

# Prototipo de hábitat auto acondicionado para *Eublepharis macularius*

Castañeda Álvarez Josué Francisco y García Jiménez Juan Carlos

*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo*

***Internet De Las Cosas***

Enero 19 de 2023

El *Eublepharis macularius*, comúnmente conocido como gecko leopardo es un pequeño reptil de cuerpo cilíndrico y robusto, que habita desde Asia Central hasta el Sur de Asia. En cautiverio, el gecko leopardo ha demostrado ser sumamente adaptable, pudiendo alcanzar hasta los 20 años de vida con los cuidados adecuados, sin embargo, vivir en malas condiciones podría hacer que desarrolle enfermedades. El presente proyecto plantea el desarrollo de un sistema para controlar, monitorear y emular el hábitat natural del gecko leopardo en un terrario haciendo uso de componentes electrónicos y el microcontrolador ESP32.

Palabras clave: ESP32, terrario, sensores, actuadores, IOT, condiciones ambientales.

## I.- INTRODUCCIÓN

Las mascotas exóticas han ganado popularidad en la última década, siendo los reptiles el grupo favorito en esta categoría, ya que no demandan mucha atención a diferencia de las convencionales. Sin embargo, el cuidado de este tipo de mascotas requiere de ciertas condiciones ambientales para su correcto desarrollo, y su mantenimiento en terrarios puede estar sujeta a la normativa de cada país al tratarse de animales exóticos (Nubika, 2019).

A lo largo del presente proyecto se recopila información relevante sobre los cuidados del gecko leopardo, dándose mayor relevancia a las características ambientales que requiere para su desarrollo dentro de un hábitat artificial y se describe un prototipo de hábitat que replica y monitorea algunos de los parámetros requeridos para el correcto cuidado de la especie *Eublepharis macularius* (Figura 1) a través del uso de componentes electrónicos y la unificación de actuadores comerciales dispuestos para el cuidado de reptiles; dando como resultado un prototipo de sistema unificado no presente en el mercado.



Figura 1. *Eublepharis macularius* "gecko leopardo"

## II.- OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El gecko leopardo es una especie de gecko que vive principalmente en zonas semidesérticas, sin embargo, su papel como mascota se ha popularizado debido a la facilidad para criar y mantener su hogar en cautiverio, que comúnmente es un terrario, la popularización de estos Las mascotas exóticas traen otros problemas como la escasez de personas (veterinarios) con los estudios necesarios para tratar las diferentes enfermedades, por lo que los tratamientos y cuidados de las enfermedades podrían ser difíciles de diagnosticar además de costosos (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

Este reptil se protege del calor en madrigueras húmedas, descansando bajo grandes piedras. Un lugar ligeramente húmedo sin llegar a bajas temperaturas ni la presencia de viento. Aunque el control del hábitat artificial es relativamente sencillo, es necesario hacerlo de forma adecuada, pues, una mala configuración de la temperatura, humedad, iluminación y otros parámetros puede provocar que el gecko sea susceptible a desarrollar enfermedades o afecciones.

A forma de ejemplo, se mencionan algunos de los problemas que podría desarrollar el gecko leopardo ante una mala configuración de parámetros:

- Disecdisis: problemas del reptil durante la muda de la piel, ciertas partes de la piel quedan por falta de humedad, en consecuencia, algunas extremidades del reptil podrían desarrollar problemas de circulación.
- Infecciones respiratorias: el exceso de humedad por períodos prolongados provoca condiciones ideales para el desarrollo de patógenos que causan

infecciones respiratorias en el reptil (Gonzalez, 2022).

Sobre las condiciones ideales del gecko leopardo, estas varían dependiendo del color del gecko, sin embargo, lo más común es mantener una temperatura de 27 a 32 grados con una focal de 35 grados durante el día, durante la noche debe bajar a 20 a 22 grados, la humedad debe estar entre el 40 y el 50 por ciento durante el día y entre el 60 y el 70 por ciento durante la noche (Tiendanimal, s.f.).

Actualmente, se encuentran disponibles en el mercado un sin fin de accesorios y dispositivos que permiten la regulación de los parámetros de un terrario. Sin embargo, dichos dispositivos no cuentan con mecanismos que permitan autorregularse y tomar decisiones en función del tiempo, por lo cual su implementación requiere constantemente de la intervención humana de acuerdo con cada especie que se mantenga en un terrario; en particular, resulta de interés los requerimientos del *Eublepharis macularius*, al tratarse de uno de los reptiles más populares mantenida como mascota.

Se pretende desarrollar un sistema IOT que permita monitorear y corregir los parámetros ambientales del hábitat artificial con la finalidad de facilitar el cuidado de la especie y su reproducción a través de la unificación de los equipos comerciales disponibles en el mercado para su cuidado, como son almohadillas calefactoras, lámparas led e incandescentes, bombillas UV de baja intensidad y vaporizadores para controlar la humedad del terrario, y el uso de la ingeniería IoT que proveerán al prototipo con la capacidad de controlar los parámetros ambientales del terrario; entre los componentes electrónicos requeridos para este fin son sensores de temperatura, sensores de humedad y relevadores.

### III.- DESARROLLO EXPERIMENTAL

Como se mencionó anteriormente el gecko leopardo requiere de ciertos parámetros ambientales y cuidados básicos para su perfecto desarrollo en cautiverio; por el momento, al ser el presente trabajo el desarrollo de un prototipo, tan solo se ha decidido cubrir el monitoreo y control de solo algunos de ellos; específicamente, el monitoreo y control de la temperatura del sustrato, y el monitoreo de la humedad y temperatura general del terrario, para esto, se ha optado la implementación de los siguientes dispositivos:

- ESP32: Se trata de un microcontrolador de bajo costo que integra módulos Wi-Fi y Bluetooth, ofreciendo mayor facilidad en la conectividad para mostrar y recibir datos de

una página en una red inalámbrica, además el microprocesador es lo suficientemente capaz de procesar tareas como la lectura de datos con sensores, recibir datos y dar una salida PWM entre otras aplicaciones (Carmenate, s.f.).

- Amplificadores operacionales LM324: El circuito integrado LM324 este compuesto de cuatro amplificadores operacionales de alta ganancia, en sus distintas configuraciones es una herramienta útil para la manipulación de señales y el acoplamiento de microcontroladores en su modo de seguidores de voltaje.
- Transistores 2N2222A: Se trata de un transistor bipolar NPN comúnmente usado para aplicaciones de seguimiento de corriente, conmutación o como amplificador de media potencia, evitar el voltaje del esp32 y de los amplificadores y que el voltaje llegue directamente a la lámpara LED.
- Sensores de humedad y temperatura DH11: El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad muy utilizado en proyectos electrónicos debido a su simplicidad y flexibilidad. Este dispositivo digital mide tanto la temperatura como la humedad relativa en el ambiente y proporciona estos datos en forma de señales digitales, que en este caso serán interpretadas por el microcontrolador ESP32.
- Sensores de temperatura DS18B20: Es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un M324sensor en el mismo bus.
- Relevador: Los relevadores se tratan de dispositivos electromagnéticos que se encargan de abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica.
- Lámpara compacta de luz visible o luz diurna encendida durante el día y la noche, pero modificando su intensidad, siendo más tenue durante la noche (Omega, s.f.).
- Almohadilla calefactora: Una almohadilla térmica para controlar temperaturas muy frías o ayudar con niveles altos de humedad.

Además de los componentes electrónicos, se implementa tecnologías para el despliegue de la información y la interacción con los componentes a través de una página web:

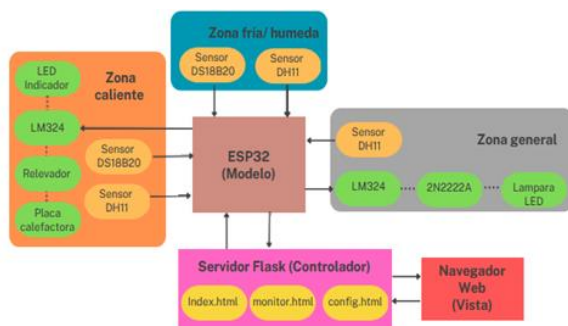
- Arduino: La plataforma de Arduino permite desarrollar programas con un lenguaje propio de propósito general basado en C (Uso del Arduino, s.f.).
- HTML: El lenguaje de marcado de hipertexto utilizado para estructurar los contenidos de una página web apoyado de otras tecnologías.
- Javascript: Es un lenguaje de programación usado para añadir características interactivas a nuestra página web.
- CSS: Las hojas de estilo en cascada sirven para dar estilo a la página web.
- Flask: Flask es un Framework escrito en Python y concebido para facilitar el desarrollo de Aplicaciones Web bajo el patrón MVC.
- Ngrok: Ngrok es un servicio que permite crear nuestro servidor local en un subdominio para poder visualizarlo fuera de la LAN, a través de internet

A continuación, se muestra un listado de costos aproximados del prototipo en la *Tabla 1*:

Producto	Costo	Cantidad	Subtotal
ESP32	\$200.00	1	\$200.00
LM324	\$18.00	1	\$18.00
DS18B20	\$40.00	2	\$80.00
2N2222A	\$9.00	2	\$18.00
DHT11	\$200.00	3	\$200.00
Relevador	\$22.00	1	\$22.00
LED	\$3.00	15	\$45.00
Almohadilla térmica	\$400.00	1	\$400.00
<b>TOTAL:</b>			<b>\$983.00</b>

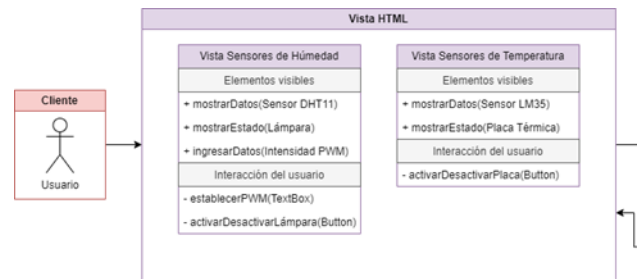
*Tabla 1. Costos aproximados*

La implementación del dispositivo requiere de un diagrama referencial previo para un mejor prototipado; véase la arquitectura general (*Figura 2*), que funge como referencia del proyecto.



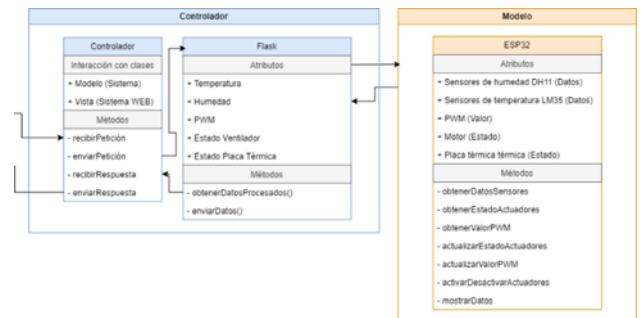
*Figura 2. Arquitectura general del sistema.*

Adicionalmente, el modelo vista controlador (MVC) da una mejor visión del funcionamiento entre la interacción del usuario con las vistas y los procesos que se ejecutan en el modelo, en la *Figura 3.1* se observa la interacción del usuario o cliente con las vistas en HTML, las cuales involucran un menú principal, una ventana de configuración para establecer parámetros y el PWM, y una interfaz de monitoreo donde se aprecian los valores medidos por los sensores.



*Figura 3.1. Vista del MVC*

En la *Figura 3.2* se puede observar que el controlador recibe y envía peticiones usando la tecnología Flask al modelo que procesa las peticiones, en este caso, el ESP32.



*Figura 3.2. Controlador y Modelo del MVC*

## IV.- DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Con base a los requerimientos del terrario del gecko leopardo y a la tecnología seleccionada para el desarrollo del prototipo, se han obtenido los siguientes productos:

**Servidor Flask (Controlador del sistema):** Se ha implementado la configuración y despliegue del controlador del sistema, el servidor Flask se encarga principalmente de atender las peticiones get y post que hacen posible el despliegue de la información ambiental recolectada por el ESP32, así como la configuración de los parámetros objetivo que el microcontrolador debe garantizar. *La Figura 4* muestra la ejecución del servidor Flask, donde se puede apreciar su dirección IP, puerto de

escucha dentro de la red y las primeras consultas get provenientes del ESP32.

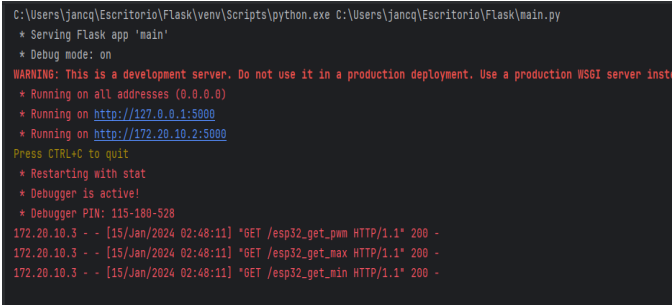


Figura 4. Ejecución del servidor Flask con dirección IP 172.20.10.2 y puerto de escucha 5000.

**Túnel de aplicación Ngrok:** Con la finalidad de garantizar acceso a la aplicación de forma remota, se implementa un túnel de aplicación proporcionado por Ngrok, el cual permite exponer la dirección IP del servidor Flask a través de una dirección URL.

La Figura 5 muestra el montaje del túnel a través del ejecutable proporcionada por Ngrok; el comando requerido es “ngrok http 172.20.10.2:5000”.

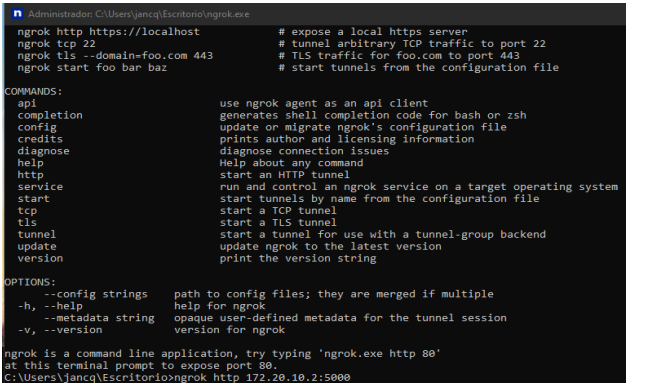


Figura 5. Montaje del túnel de aplicación Ngrok.

Una vez ejecutado el comando, Ngrok despliega una interfaz en consola donde se proporciona el estado actual del túnel, así como la dirección URL para acceder al servidor Flask, tal y como se muestra en la Figura 6.

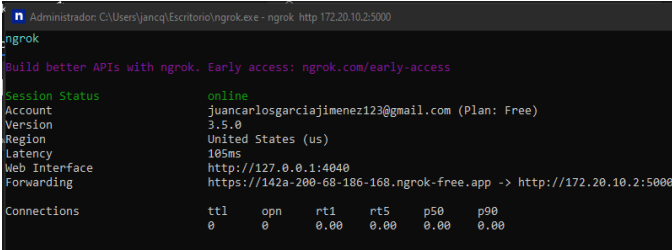


Figura 6. Monitor del túnel de aplicación Ngrok.

**Aplicación Web (Vista del sistema):** Una vez se ha accedido al servidor, este despliega en pantalla el índice de la aplicación, la cual consiste en un par de botones para acceder a la configuración del terrario y a su monitor, tal y como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Interfaz principal del terrario.

Si se selecciona la opción “monitor”, se muestra en la pantalla del dispositivo del usuario los datos relativos a la temperatura y humedad ambiental, así como la temperatura del sustrato con una actualización de cinco segundos entre medición; cabe mencionar que la calibración de los sensores se ha realizado mediante un termostato de mercurio y un multímetro en su configuración de medición de temperatura con el uso de su termopar. Se proporciona la Figura 8 a forma de ejemplo del monitor.



Figura 8. Interfaz monitor del terrario.

Por otra parte, si se selecciona la opción “configuración”, se imprime en pantalla un formulario el cual permite establecer los parámetros de luminosidad y las temperaturas deseadas de temperatura para la zona fría y caliente; en este caso se ha establecido un PWM de 255, temperatura mínima de 25 grados centígrados y una temperatura deseada para la zona caliente de 27 grados centígrados. La Figura 9 muestra la configuración previamente mencionada

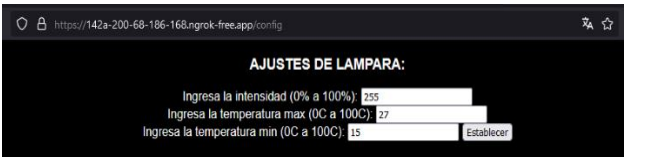


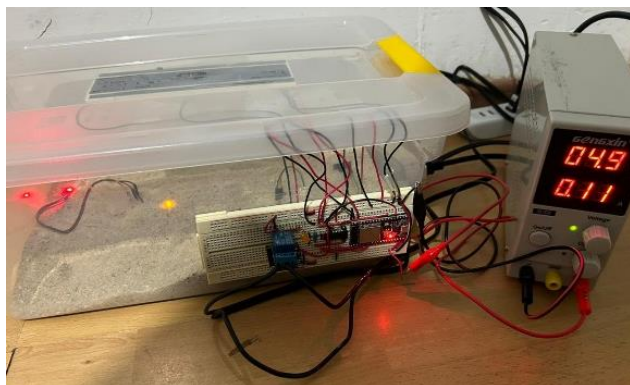
Figura 9. Interfaz de configuración del terrario.



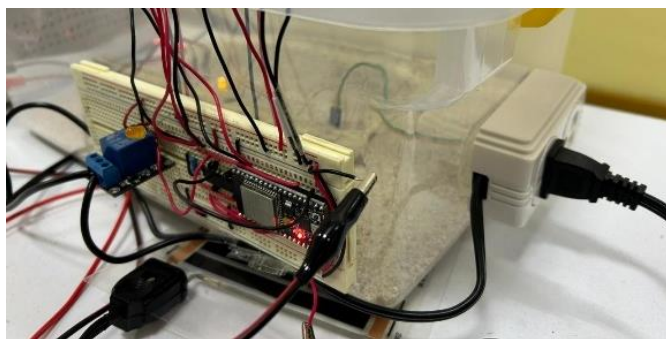
**Circuito eléctrico provisto con el ESP32 (Modelo del sistema):** El circuito prototipo consiste en tres tabletas de pruebas, en las cuales se montan los componentes tal y como se describe a continuación:

- Tableta de pruebas exterior: en ella se encuentra el ESP32, el amplificador operacional provisto para el acoplamiento de las señales y el relevador.
- Tableta de pruebas interior superior: en esta se encuentran el arreglo de leds que conforman la lampara, el transistor implementado para la modulación PWM y los tres sensores DH11.
- Tableta de pruebas interior inferior: está provista de los sensores DS18B20 para el control de la temperatura del sustrato.

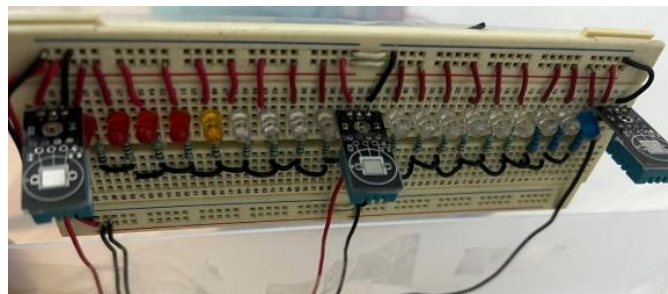
Cabe aclarar que la alimentación general del circuito es de 5V y que la plantilla calefactora se encuentra por debajo del terrario. Se provee la *Figura 10*, *Figura 11*, *Figura 12* y *Figura 13* a forma de referencia.



*Figura 10. Prototipo de terrario.*



*Figura 11. Tableta de pruebas exterior y conexión de almohadilla térmica.*



*Figura 12. Tableta de pruebas interior superior.*

**Nota:** En la *Figura 13* se muestra como sustrato arena sílica; está bajo ningún concepto (al igual que gravilla y otro tipo de sustratos de que el reptil pueda ingerir por accidente) debe emplearse con los reptiles y su uso en este trabajo es meramente demostrativo.



*Figura 13. Tableta de pruebas interior inferior.*

**Demostración de la funcionalidad:** Tomados como referencia los valores establecidos en la *Figura 9*, el sistema parte de su estado base (*Figura 10*), y al detectar el ESP32 el cambio de configuración en la temperatura deseada, procede a activar el relevador y a encender la lampara led con el valor PWM establecido; como se muestra en la *Figura 14*.



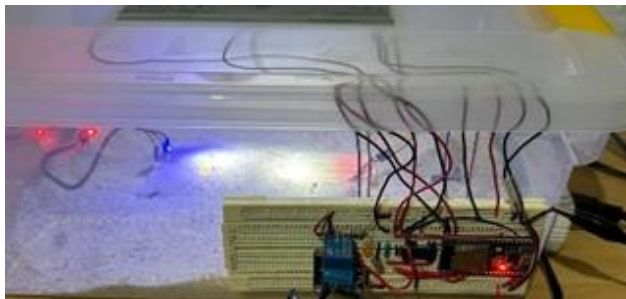
*Figura 14. Activación de la almohadilla calefactora y encendido de lampara LED.*

A partir de la activación de la almohadilla calefactora, la “zona caliente” del terrario comenzará a calentarse de forma gradual hasta alcanzar la temperatura deseada de 27 grados centígrados; esto puede ser corroborado a través del monitor de la aplicación web. En la *Figura 15*, se muestra dicho evento.



*Figura 15. Temperatura del sustrato deseada alcanzada mostrada en el monitor.*

Finalmente, al alcanzarse el valor deseado de temperatura, el ESP32 procede a la desactivación de la almohadilla calefactora; véase la *Figura 16*.



*Figura 16. Desactivación de la almohadilla calefactora.*

## V.- CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se ha concluido que la implementación del sistema es viable para su utilización en terrarios, así como su comercialización una vez que este haya sido dotado de mayor control de las variables ambientales del mismo; es deseable la incorporación de una segunda placa calefactora que pueda apoyar con el control de la temperatura de la zona fría, la implementación de un aspersor comercial que permita la modificación de la humedad necesaria para el gecko leopardo, incorporación de bombillas térmicas para configurar la temperatura ambiente, emulación de los ciclos día/noche mediante la adecuada configuración y combinación de led ultrabrillantes y la incorporación de un sistema sonoro que replique sonidos presentes en el ecosistema del espécimen.

Adicionalmente, se tiene un particular interés en el beneficio que puede implicar la realización del sistema para otros reptiles protegidos; como es el caso de la Salamandra Tigre la cual enfrenta problemas en su habitat por la actividad humana.

## VI.- BIBLIOGRAFIA

- Arduino. (s.f.). Recuperado el 10 de enero de 2024, de <https://www.arduino.cc/reference/es/>
- Carmenate, J. G. (s.f.). Programarfacil. Recuperado el 5 de enero de 2024, de <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>
- CDMX, G. d. (27 de mayo de 2020). Gobierno CDMX. Recuperado el 15 de diciembre de 2023, de <https://www.gob.mx/profepa/prensa/asegura-profepa-un-gecko-y-una-serpiente-en-el-aeropuerto-internacional-de-san-luis-potosi?idiom=es>
- Gobierno de México. (05 de abril de 2021). Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conoce-las-categorias-de-riesgo-de-la-nom-059-semarnat-2010-para-especies-de-flora-y-fauna#:~:text=La%20NOM%20059%20SEMARNAT%2D2010%20es%20una%20Norma%20mexicana%20que,integraci%C3%B3n%20de%20las%20listas%20correspond>
- Gonzalez, C. P. (08 de febrero de 2022). misanimales. Recuperado el 15 de October de 2023, de <https://misanimales.com/12-enfermedades-comunes-gecko-leopardo/>
- Nubika. (26 de November de 2019). Nubika. Recuperado el 15 de October de 2023, de <https://nubika.es/noticias/mascotas-exoticas-gecko-leopardo/>
- Omega. (s.f.). Omega. Recuperado el 15 de October de 2023, de <https://mx.omega.com/prodinfo/termopar.html>
- Profepa. (30 de diciembre de 2010). Profepa.gob. Recuperado el 13 de noviembre de 2023, de [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
- Tiendanimal. (s.f.). Tiendanimal. Recuperado el 15 de October de 2023, de <https://www.tiendanimal.es/articulos/cuidados-y-mantenimiento-del-gecko-leopardo/>