

Prototipo de Sistema Embebido para monitoreo y control de un ambiente artificial para un Ajolote (*Ambystoma Mexicanum*)

Trabajo Terminal No. 2020 - A018

Alumnos: Briones Tapia Mariana¹, Mora Arroyo Sofía Alejandra², Olvera Contreras Jesús Osvaldo³

Director: López Rojas Ariel¹

Axolotes.MOS@gmail.com

Resumen- El ajolote o axolote es una de las especies endémicas más importantes de nuestro país; hoy en día es considerada una especie en peligro de extinción, y a pesar de que existen diferentes esfuerzos aislados para preservar este ejemplar, no existe intervención tecnológica que apoye este propósito, lo que abre una brecha para el desarrollo de una propuesta tecnológica que pueda emplear un especialista (biólogo) para el cuidado y monitoreo del ajolote.

Palabras claves – Ajolote, Ambiente artificial, Aplicación Web, Sistema Embebido.

1. Introducción

Debido a diferentes amenazas, como la destrucción y fragmentación del hábitat, cambio climático, caza y tráfico ilegal de especies, o la introducción de especies externas, existen 5200 especies de animales que se encuentran en peligro de extinción; según su clase el 11% de las aves, el 20% de los reptiles, el 34% de los peces y el 25% de los anfibios y mamíferos se encuentran en peligro de extinción.

En México los primeros 5 lugares en la lista de animales en peligro de extinción son ocupados por [1]:

- Ajolote
- Jaguar
- Lobo Mexicano
- Oso negro
- Vaquita marina

En particular, el Ajolote, también conocido como “monstruo de agua” o por su nombre científico *Ambystoma Mexicanum*. Es un anfibio parecido a la salamandra que cuenta con neotenia, característica que le permite mantener su forma larvaria durante toda su vida, permitiéndole vivir su ciclo de vida sin la necesidad de llevar a cabo la metamorfosis a animal adulto como la mayoría de los anfibios. [2]

Sus antecedentes provienen de la mitología prehispánica, donde fue visto como una deidad. [3] En la leyenda, llamada “el quinto sol”, se relata la historia del dios Xólotl, el dios que fue sentenciado al sacrificio con la intención de conseguir que los astros se movieran de su sitio, pero el dios Xólotl, le temía a la muerte, por lo que se negó, e intentó escapar mediante sus poderes de transformación. Después de diferentes intentos, finalmente se transformó en ajolote, forma en la que encontró la muerte. [4]

El *Ambystoma Mexicanum* es considerado como símbolo de identidad nacional según el sociólogo y antropólogo Roger Bartra.[5]. Además, es una especie endémica de México, es decir; su distribución geográfica está restringida a nuestro país. [6, 3, 2]

Existen 17 especies de ajolote en México, de las cuales 16 son endémicas, 15 están en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-2010-SEMARNAT y 11 se encuentran como Sujetas a Protección Especial (Pr). [7]

Por parte de la tecnología existen algunos esfuerzos para preservar, monitorear y criar animales que están en peligro de extinción.

Algunas de las tecnologías que han sido de gran ayuda para cumplir con este propósito son [8]:

- Drones
- GPS

- Cercas con alarma
- Cámaras ocultas
- Seguimiento del ADN
- Trampa con alertas de emergencia
- Sistemas embebidos

Un ejemplo claro del uso de este tipo de tecnologías se está llevando a cabo en el zoológico de Madrid (España) con ayuda de la Fundación Parques Reunidos, con el uso de collares con GPS y otro tipo de sensores como de profundidad, por ejemplo, que han contribuido para monitorear dos especies, la foca monje y la gacela mohor. Estos animales son criados en cautiverio y posteriormente liberados en su hábitat natural con el collar ya colocado. [9]

Por otro lado, en el contexto de la ganadería, se ha aplicado al cuidado de porcinos, aves, vacas lecheras y ovinos lecheros, a través de un dispositivo móvil. Las personas que utilizan el dispositivo pueden realizar varias acciones, como utilizar cámaras para revisar el estado de las instalaciones, activar y desactivar el llenado de los depósitos de agua y alimentos para los animales, así como la distribución de los mismos, regulación de la temperatura y calidad del aire mediante el cierre o apertura de ventanas y el encendido o apagado de ventiladores de extracción, estaciones meteorológicas y sensores, control de alarmas técnicas de incendios e inundaciones, y el control de la iluminación mediante interruptores.[10]

En el caso de los ajolotes, singularmente, a la especie *Ambystoma Mexicanum*, se le ha sido conferida protección especial por la NOM-059-2010-SEMARNAT, la cual tiene como objetivo identificar las especies de flora y fauna silvestres en riesgo, originarias de México, y establecer criterios para la clasificación de dichas especies por medio de un método de evaluación de riesgo de extinción. [11]

También se han establecido estrategias para la preservación de estos por parte de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), las cuales se enlistan a continuación de acuerdo con [7]:

- Creación de UMAS (Unidades de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre).
- Actualización constante de la investigación aplicada a la conservación de los *Ambystoma* y su hábitat.
- Manejo y protección de poblaciones *Ambystoma* través del monitoreo e investigación.
- Implantación de programas que disminuyan el impacto de las actividades pesqueras.
- Comités de vigilancia para prevenir la extracción ilegal y contaminación de cuerpos de agua.
- Promover la denuncia ciudadana.

Además de esto, existen otros esfuerzos aislados para la preservación de la vida del ajolote, como la Reserva Ecológica del Pedregal de la UNAM, que cuenta con un albergue de ajolotes, dicha reserva funge como el plan de acción en caso de que el ajolote se extinga en Xochimilco.[12]

Pero aún no hay propuestas que involucren a la tecnología para solventar o apoyar esta situación.

Nuestra propuesta consiste en desarrollar un prototipo de entorno artificial que sirva de apoyo para los biólogos, encargados del cuidado de un ajolote, con el cual se podrán medir las condiciones de temperatura, pH del agua, y dióxido de carbono, lo cual les permitirá controlar el entorno y manipularlo desde una aplicación web, en donde tendrán disponible información de dicho entorno.

2. Objetivo

Desarrollar un prototipo de sistema embebido que permita a los especialistas (biólogos) monitorear y controlar un ambiente artificial para que un ajolote de la especie *Ambystoma Mexicanum* pueda vivir en cautiverio.

Objetivos Específicos

- Desarrollo de una aplicación web para la gestión del ambiente artificial por parte de un especialista.
- Desarrollar el módulo de medición de los parámetros requeridos del ambiente artificial.
- Desarrollar el módulo de actuadores de hardware para el control del ambiente artificial.

3. Justificación

El ajolote necesita ciertas características en su hábitat para desarrollarse, las cuales se resumen en: la calidad del agua, temperatura, iluminación y filtrado. Al tratarse de una especie acuática, la calidad del agua representa una característica importante; como anfibio, el ajolote absorbe a través de su piel todas las sustancias nocivas que puede contener el agua en la que se encuentra; para tener calidad en el agua, se tienen que medir las cualidades fisicoquímicas del agua como el pH, dureza, nitritos, nitratos, amonio, CO₂, porcentaje de oxígeno y cloro. [2]

Este trabajo terminal servirá de apoyo para la preservación de la especie *Ambystoma Mexicanum*, involucrando tecnología embebida, de modo que se obtenga un informe de las variables: temperatura, dióxido de carbono (CO₂), y pH del agua; para el control del ambiente artificial a desarrollar.

El resultado beneficiará al ajolote, ya que el prototipo contribuirá a la preservación de la especie; a las UMAS, como apoyo para el control y monitoreo de dichos ajolotes, y para prevenir el desequilibrio que ocasionaría la ausencia de la especie en la cadena alimenticia.

Debido a que no hay trabajos previos que impliquen el uso de tecnología dedicados a esta problemática, implementaremos elementos de hardware y software sin perder de vista la optimización de costos.

El trabajo requerirá del manejo de tecnologías web, sistemas embebidos, conocimientos de electrónica analógica y digital, manejo del error en mediciones y bases de datos.

4. Productos o resultados esperados

Debido a que nuestro proyecto es un sistema embebido se dividirá en dos partes que abarquen tanto software como hardware, para que como resultado nos dé una interfaz gráfica en la cual el usuario pueda observar los datos recabados por el módulo de actuadores y almacenados en la base de datos.

A continuación, se muestra un esquema que contiene a grandes rasgos cómo es que estará conformado el sistema:

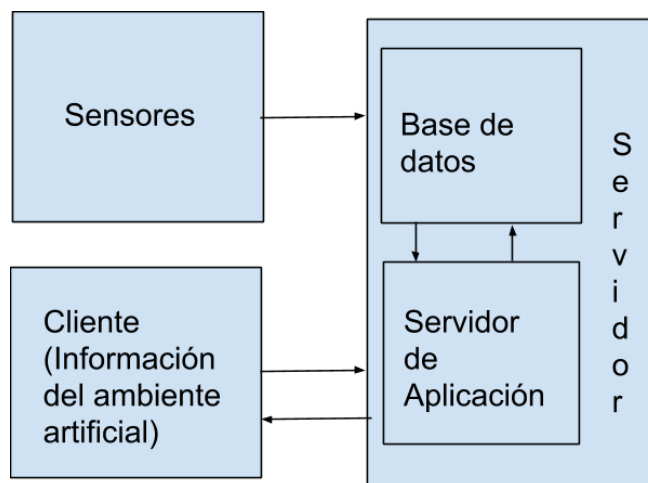


Fig. 1 Diagrama a bloques del prototipo del sistema (Creación Propia)

Productos esperados

- Código de la aplicación web
- Script de la base de datos

- Prototipo de ambiente artificial para un ajolote de la especie *Ambystoma Mexicanum*.
- Manual de mantenimiento del ambiente artificial.
- Artículo de divulgación científica.
- Manual de usuario.
- Documento técnico.

5. Metodología

Modelo Incremental

Esta metodología tiene como objetivo principal llevar el proyecto a través de diferentes iteraciones, buscando que con cada una de ellas el proyecto evolucione e incremente su funcionalidad. Una de las ventajas del modelo incremental es que no es necesariamente un modelo rígido, puede adaptarse a las características de cualquier tipo de proyecto, sin embargo, existen al menos 7 fases que tener en cuenta para su implementación [13]:

- **Redacción de requerimientos:** son los objetivos centrales y específicos que persigue el proyecto.
- **Definición de las tareas y las iteraciones:** se definen las tareas y se agrupan según las iteraciones que tendrá el proyecto. Esta agrupación no puede ser aleatoria. Cada una debe perseguir objetivos específicos que la definan.
- **Diseño de los incrementos:** es necesario definir la evolución del producto con cada una de las iteraciones. Cada una de estas debe superar a la anterior.
- **Desarrollo del incremento:** posteriormente se realizan las tareas asignadas y se desarrollan los incrementos establecidos.
- **Validación de incrementos:** al término de cada iteración, se tiene que revisar el incremento que se ha realizado, si no es el esperado o si ha surgido algún retroceso, es necesario buscar las causas de ello y resolverlo.
- **Integración de incrementos:** una vez que han sido validados, cada incremento ha contribuido al resultado final, formando así una línea evolutiva.
- **Entrega del producto:** cuando el producto en su conjunto ha sido validado y se confirma su correcto funcionamiento, se llega a la entrega final.

Consideramos que, debido a la naturaleza de nuestro proyecto, esta metodología es adecuada para el desarrollo del trabajo terminal, nos permite enfocarnos en un elemento, planearlo, modelarlo, construirlo y probarlo, mejorando su funcionalidad.

6. Cronograma

Nombre de la alumna: Briones Tapia Mariana

Título del TT: Prototipo de Sistema Embebido para monitoreo y control de un ambiente artificial para un Ajolote (*Ambystoma Mexicanum*)

TT No.: 2020 - A018

[illegible]

Nombre de la alumna: Mora Arroyo Sofia Alejandra

Título del TT: Prototipo de Sistema Embebido para monitoreo y control de un ambiente artificial para un Ajolote (*Ambystoma Mexicanum*)

TT No.: 2020 - A018

[illegible]

Nombre del Alumno: Olvera Contreras Jesús Osvaldo

Título del TT: Prototipo de Sistema Embebido para monitoreo y control de un ambiente artificial para un Ajolote (*Ambystoma Mexicanum*)

TT No.: 2020 - A018

[illegible]

7. Referencias

- [1] H. Rodríguez, "Animales en peligro de extinción," *www.nationalgeographic.com.es*, 24-Feb-2020. [Online]. Available: https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/animales-peligro-extincion_12536/1. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [2] "El ajolote, la nueva mascota exótica: dieta, manejo y calidad del agua.," *Clínica veterinaria especialistas en animales exóticos- Clínica Nido*, 15-Nov-2017. [Online]. Available: <https://www.clinicanido.es/ajolote/>. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [3] H. Mena González y E. Servín Zamora, "Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), Instituto de Biología UNAM, ISBN 978-607-02-5513-7, 2014". [Accessed: 10- Feb- 2020].
- [4] De Sahagún B. Historia general de las cosas de la Nueva España. Libro XII. De las cosas naturales. Capítulo tercero, Párrafo quinto, folio 68. Código Florentino, 1540-1585. Available: <https://www.wdl.org/es/item/10096/>; [Accessed: 10- Feb- 2020].
- [5] "El ajolote, una metáfora de lo mexicano", *El Universal*, 2020. [Online]. Available: <https://archivo.eluniversal.com.mx/cultura/66602.html>. [Accessed: 17- Feb- 2020].
- [6] "Especies endémicas | Biodiversidad Mexicana", *Biodiversidad.gob.mx*, 2016. [Online]. Available: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/endemicas/endemicas.html>. [Accessed: 10- Feb- 2020].
- [7] AMBYSTOMA, 1st ed. CDMX: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, 2018, pp. 15-64. [Accessed: 10- Feb- 2020].
- [8] C. Borrás, "Tecnología para evitar la extinción de especies," *ecologiaverde.com*, 13-Dec-2017. [Online]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/tecnologia-para-evitar-la-extincion-de-especies-208.html>. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [9] R. Moreno and M. Juste, "Tecnología para salvar animales en peligro de extinción," *Expansión*, 13-Apr-2018. [Online]. Available: <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2018/04/14/5acca5ab268e3e1d618b45d2.html>. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [10] "Granjas controladas a través del móvil," *Noticias del campo*, 07-Aug-2013. [Online]. Available: http://static.noticiasdenavarra.com/docs/2013/08/07/noticias-del-campo-entero_13161.pdf. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [11] P. Ambiente, "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010", *gob.mx*, 2020. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>. [Accessed: 12- Feb- 2020].
- [12] J. Denys González Cordova, "Genoma del ajolote ¿Y su conservación en Xochimilco?", *Ciencia UNAM*, 2020. [Online]. Available: <http://ciencia.unam.mx/leer/706/genoma-del-ajolote-y-su-conservacion->. [Accessed: 18- Feb- 2020].
- [13] "Características y fases del modelo incremental," *Características y fases del modelo incremental*. [Online]. Available: <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/metodologias-agiles/caracteristicas-y-fases-del-modelo-incremental>. [Accessed: 29-Feb-2020].

8. Alumnos y directores

Briones Tapia Mariana. - Alumna de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2016400179, Tel. 5527386984, email: dvipbangelz@gmail.com.

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Firma: _____

Mora Arroyo Sofía Alejandra. - Alumna de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2016630264, Tel. 5564725577, email: sofiana9708@gmail.com.

Firma: _____

Olvera Contreras Jesús Osvaldo. - Alumno de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2016630600, Tel. 5581152176, email: jesus.osvaldo.olvera@gmail.com.

Firma: _____

López Rojas Ariel. - Docente de ESCOM-IPN
contacto: arilopez@ipn.mx, Ext. 52032

Firma: _____