

Eco-Encuentra: Juego interactivo para la divulgación sobre la fauna endémica del estado de Hidalgo

Mauricio Lavalley-Salinas¹, Fabián de Jesús Ramírez-Hernández¹, Mario Oscar Ordaz-Oliver²

¹Universidad La Salle Pachuca. Escuela de Ingeniería. Pachuca de Soto, México.

²Tecnológico Nacional de México, Campus Pachuca. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Pachuca de Soto, México.

222218@lasallep.mx, 222230@lasallep.mx, mario.oo@pachuca.tecnm.mx

Resumen. La diversidad en especies endémicas en el estado de Hidalgo es una muestra de la gran diversidad ambiental que caracteriza a México, sin embargo, debido al impacto humano sobre el ambiente, muchas de estas especies se encuentran amenazadas, y muchas más han desaparecido. Eco-Encuentra es un juego interactivo diseñado para la divulgación del conocimiento sobre la fauna nativa y endémica del estado de Hidalgo, este proyecto contribuye a la educación ambiental de calidad (ODS 4) y a la conservación de la biodiversidad (ODS 15). El objetivo principal de este proyecto consiste en acercar a estudiantes y público general a las especies que habitan en la región central de México, fomentando el cuidado y la conservación. El prototipo se basa en un formato de adivinanza con reto de tiempo de respuesta que incrementa la motivación y la recompensa de los participantes. El juego incluye preguntas sobre las características de ocho especies distintas que fueron seleccionadas (algunas de ellas estrictamente endémicas y con distribución más amplia) buscando reforzar el aprendizaje. El prototipo propuesto integra componentes electrónicos y lógicos que permiten la interacción directa con el usuario y está orientado a escenarios educativos y de divulgación científica. Con esta propuesta se pretende fortalecer el conocimiento local sobre la biodiversidad y promover distintas acciones para su conservación, esto mediante un recurso didáctico que es innovador, adaptable a diferentes contextos escolares y comunitarios.

Palabras Clave: Biodiversidad, Diseño Lógico, Electrónica.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

México es considerado como uno de los diecisiete principales países megadiversos del planeta, el cual alberga entre el 10% y 12% de la biodiversidad mundial [1, 2]. Esta riqueza biológica representa un patrimonio natural invaluable que ha comenzado a enfrentar crecientes amenazas debidas a la crisis ambiental global. El estado de Hidalgo, aunque cuenta con una extensión territorial considerablemente pequeña (con apenas el 1.1% de la superficie nacional), presenta una notable diversidad bioclimática derivada de su compleja orografía, pues en su territorio cuenta con altitudes que varían desde los 200 hasta los 3,300 metros sobre el nivel del mar [2]. Dicha variabilidad en su territorio de naturaleza altitudinal a lo largo de su territorio permite la presencia de una gran variedad de microclimas y ecosistemas que albergan especies diversas.

La región central de México, particularmente el estado de Hidalgo, enfrenta desafíos críticos de conservación. De acuerdo con los estudios de la CONABIO [2], varias especies nativas (que son entendidas como aquellas propias de la región, aunque no necesariamente endémicas) enfrentan una serie de presiones antropogénicas como la fragmentación de hábitats, contaminación, expansión urbana y cambios en el uso de suelo. Esta problemática se enmarca dentro de la triple crisis ambiental planetaria que es reconocida por las Naciones Unidas como el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad [5, 6]. Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la OMS, este proyecto aborda específicamente el ODS 15 que está relacionado con la Vida de Ecosistemas Terrestres y se enfoca en detener la pérdida de biodiversidad, y de igual manera el ODS 4, que está asociado Educación de Calidad, mediante la creación de herramientas innovadoras para la divulgación científica. La conexión entre ambos ODS resulta crucial ya que la conservación efectiva de la biodiversidad requiere primero de su conocimiento y valoración por parte

de la sociedad. La problemática educativa en materia ambiental es particularmente relevante. Estudios realizados en la región central del estado de Hidalgo muestran que existe un déficit significativo en el conocimiento sobre la biodiversidad local entre la población joven, especialmente en contextos urbanos. Este impacto y desconocimiento generalizado por parte de la población ha inducido una desconexión entre las comunidades y su entorno natural, lo cual dificulta de manera significativa el desarrollo e implementación de medidas de conservación que resulten efectivas para contrarrestar sus efectos. Es en este marco que la divulgación científica emerge como una estrategia fundamental para abordar esta problemática de naturaleza ecológica y educativa. Sin embargo, los métodos tradicionales que han sido utilizados para la divulgación presentan una falla estructural en capturar de forma limitada el interés de audiencias jóvenes, requiriéndose aproximaciones innovadoras que combinen rigor científico con el impacto e interés participativo de las comunidades.

Es aquí donde proyectos como "Eco-Encuentra" adquieren una gran relevancia, pues utilizan tecnologías interactivas para generar conexiones emocionales y cognitivas con la biodiversidad regional. La selección de especies que han sido utilizadas para este proyecto se consideró específicamente aquellas con mayor valor emblemático para la región hidalguense y que representan diferentes estatus de conservación, desde especies que son vulnerables hasta aquellas con poblaciones estables, pero igualmente importantes ecológicamente para esta zona geográfica. Esta aproximación permite abordar la problemática de manera integral, destacando tanto las especies en riesgo como aquellas que representan oportunidades exitosas en cuanto a su conservación se refiere. La crisis de biodiversidad en Hidalgo no es únicamente un problema en el sentido ecológico, sino también de carácter social y cultural. Dado que la pérdida de especies representa simultáneamente la erosión del patrimonio natural, del conocimiento tradicional y de las posibilidades de desarrollo sostenible. Abordar esta problemática requiere, por lo tanto, de aproximaciones multidimensionales que integren el conocimiento científico con la participación comunitaria y la innovación educativa.

2 Objetivo

Contribuir a la divulgación científica sobre especies representativas que habitan el estado de Hidalgo, mediante el desarrollo de un prototipo de juego interactivo que utilice electrónica, diseño lógico y programación para generar interés en la biodiversidad local entre jóvenes.

3 Propuesta teórico-metodológica

El sistema desarrollado se compone de dos partes principales interconectadas que funcionan de manera integral. La primera parte consiste en una interfaz física de interacción con una serie de botones que representan las opciones de respuesta para las preguntas sobre los animales seleccionados. Estas opciones permiten formar combinaciones de tres respuestas que activan un LED específico correspondiente al animal descrito. La interfaz incorpora un sistema de retroalimentación visual mediante LEDs multicolor que indican el estado del juego a través de un LED ámbar con temporizador, los errores cometidos mediante un LED rojo, las combinaciones correctas con un LED azul intermitente y las especies identificadas mediante LEDs ámbar individuales, mismo que se aprecia en la Figura 1.

La segunda parte corresponde al sistema de procesamiento y control, basado en una tarjeta Arduino Mega programada mediante una aproximación híbrida que combina lenguaje Ladder, utilizando la plataforma de código abierto Laddermaker, con programación nativa en Arduino IDE. Este componente se encarga del procesamiento lógico, temporización y gestión integral de las entradas y salidas del sistema [3]. El juego opera con un tiempo límite de noventa segundos por intento y permite un máximo de tres errores. Los indicadores visuales incluyen un LED ámbar que incrementa su frecuencia intermitente proporcionalmente al tiempo restante, un LED rojo que se activa al cometer tres errores, un LED azul que realiza un parpadeo de dos segundos ante respuestas correctas y LEDs ámbar individuales que indican la identificación correcta de cada especie. El sistema de temporización incorpora un circuito basado en integrado 555 y contador CD4017 para gestionar los efectos visuales avanzados, complementando la programación principal del Arduino.

La implementación de software se realizó mediante una estrategia dual que combina la programación en escalera, utilizada comúnmente en la industria, desarrollada en Laddermaker para la lógica principal de control con programación en Arduino IDE, implementada para gestionar funcionalidades avanzadas y compensar las limitaciones de Laddermaker al manejar un número extenso de líneas de código y salidas [4, 8]. Este enfoque híbrido permitió superar las distintas limitaciones técnicas que fueron encontradas mediante procesos de ingeniería inversa con el propósito de integrar eficientemente ambos entornos de programación.

Para la selección de las especies representadas en el juego, se realizó una investigación de las especies nativas representativas del estado de Hidalgo considerando su representatividad ecológica de la región central de México, valor emblemático para la biodiversidad hidalguense, diversidad de características morfológicas y ecológicas y estado de conservación desde especies vulnerables hasta no amenazadas [1]. Se establecieron categorías funcionales de alimentación que incluyen carnívoros con insectívoros, herbívoros y omnívoros; estado de conservación que distingue entre especies en peligro contra no amenazadas; y cobertura corporal que considera pelaje, escamas y plumas [5]. Esta categorización permitió crear combinaciones distintivas para cada especie, facilitando tanto la implementación técnica como el proceso de aprendizaje mediante la identificación de características clave como se indica en la Tabla 1.

La metodología implementada asegura que el sistema cumpla con los objetivos técnicos y sirva como una herramienta educativa efectiva para la divulgación de la biodiversidad regional, manteniendo el rigor científico en la selección de especies, mientras se garantiza la funcionalidad técnica del prototipo interactivo.

4 Discusión de resultados

En su implementación, "Eco-Encuentra" demostró ser una herramienta efectiva para la divulgación científica sobre biodiversidad, el cual cumple con el objetivo principal de generar el interés en la población joven y acercarlos al conocimiento sobre especies nativas del estado de Hidalgo. Durante las diversas aplicaciones del prototipo, se observó que el formato interactivo facilita la retención de información sobre las características ecológicas más importantes y estados de conservación entre los participantes, particularmente en el público joven. El sistema desarrollado en esta investigación demostró un desempeño técnico satisfactorio, con una operación estable durante las distintas sesiones de juego efectuadas. La implementación híbrida del sistema propuesto, en cuanto a su programación se refiere, demostró ser adecuada para la lógica requerida, aunque se identificaron áreas de oportunidad para su optimización en futuras versiones. La interfaz física desarrollada resultó intuitiva para usuarios de diferentes grupos de edades, lo cual facilita la interacción sin requerir instrucciones detalladas, que en algunos otros casos resultan complejas.

En términos de impacto educativo, el proyecto desarrollado por esta propuesta contribuye directamente en el ODS 4, al proveer una herramienta innovadora para el aprendizaje sobre biodiversidad de la región central del país, particularmente en Hidalgo. La retroalimentación obtenida de los distintos participantes indicó un aumento en el interés por la conservación de especies nativas, lo cual permite validar el enfoque lúdico como una estrategia efectiva para la divulgación científica y ética.

El potencial de escalabilidad del proyecto propuesto por los alumnos de la escuela de Ingeniería de la Universidad La Salle Pachuca fue reconocido por distintas instituciones locales que se encuentran en el interior de la capital del estado de Hidalgo, mismas que han considerado su implementación en proyectos de educación ambiental. Este interés institucional refuerza la gran relevancia de la solución propuesta para abordar problemáticas de conservación en nuestro país.

Entre las limitaciones identificadas a lo largo de este proyecto, se destaca la necesidad de mejorar el sistema con el propósito de incluir un mayor número de especies, esto, sin comprometer la estabilidad técnica con la que ya se cuenta. Adicionalmente, se ha reconocido una oportunidad importante para desarrollar mecanismos de evaluación más rigurosos, efectivos y formales, los cuales permitan cuantificar el impacto educativo de este instrumento en futuras implementaciones. La experiencia obtenida con este proyecto permite concluir y demuestra que las

aproximaciones y propuestas interactivas representan una alternativa de mayúscula importancia frente a los métodos tradicionales de divulgación ambiental, particularmente en el punto de conectar con audiencias jóvenes. El éxito en la transmisión de conocimiento complejo a través de un formato accesible y atractivo valida la estrategia tecnológico-pedagógica adoptada en esta propuesta de investigación.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

La divulgación de especies es uno de los pasos principales para contribuir en la conservación de la fauna local, la importancia radica en el interés desde las poblaciones hacia el entorno que habitan, por lo tanto, la primera estrategia que se debe implementar es el acercamiento de estas especies y la concientización sobre su presencia y la importancia de su preservación. El proyecto "Eco-Encuentra" representa una contribución significativa a los distintos esfuerzos de divulgación científica sobre la biodiversidad del estado de Hidalgo, demostrando que el uso de tecnologías interactivas puede generar de manera efectiva el interés y conciencia sobre las especies nativas entre la población joven. A través de su enfoque innovador que combina la electrónica, la programación y el contenido educativo, este proyecto propuesto para esta investigación logra acercar el conocimiento científico a la comunidad Hidalguense de manera accesible y atractiva.

Los resultados obtenidos de la evaluación y puesta en marcha de esta propuesta permitieron validar la efectividad de la aproximación metodológica adoptada, en donde la combinación de programación en escalera con Arduino IDE permitió superar limitaciones técnicas, mientras se mantenía la esencia educativa del proyecto. El sistema en cuestión demostró contar con una construcción robusta, aún en condiciones de uso extremo y su interfaz resultó ser intuitiva para usuarios de diferentes grupos de edades.

En cuanto a las perspectivas y trabajos a futuro, este prototipo abre múltiples oportunidades de desarrollo y mejora, entre las cuales se ha contemplado la expansión e incremento del número de especies representadas en el juego, así como la adaptación y modificación del juego para enfocarse e incluir regiones específicas del estado de Hidalgo, esto con el propósito de resaltar las particularidades ecológicas de cada zona. Adicionalmente se considera un elemento valioso, que es la posibilidad de explorar el desarrollo del proyecto en sus versiones equivalentes digitales, las cuales sin duda permitirán una mayor escalabilidad y acceso, potencialmente mediante aplicaciones móviles y plataformas web interactivas.

6 Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Mario Oscar Ordaz Oliver por su invaluable apoyo y acompañamiento al proyecto, además de impulsarnos por el camino correcto para su realización.

Agradecemos también a nuestros colegas estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, con énfasis particular a Fernando Orozco Moctezuma, Armando Olvera Aguilar y Jennifer Karin López Navarro, quienes nos brindaron apoyo a lo largo de los meses de trabajo y cuyas aportaciones y sugerencias fueron de gran ayuda para completar el prototipo.

Finalmente, extendemos nuestros agradecimientos al personal de los Laboratorios de Ingeniería de la Universidad La Salle Pachuca, campus La Concepción, quienes nos apoyaron brindando equipo y espacios de trabajo durante el tiempo en que se desarrolló el proyecto.

7 Referencias

1. Compuertas lógicas – Sistemas Digitales. (n.d.). <https://virtual.cuauitlan.unam.mx/intar/sistdig/compuertas-logicas/>
2. Conabio. (s. f.-a). La biodiversidad en Hidalgo: Estudio de Estado | Biodiversidad Mexicana. Biodiversidad Mexicana. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/eeb/estudios/ee_hidalgo
3. Conabio. (s. f.-b). México megadiverso | Biodiversidad Mexicana. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>

4. DigiKey's North American Editors. (2020, February 20). Lógica en escalera y otras opciones de programación del PLC. DigiKey. <https://www.digikey.com.mx/es/blog/ladder-logic-and-other-plc-programming-options>
5. Electronic, L. (2024, July 8). Introducción a Ladder-PLC: Programando controles lógicos. Luis Electronic. <https://luiselctronic.com/ladder-plc/ladder-plc/>
6. Electrónica analógica - Electroagenda. (2024, 25 mayo). Electroagenda. <https://electroagenda.com/es/un-resumen-de-la-electronica/electronica-analogica/>
7. Electrónica digital. Electrónica Online. <https://electronicaonline.net/electronica/electronica-digital/>
8. Geek Factory. (s. f.). Compuertas lógicas - Geek Factory. <https://www.geekfactory.mx/categoría-de-producto/componentes/compuertas/>
9. Martínez-Morales, M.A., Ortiz-Pulido, R., de la Barreda, B., Zuria, I.L. Bravo-Cadena, J. y Valencia-Hertherth, J. 2077. HIDALGO. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 49-95.
10. Moraguez, E. R. (2024, October 10). Electrónica Digital vs. Analógica: Diferencias, Ventajas y Aplicaciones. LovTechnology. <https://lovtechnology.com/electronica-digital-vs-analogica-diferencias-ventajas-y-aplicaciones/>
11. Moran, M. (2024, 26 enero). Bosques, desertificación y diversidad biológica - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
12. Pérez Montiel, H. (2010). FÍSICA GENERAL (Cuarta ed.). Grupo Editorial Patria.
13. Planther. (2022, 30 julio). Diagrama de Escalera o ladder. Plantilla Arbol Genealógico. <https://plantillaarbolgenealogico.net/diagramas/escalera-o-ladder/>

Tabla 1. Tabla de características de los animales.

Animal	Nombre científico	Tipo de alimentación	Peligro de extinción	Pelaje, escamas o plumas
Cacomixtle	Bassariscus astutus	Omnívoro	No	Pelaje
Tuza llanera	Cratogeomys fumosus	Herbívoro	Sí	Pelaje
Culebra de agua	Thamnophis cyrtopsis	Carnívoro	Sí	Escamas
Salamandra Huasteca	Chiropterotriton terrestris	Omnívoro	Sí	Escamas
Mojarra	Herichthys cyanoguttatus	Omnívoro	No	Escamas
Tecolote flameado	Otus flammeolus	Carnívoro	No	Plumas
Colibrí de Eloísa	Atthis heloisa	Herbívoro	No	Plumas
Chara enana	Cyanolyca nana	Carnívora	Sí	Plumas

**Figura 1.** Ensamblaje del prototipo.