener en cuenta las pruebas desde el primer momento, diseñando experimentos o pensando el tipo de datos necesarios para contrastar su ideas iniciales, hasta el último, interpretando los datos obtenidos a la luz del conocimiento construido en comunidad. Esto plantea un cambio radical con otras propuestas didácticas centradas en las egagrópilas (Kelly 2012; Lederman 2018) en las que, como ellos indican, se pierde la oportunidad de usar datos muy atractivos para el alumnado (egagrópilas) para hacerles participar de unas prácticas científicas genuinas con las que construir las ideas clave de la red trófica.

Los resultados relativos a la percepción de los estudiantes sobre lo aprendido indican, por un lado, que la secuencia no les es ajena (parten de valores superiores a 1,5 en todos los momentos de la secuencia) y que el aprendizaje que reconocen que más se ha producido guarda estrecha relación con la utilidad de las egagrópilas. Ambos resultados ponen de manifiesto que la secuencia está contextualizada y conectada a sus conocimientos, así como que muestra el reconocimiento de que ha tenido sentido para ellos/as y que el trabajo con egagrópilas les parece útil para aprender. Esto supone un logro en sí mismo pues no solo evita la tan temida pregunta de los estudiantes a sus docentes *¿esto para qué sirve?*, sino que pone de manifiesto que para ellos ha sido relevante incluso la necesidad de unas ideas clave de red trófica, cuyos valores bajos puede interpretarse como una demanda de más secuencias con sentido para consolidarla. Los valores finales próximos a 4 en casi todos los ítems son satisfactorios por cuanto indican percepción de aprendizaje y, por tanto, que han estado enganchados a la temática de la secuencia (dimensión cognitiva).

En cuanto a la dimensión emocional, la coincidencia del leve aumento del aburrimiento con la leve bajada del interés y concentración al usar el modelo de la red trófica hace sospechar que los estudiantes suelen identificar los momentos “teóricos” con los menos interesantes y hasta aburridos para algunos. Si bien esto puede hacernos replantear alguna de las actividades más teóricas de la secuencia, también es cierto que se puede interpretar desde la perspectiva de que, debemos reconciliarnos con el aburrimiento pues puede ser síntoma del “pensamiento lento” necesario para la construcción de modelos (Couso 2014) y para producir la satisfacción y confianza que se muestran en los resultados.

De esta manera, podemos afirmar que es posible diseñar una secuencia de indagación “al pie de la letra” en la que los estudiantes se “enganchan” tanto cognitiva como emocionalmente. La secuencia descrita profundiza en los aspectos cruciales de la indagación como son el planteamiento de un problema auténtico que “engancha” pero que también produce emociones que pueden bloquear a los estudiantes como la insatisfacción, vergüenza o rechazo que aparecen tanto en la comprobación de las hipótesis con la disección de las egagrópilas como en el uso del modelo para explicar la disminución de las águilas imperiales en el entorno de Doñana. Para que estas emociones mayoritarias (interés-concentración y satisfacción) no pasen desapercibidas para el alumnado y siga “enganchado” al aprendizaje, en todo proceso de indagación se hace imprescindible añadir la autorreflexión sobre lo aprendido y sobre lo que han sentido, y devolverlo a los participantes como actividad final del proceso.

Agradecimientos

A los estudiantes y docentes de los IES Maestro Padilla (17-18) y El Alquíán (18-19) así como a los estudiantes del Máster de Secundaria Jesús Rodríguez, Luis Delgado y M^a Gracia Gómez Tamayo por su participación. Al Parque de las Ciencias, al proyecto CPAIM EDU2017-82197-P del MINECO y al CEIMAR-UAL.

Referencias

- Aguilera D., Perales-Palacios F. J. (2018). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2>
- Aguilera Morales D., Martín-Páez T., Valdivia-Rodríguez V., Ruiz-Delgado Á., Williams-Pinto L., Vélchez-González J. M., Perales-Palacios F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación* 381, 259–284. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-388>
- Barman C. R., Stein M., McNair S., Barman N. S. (2006) Students' Ideas About Plants and Plant Growth, *The American Biology Teacher* 68(2), 73–79.
- Bellocchi A. (2015) Methods for Sociological Inquiry on Emotion in Educational Settings. *Emotion Review* 7(2), 151–156. <https://doi.org/10.1177/1754073914554775>
- Brígido M., Couso D., Gutiérrez C., Mellado V. (2013) The emotions about teaching and learning science: A study of prospective primary teachers in three Spanish universities. *Journal of Baltic Science Education* 12(3), 299–311.
- Costillo E., Borrachero A. B., Brígido M., Mellado V. (2013) Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(4), 514–532. Retrieved from <http://0-dialnet.unirioja.es.ubucut.ubu.es/servlet/articulo?codigo=4544338&info=resumen&idioma=ENG>
- Crujeiras B., Jiménez-Aleixandre M. P. (2012) Participar en las prácticas científicas. *Alambique* 72, 12–19.

- Dávila M. A., Cañada F., Sánchez Martín J., Mellado V. (2016) Las emociones en el aprendizaje de física y química en educación secundaria. Causas relacionadas con el estudiante. *Educación Química* 27(3), 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.001>
- Delibes M. (1978) Ecología alimenticia del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) en el Coto Doñana durante la crianza de los pollos. *Doñana Acta Vertebrata* 5, 35–60.
- Ferrés Gurt C. (2017) El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 14(2), 410–426. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09
- Gálvez Bravo L., Salvador Milla A. (2017). Conejo – *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758). <http://hdl.handle.net/10261/112112>
- González L. M., Oria J. (2004). Águila Imperial Ibérica *Aquila adalberti*. In A. Madroño, C. González, J. C. Atienza (Eds.), *Libro Rojo* (pp. 145–151). Madrid: SEO/Birdlife. Retrieved from http://imedea.uib-csic.es/bc/ecopob/docs/pdfsgrupo/caplibro/libros/LR_completo_para_web.pdf#page=145
- Gotwals A. W., Songer N. B. (2010) Reasoning up and down a food chain: Using an assessment framework to investigate students' middle knowledge. *Science Education* 94(2), 259–281. <https://doi.org/10.1002/sce.20368>
- Hogan K. (2000) Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education* 35(1), 22–28. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655731>
- Izquierdo M. (2013) La química ¿emociona? En V. Mellado, L. Blanco, A.B. Borrachero (Eds.), *Las Emociones en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas* (Vol. 1, pp. 307–328). Badajoz: Grupo Investigación DEPROFE.
- Jiménez-Aleixandre M. P. (2010) *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó Editorial.
- Jiménez-Aleixandre M. P. (2012) Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. En Domínguez-Castiñeiras, J.M. (Ed.), *XXV Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 9–15). Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones USC.
- Jiménez-Liso M.R., Avraamidou L., Martínez-Chico M., López-Gay R. (2019) Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. *Research in Science & Technological Education* 1-24 <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158>
- Kelly G. J. (2012) Expanding discourse repertoires with hybridity. *Cultural Studies of Science Education* 7(3), 535–539. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9397-z>
- Leach J., Driver R., Scott P., Wood-Robinson C. (1996) Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education* 18(1), 19–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180102>
- Lederman N. G. (2018) La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro. *Enseñanza de Las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* 2(36), 5–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2661>
- Martínez-Chico M., Jiménez-Liso M. R., López-Gay R., Romero-Gutiérrez, M. (2017) Self-Regulation of Emotions: Towards a more Complete Evaluation of Pre-Service

- Primary Teacher Training. *New Perspectives in Science Education* (pp. 412-417). [libreriauniversitaria.it Edizioni](http://libreriauniversitaria.it/Edizioni).
- Moraga S. H., Espinet M., Merino C. G. (2019) El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias en formación inicial. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias* 16(1), 1604.
https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1604
- NGSS (2013) *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Pedaste M., Mäeots M., Süiman L. A., de Jong T., van Riesen S. A. N. Kamp, E. T., Tsourlidaki E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Romero-Ariza M. (2017) El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias* 14(2), 286–299.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01
- Schwarz C. V., Gwekwerere Y. N. (2007) Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education* 91, 158–186. <https://doi.org/10.1002/sc.20177>
- White P. A. (2000) Naïve analysis of food web dynamics: A study of causal judgment about complex physical systems. *Cognitive Science* 24(4), 605–650.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog2404_3
- Wilhelm P., Beishuizen J. J. (2003) Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction* 13(4), 381–402. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00013-0)
- Zhang M., Quintana C. (2012) Scaffolding strategies for supporting middle school students' online inquiry processes. *Computers and Education* 58(1), 181–196.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.016>

Anexo I: Actividad de auto-reflexión y autorregulación del aprendizaje y emociones

El sentido de esta actividad es reflexionar sobre lo que hemos aprendido y sentido a lo largo de la sesión, evaluar ese aprendizaje y regular el proceso de enseñanza y aprendizaje que estamos viviendo:

1 No sé nada 2 Sé un poco 3 Lo sé bien 4 Lo sé muy bien 5 Puedo explicárselo a un amigo/a

Valora en una escala de 1 a 5 lo que has aprendido sobre cada uno de los siguientes aspectos.

Antes del tema 1 2 3 4 5	Conocimiento sobre...	Después del tema 1 2 3 4 5	Emociones sentidas en cada aspecto				
			Indica cómo te sentías mientras estabas realizando cada proceso y la causa por la que lo has sentido				
	Emisión de las hipótesis iniciales: <i>Causas de la disminución de águilas</i>		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Justificación de tus hipótesis		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Utilidad de los excrementos de las águilas para investigación		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Análisis de las egagrópilas		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Clasificación del contenido de las egagrópilas		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Utilidad de las egagrópilas		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Análisis de materiales (coincidencias y discrepancias con tu hipótesis)		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Modelo de cadena trófica		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Regla del 10%		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Uso de la cadena trófica para explicar por qué disminuye la población de rapaces		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento
	Hacer predicciones para otros fenómenos similares		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	<input type="checkbox"/> Aburrimiento