

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE



Medición de corticosterona para evaluar el estrés en serpientes del género *Crotalus* de la comarca lagunera

Por:

José Luis Cepeda Alva

**MONOGRAFÍA**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE

Medición de corticosterona para evaluar el estrés en serpientes del género *Crotalus* de la comarca lagunera

Por:

José Luis Cepeda Alva

**MONOGRAFÍA**

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

Dr. Sergio Iván Barraza Guerrero  
Presidente

MC. Ernesto Martínez Aranda  
Vocal

MC. Sergio Ignacio Barraza Araiza  
Vocal

Dra. María Guadalupe Sánchez Loera  
Vocal suplente

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE SALUBRIDAD E HIGIENE

Medición de corticosterona para evaluar el estrés en serpientes del género *Crotalus* de la comarca lagunera

Por:

José Luis Cepeda Alva

**MONOGRAFÍA**

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



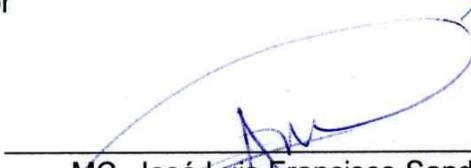
Dr. Sergio Iván Barraza Guerrero  
Asesor principal



MC. Ernesto Martínez Aranda  
Coasesor



MC. Sergio Ignacio Barraza Araiza  
Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



COORDINACIÓN DE LA  
DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2025

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por el apoyo y el amor que me proporcionaron durante toda mi vida, por el apoyo durante los momentos difíciles.

A Jorge Alcalá por su apoyo, consejos y enseñanzas, que me ayudaron a superar diversos obstáculos.

A mis maestros por sus enseñanzas y paciencia.

Al Dr. Sergio Iván Barraza Guerrero por su orientación y paciencia para poder redactar el presente trabajo

## **DEDICATORIA**

A mi padre que gracias a sus sacrificios, ha podido brindarme la educación para salir adelante en la vida.

A mi madre por su comprensión y amor durante toda mi vida, por su ayuda en mis peores momentos.

A mi hermana que es un ancla para seguir adelante.

A mi abuelo que en paz descanse, por ser un ejemplo a seguir.

## Índice general.

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
Índice general.....	iii
Índice de figuras .....	iv
Índice de Tablas .....	iv
Resumen. ....	v
Introducción.....	1
Objetivo.....	1
Marco Teórico. ....	1
1. Descripción.....	1
1.1. Serpientes del genero Crotalus de la comarca lagunera. ....	2
1.2. Alimentación. ....	5
1.3. Termorregulación.....	6
1.4. Hábitat. ....	6
1.5. Ecdicis. ....	8
2. Endocrinología. ....	8
2.1. Principales indicadores de estrés. ....	9
2.2. Anatomía del eje Hipotalámico-Hipófisis-Adrenal (HHA). ....	10
2.3. Fisiología del estrés agudo y crónico.....	13
2.4. Indicadores etológicos del estrés. ....	14
3. Manejo.....	15
3.1. Manejo en cautiverio. ....	16
3.2. Métodos de contención.....	17
3.3. Métodos para medir la actividad adrenal.....	20
Conclusión.....	23
Bibliografía.....	23

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Crotalus atrox (Foto extraída del iNaturalistMX, foto tomada por Gerson Herrera). ...	3
<b>Figura 2</b> Crotalus molossus (Foto extraída del iNaturalistMX, foto tomada por Mike Rochford). .....	4
<b>Figura 3</b> Crotalus scutulatus. (Foto extraída de iNaturalistMX, foto tomada por Yinan Li). .....	4
<b>Figura 4</b> Crotalus lepidus. (Foto extraída de iNaturalistMX, foto tomada por Maria del Rocío Hernández Ramírez). .....	4
<b>Figura 5</b> Diagrama de la respuesta hormonal del estrés mediante la anatomía del eje HHA (Claunch et al., 2023). .....	11

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Descripción de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera. ....	2
<b>Tabla 2</b> Descripción de la dieta de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera. ....	5
<b>Tabla 3</b> Distribucion y hábitat de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera. ....	7

**Resumen.**

El bienestar animal en la fauna silvestre, es un campo de la medicina veterinaria que ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años. El conocimiento sobre la fauna silvestre requiere un amplio abanico de información sobre esta, por ejemplo sus necesidades fisiológicas, hábitat y etológicas. Ya que este conocimiento puede favorecer a la planeación de la conservación de una fauna silvestre saludable.

Los reptiles como el resto de vertebrados deben mantener un estado fisiológico estable, a este estado se le llama homeostasis. Ante determinadas agresiones a este estado básico, se dice que el reptil sufre una situación de estrés. Por lo tanto, podemos definir que el factor estresante es aquel estímulo o fuerza externa que aplicada al reptil amenaza su correcta homeostasis. El estrés lo podemos definir como la combinación de respuestas elaboradas que provocan un incremento de la actividad de la glándula adrenal.

**Palabras clave:** Estrés, Corticosterona, Ofidio, Manejo

## **Introducción.**

A lo largo del mundo se ha registrado cerca de 9,834 especies de reptiles, cerca de 8,000 pertenecen al grupo Squamata. En este grupo se incluye a los ofidios, lagartijas y a los anfisbénidos. En México se tiene registro de alrededor de 864 especies de reptiles, esto posiciona al país en el segundo lugar a nivel mundial en diversidad de especies de reptiles. En México sobresale el hecho de que cerca del 80% de las especies reportadas son endémicas (Ávila, 2017).

Los ofidios o también llamados serpientes son reptiles carnívoros sin extremidades, que son fácilmente diferenciadas de los lagartos sin patas, por la falta de parpados y de oído externo, su cuerpo podemos dividirlo en tercios; de manera general en el tercio craneal se encuentra la cabeza, el corazón, la glándula tiroides, tráquea, esófago y pulmón craneal; el tercio medial alberga el estómago, hígado, pulmón caudal, páncreas, bazo y vesícula biliar; el tercio caudal contiene los intestinos, riñones, órganos reproductores, adrenales y la cloaca (Soto, 2016).

En su hábitat natural la fauna silvestre se enfrentan a situaciones estresantes, ya sean causadas por fenómenos naturales o por la alteración del hábitat en consecuencia de la intervención humana. Estos factores pueden ser perjudicial en la población de la fauna silvestre, ya que pueden provocar alteraciones drásticas en la reproducción, o incluso en la supervivencia de los organismos. En cautiverio existen factores estresantes que pueden provocar una respuesta de estrés que influya directamente en el bienestar animal del ejemplar, siendo estos factores estresantes, como el espacio limitado y poco adecuado para él tamaño del ejemplar, el bajo enriquecimiento ambiental, la dieta pobre, así como un manejo inadecuado del ejemplar por parte del ser humano. Para hacer frente ante estos factores estresantes que puede provocar el cautiverio, los individuos tienden a cambiar en ocasiones sus actividades conductuales y condiciones fisiológicas, estos cambios pueden favorecer la adaptación del ejemplar al cautiverio, así como también ser perjudiciales para la salud del ejemplar, si no se llega a eliminar el factor estresante que este causando la respuesta del estrés en el ejemplar. En los vertebrados, esos cambios son a menudo medidos a través de la secreción de glucocorticoides; cortisol en los mamíferos y corticosterona en anfibios, reptiles, aves y algunos roedores, que son conocidos por activar y/o inhibir rasgos fisiológicos y rasgos etológicos específicos de la especie (Dzul, 2015).

## **Objetivo.**

Recopilar información sobre métodos de medición de corticosterona como indicador de estrés en especies del genero crotalus de la comarca lagunera.

## **Marco Teórico.**

### **1. Descripción.**

El grupo de los viperidos tiene la característica por ser el grupo más evolucionado de todos los ofidios, los individuos que pertenecen a este grupo tienen como principal característica de este grupo es la de presentar una dentición solenoglifa, este tipo de dentición presenta colmillos largos, envainados móviles; así como poseer la capacidad de una mordida especializada para la inoculación de veneno, esta familia comprende 228 especies (Murillo, 2009).

Este grupo se divide en *Crotalinae*, donde pertenecen los géneros *Crotalus* y *Sistrurus*, junto con otras especies de ofidios que habitan en América, como los géneros *Agkistrodon*, *Bothrop*, etc. En total, el grupo de los viperidos abarca cerca de 40 géneros (Ávila, 2017).

Las víboras de cascabel pertenecen al género *Crotalus*, este género se caracteriza por tener una estructura anatómica conocida como cascabel o crótalo en la punta de la cola, esta estructura segmentaria es empleada como advertencia al agitarlo, ya que produce un ruido característico cuando la serpiente se siente amenazada. Así mismo, estos poseen un órgano sensorial que se encuentra ubicado en la cabeza entre el ojo y el orificio nasal, llamado foseta loreal cuya función es la detección infrarroja, poseen veneno que utilizan para inmovilizar y predigerir a sus presas, así como el ser utilizado como mecanismo de defensa. Este género se distribuye ampliamente en el continente americano desde el sur de Canadá hasta Argentina, este género se le puede encontrar en una gran variedad de hábitats, el tamaño de estos ofidios puede variar entre los 50cm a 250cm (SEMARNAT, 2018).

### 1.1. Serpientes del género *Crotalus* de la comarca lagunera.

En la comarca lagunera podemos encontrar 4 especies del género *Crotalus*, la cascabel de diamantes (*Crotalus atrox*), la cascabel de cola negra (*Crotalus molossus*), la cascabel llanera (*Crotalus scutulatus*) y la cascabel de las rocas (*Crotalus lepidus*).

**Tabla 1** Descripción de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera.

<p>Las cascabel de diamantes (<i>Crotalus atrox</i>).</p>	<p><b>Descripción.</b> Esta especie puede alcanzar una longitud media de 120 cm. Los machos llegan a ser de mayor tamaño que las hembras. Tiene un color base generalmente gris pardo, pero pueden variar en su coloración; presentan un patrón de motas sobre el cuerpo de color negro o café oscuro; posee de 24 a 45 de manchas con un tono que va del café al café grisáceo; las manchas comienzan en forma rectangular, tomando una forma hexagonal a la mitad y por último una forma de diamante en el último cuarto del cuerpo; en la cola presenta una serie de anillo blancos y negros que se intercalan y que por lo general se interrumpen en la zona ventral de la cola.</p>
<p>La cascabel de cola negra (<i>Crotalus molossus</i>).</p>	<p><b>Descripción.</b> Es una especie que posee alta variedad intra e interespecífica en sus poblaciones a lo largo de su distribución, debido a esta variedad, para su descripción, los individuos de esta especie se dividen entre las poblaciones del norte y del sur de su distribución. Esta víbora es de tamaño grande, aunque usualmente no excede el metro de longitud, pero se han reportado especímenes con longitudes de hasta 133 cm. Posee una pupila vertical con una cabeza notoriamente triangular. Los individuos en la región norte son más oscuros que los del sur, presentando colores como gris acero, verde grisáceo, olivo, verde olivo, verde amarillento, naranja amarillento, amarillo sulfuro, cobre o crema; tiene de 20 a 40 parches dorsales en forma de rombo o diamante; en</p>

	la parte dorsal de la cabeza, desde la escama rostral hasta el área de las supraoculares, presenta la mayoría de las veces un color negro; la cola es café oscuro o negro; la zona ventral presenta colores amarillentos, blancos, cremas o grises con un patrón de motas grises.
La cascabel llanera ( <i>Crotalus scutulatus</i> ).	<b>Descripción.</b> Muy similar a <i>Crotalus atrox</i> , aunque su coloración y patrones suelen estar más definidos. Es una especie de talla mediana, regularmente no sobrepasa los 100 cm de longitud total. La parte dorsal de la serpiente tiene una serie de manchas romboidales pardas delimitadas por dos líneas consecutivas que unen una mancha con otra. Los lados del cuerpo también presentan manchas del mismo color que las manchas dorsales, pero no son romboidales, sino irregulares. La parte ventral de la serpiente puede ser clara o blanca y algunas veces presenta manchas de color en los márgenes de las escamas ventrales. La cola es blanca con anillos delgados de color negro que no alcanzan la parte ventral de la cola.
La cascabel de las rocas ( <i>Crotalus lepidus</i> ).	<b>Descripción.</b> Es una serpiente de cascabel de talla mediana, en donde los machos adultos suelen tener una longitud total máxima de 80 cm. El color base puede ser de diferentes colores dependiendo del área de distribución, pueden ser verdes, gris claro, gris azulado, pardo oscuro y rosa. Presenta parches que cruzan el cuerpo de manera transversal, los cuales pueden ser desde 13 hasta 38 dependiendo la subespecie. Actualmente se reconocen tres subespecies: <i>C. l. lepidus</i> , <i>C. l. klauberi</i> y <i>C. l. maculosus</i> . Esta especie posee alta variedad ontogenética, interpoblacional y de dimorfismo sexual, por lo que el patrón y color de escamación es altamente variable en sus diferentes poblaciones.



**Figura 1** *Crotalus atrox* (Foto extraída del iNatutalistMX, foto tomada por Gerson Herrera).



**Figura 2** *Crotalus molossus* (Foto extraída del iNaturalistMX, foto tomada por Mike Rochford).



**Figura 3** *Crotalus scutulatus*. (Foto extraída de iNaturalistMX, foto tomada por Yinan Li).



**Figura 4** *Crotalus lepidus*. (Foto extraída de iNaturalistMX, foto tomada por Maria del Rocío Hernández Ramírez).

## 1.2. Alimentación.

La alimentación en animales, incluyendo a los reptiles, puede ser un fenómeno complejo, que van desde la obtención de la presa hasta su utilización. Dentro del fenómeno de la alimentación están los procesos implicados en la obtención de un ítem alimentario, el cual conlleva el reconocer, la selección y la captura de dicho ítem, mientras que la utilización del ítem implica los procesos como la ingestión, digestión y excreción (Vidal y Labra, 2008).

Todos los ofidios son carnívoros, lo único que varía entre especies es el tipo y tamaño de la presa, así como las estrategias para capturar a su presa; dichas presas son muy variadas, insectos, peces y crustáceos, reptiles, anfibios, mamíferos, aves y huevos. La variedad en la dieta es esencial para una buena nutrición, dicha variación nuevamente dependerá de la especie del animal (Soto, 2016).

Junto con el clima y la disponibilidad de refugios, el alimento es uno de los factores básicos que determinan las interacciones ecológicas de las poblaciones animales. La dieta es una de las fuerzas primarias en la evolución de la morfología y comportamiento de las serpientes (Cruz, 2011).

Las víboras de cascabel son cazadoras especializadas, siendo sus principales presas de las que se alimentan los mamíferos pequeños, como ratas, ratones y ardillas, y de crías de mamíferos medianos, como conejos, liebres y tlacuaches. Las víboras de cascabel para poder sobrevivir deben ingerir en alimento lo equivalente a su propia masa corporal cada año. Conocer los hábitos alimenticios de esta especie es de suma importancia para la elaboración de planes de conservación, ya que esto permite saber de qué otras especies dependen para sobrevivir, así como de los sitios y las horas del día en las cuales se lleva a cabo la caza de estas especies (Ávila, 2017).

**Tabla 2** Descripción de la dieta de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera.

<i>C. atrox.</i>	Su alimentación se compone principalmente de mamíferos pequeños, aunque también pueden alimentarse de lagartijas y aves. Sin embargo, algo que puede influir en el tipo de presa de la cual se alimentan el tamaño del ejemplar, así como la época de año.
<i>C. molossus.</i>	Cuando son juveniles se alimentan de lagartijas del género <i>Sceloporus</i> , y cuando alcanzan la adultez su principal fuente de alimento son los ruidores. Sin embargo se tienen registros de que también se llegan alimentar de aves y mamíferos de talla mediana como <i>Didelphis virginiana</i> y <i>Sylvilagus floridanus</i> .
<i>C. scutulatus.</i>	Considerada como una de las especies más venenosas del género <i>Crotalus</i> ya que esta especie inocular veneno neurotóxico. Al igual que muchas otras especies de este género; su alimentación se basa en mamíferos pequeños como ratones y ratas, así como de aves y huevos. Cuando son crías y juveniles esta especie se llega alimentar de lagartijas, otras serpientes más pequeñas, insectos y miriápodos. Hay registro de que en el estado de Coahuila de que esta especie se llega alimentar de gorriones.

<i>C. lepidus.</i>	Se alimenta usualmente de lagartijas como <i>Sceloporus</i> , <i>Cophosaurus</i> o <i>Urosaurus</i> , pero en algunas ocasiones esta especie se alimenta de otros organismos como serpientes pequeñas, aves, ranas, invertebrados y pequeños roedores del género <i>Perognathus</i> , <i>Peromyscus</i> , <i>Dipodomys</i> y <i>Sigmodon</i> .
--------------------	--

### 1.3. Termorregulación.

Los ofidios como todos los reptiles son ectotermos, su termorregulación está relacionada con la temperatura del medio ambiente. Esta se ve afectada por la homogeneidad térmica del hábitat en el que se encuentre, en cuerpos de agua la temperatura será constante. Los ambientes terrestres tienen más heterogeneidad a nivel térmico y es menor la tasa de transferencia de calor en el aire que en el agua, facilitando la regulación. La termorregulación depende del mecanismo de percepción del ambiente que posea un animal (Rodríguez y Varela, 2014).

El calor es una fuente de energía, que es usada para realizar diversos procesos biológicos en vertebrados. Este género ha desarrollado dos estrategias para generar calor, la endógena, por medio de procesos metabólicos y la exógena por medio del ambiente. Como ya mencionamos los reptiles aprovechan el calor del medio ambiente para su termorregulación, este intercambio se da mediante la radiación, conducción y convección. Los estudios sobre la biología térmica en el género *Crotalus* han proporcionado información sobre aspectos termoconformismo, termorregulación activa, tigmotermia, heliotermia, termorregulación en especies simpátricas, termorregulación y desempeño (Peñeda, 2019).

### 1.4. Hábitat.

Las serpientes del género *Crotalus* habitan exclusivamente en América, teniendo una distribución desde Canadá hasta Argentina, más del 90% de las especies se distribuyen en México por lo que se le considera como centro de especiación de este género. La distribución de una especie es el resultado de diversos fenómenos de carácter evolutivo y ecológico, entre los cuales se encuentran las interacciones con otras especies, los requerimientos de hábitat, que en ofidios conllevan una predilección por ambientes con determinados microclimas, vegetación y recursos, estos pueden o no favorecer al establecimiento temporal o permanente de una especie a escala local (Murillo, 2009).

A lo largo de su distribución las cascabel se encuentran en diferentes hábitats, tales como: desiertos, matorrales, pastizales, bosques, praderas, valles, montañas e islas, este género puede hallarse desde el nivel del mar hasta los 4300m de altitud. Existen especies con una distribución muy amplia, debido a que tienen una capacidad de adaptación para poder sobrevivir en diversos hábitats, y especies cuya distribución es muy restringida, ya sea porque requieran condiciones ambientales específicos que sólo encuentran en ciertos lugares o porque están confinadas en un espacio geográfico (Ávila, 2017).

**Tabla 3** Distribucion y hábitat de las 4 especies reportadas en la comarca lagunera.

<i>C. atrox.</i>	<b>Distribución.</b> Es una especie que tiene una amplia distribución en gran parte de suroeste y centro de Estados Unidos. En México se distribuye en gran parte del norte del país.
	<b>Hábitat.</b> Debido a su amplia distribución, esta especie se encuentra en diversos tipos de vegetación en climas áridos y semiáridos como pastizales, bosques tropicales caducifolios, pastizal de mesquite, matorral tamaulipeco, matorral submontano, desiertos y en algunas ocasiones bosques de pino-encino. Se le puede encontrar en terrenos planos, laderas o cañones.
<i>C. molossus.</i>	<b>Distribución.</b> Es una especie con una amplia distribución que abarca desde el suroeste de los Estados Unidos en los estados de Arizona, Texas y Nuevo México, pasando por la meseta mexicana hasta el sur de México en el estado de Oaxaca.
	<b>Hábitat.</b> Es una especie generalista en cuanto hábitats, se le puede encontrar en bosques de pino-encino, las sabanas, sabanas con encinos, bosques de pino, pastizales de mezquite, chaparrales, bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófilos, bosques boreales y en desiertos. La especie tiene prioridad a estar en lugares rocosos como cañones o pendientes pronunciadas asociados a la vegetación ya mencionada.
<i>C. scutulatus.</i>	<b>Distribución.</b> En México se distribuye en la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano. Su distribución es desde el desierto Chihuahuense, extendiéndose hasta Sonora y hacia el sur hasta Puebla, Guanajuato y el sureste de Veracruz.
	<b>Hábitat.</b> Es una especie de hábitos nocturnos que puede tener actividad en el día si es que los rangos de temperatura son moderados. En lugares altos y en los meses más fríos, los individuos son activos a plena luz del día. Prefiere lugares con vegetación densa y existencia de madrigueras, como los pastizales. También se le ha encontrado en matorrales, bosques de encino y de pino-encino.
<i>C. lepidus.</i>	<b>Distribución.</b> Su distribución abarca desde el sur de los Estados Unidos de América, recorriendo casi en su totalidad la Sierra Madre Occidental y la parte norte de la Sierra Madre Oriental, incluyendo toda la meseta norte. <i>C. l. klauberi</i> es de las subespecies la que tiene un mayor rango de distribución. Habita en los estados de Chihuahua, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Coahuila, este de Sonora, suroeste y centro-este de Sinaloa, este de Nayarit, norte de Jalisco y oeste de San Luis Potosí.
	<b>Hábitat.</b> Los hábitats en los que se encuentra distribuida son muy variables, aunque predomina en los bosques de pino-encino, desiertos y praderas de mezquites. Se les puede hallar en taludes inclinados de rocas de tipo basáltico, escarpadas y escabrosas, que generalmente son inaccesibles en orillas de arroyos temporales. Se le puede hallar en pisos altitudinales que van de los 300 a los 3000 m.s.n.m.

### **1.5. Ecdicis.**

Los reptiles poseen una epidermis queratinizada y especializada que forma diversas estructuras anatómicas. Esto es esencial para tener una protección por la desecación como para las abrasiones generadas por el medio ambiente en el que viven y a su vez, les ofrece la posibilidad de tener una muy buena protección contra patógenos oportunistas exógenos. La epidermis tiene como función el convertir la provitamina D3 en vitamina D3 activa gracias a la acción de los rayos UVB y la de tener un papel específico en el comportamiento de cada especie. La dermis está formada por tejido conectivo de origen mesenquimal junto con vasos sanguíneos, nervios y cromatóforos (Regner, 2014).

Los ofidios mudan periódicamente la capa más externa de la piel llamada epidermis, esto debido al proceso de crecimiento, así como para librarse de parásitos que habiten en esa capa de la piel. La epidermis de los ofidios está formada por 6 capas conocidas como cutícula, beta, meso, alfa, lagunar y libre, estas se forman durante el proceso de ecdicis. En este proceso la capa cuticular de la nueva epidermis, entra en contacto con la capa libre de la epidermis más vieja. La frecuencia de la muda en los ofidios puede verse afectada por el aumento en la temperatura, causando un aumento en el metabolismo del individuo. La frecuencia del proceso de ecdicis varía según la especie, edad, sexo, estado reproductivo y frecuencia en la que el individuo se alimente. En los ejemplares más jóvenes es más frecuente, debido a su crecimiento acelerado. Los neonatos tienen la primera muda entre las primeras 24 a 36 horas después de la eclosión, aunque en algunas especies llega a tomar más tiempo para que esto suceda. Esta muda puede darse debido a que los neonatos absorben el vitelo consumido mientras crecen, esto hace a la ecdicis necesaria para ajustar este crecimiento acelerados (Rodríguez y Varela, 2014).

### **2. Endocrinología.**

El medio ambiente en el que habitan la fauna silvestre, está sujeto a sufrir alteraciones, y que estas alteraciones llegan afectar a la fisiología del individuo. Estas alteraciones que puede sufrir el medio externo son muchos, como lo pueden ser las alteraciones en la composición, los cambios en la temperatura del medio ambiente; los animales han desarrollado un sistema que les permite mantener en muchos casos el medio interno en condiciones relativamente estables. A este estado se le llama homeostasis (Massaguer, 2003).

Los reptiles, como el resto de los vertebrados deben mantener un estado de homeostasis óptimo. Ante determinadas agresiones a este estado de homeostasis, se dice que el animal está ante una situación de estrés. Por lo tanto definamos que un factor de estrés es aquel estímulo o fuerza externa que aplicada al animal amenaza su correcta homeostasis. Al efecto inmediato llamado estrés, o situación estresante, se puede definir como la combinación de respuestas elaboradas por el animal que llevan a un incremento de la actividad de la glándula adrenal (Martínez, 2001).

Los diferentes sistemas se comunican a través de sustancias químicas. Algunas hormonas típicas son las catecolaminas y acetilcolina. Las neurohormonas son sustancias de neurosecreción que son producidas por neuronas especializadas. Existe un control químico que se lleva a cabo por otras sustancias, que son las parahormonas. Existen dos tipos de

retroalimentación, la negativa, que ocurre cuando un sistema controlado, experimenta un alteración, lo que produce una señal de salida, esta es detectada por el sensor, el cual dará una señal de error al amplificador, esta producirá un cambio en la variable, de signo opuesto a la alteración. Esto regula al sistema controlado, dentro de rangos determinados. La positiva, es similar a lo que pasa en el proceso de la negativa, pero en esta la respuesta del amplificador se da en el mismo sentido a la alteración, lo que provocara que se amplifique. Estos sistemas suelen estar limitados, por el agotamiento de las reservas de energía o de los sustratos. En individuos sanos, la retroalimentación positiva produce un efecto regenerativo, explosivo o autocatalítico. Este se utiliza para generar la fase creciente de un fenómeno cíclico, como un impulso nervioso o formar un coágulo de sangre. Este puede darse a nivel del órgano entero, o en el individuo entero. El sistema nervioso central puede regular a través de los sistemas simpático o el parasimpático. Además, también se puede dar regulación por medio de hormonas a través del sistema endocrino. El control neuronal, también se puede dar mediante sustancias que afectan las neuronas, los músculos por medio de catecolaminas y la acetilcolina. El control químico también se da mediante otras hormonas, parahormonas o feromonas (Massaguer, 2003).

## **2.1. Principales indicadores de estrés.**

Ante situaciones que producen estrés, la glándula adrenal secreta corticosteroides. En los reptiles la glándula adrenal secreta principalmente corticostenona, mientras que en la mayoría de los mamíferos y peces se secreta cortisol. Como consecuencia, ante un factor de estrés, existen diversos factores que llegan afectar la concentración de corticosteroides en el plasma del individuo, como lo son la genética, edad, sexo y estado nutricional o el tipo, duración y frecuencia de los factores estresantes (Martínez, 2001).

Los animales silvestres experimentan situaciones de estrés mediante la captura, el cautiverio ya sea con fines de investigación o exhibición. Desde el punto de vista de la ética y el bienestar animal, es importante comprender las implicaciones fisiológicas de estrés en los animales silvestres. Científicamente, el estrés que experimentan los animales debe tenerse en cuenta en todos los esfuerzos de investigación para que los resultados sean objetivos y comparables, ya que la duración y la magnitud del estrés afecta la salud, el comportamiento y la reproducción del animal (Claunch et al, 2022).

Antes de intentar capturar al animal, se deben realizar observaciones visuales de la fauna silvestre. Esto es tan importante antes de la primera captura en la naturaleza como antes de cualquier intento de captura, estas observaciones se pueden realizar con un ejemplar que se encuentre en cautiverio. Las observaciones deben ser realizadas en silencio, por una sola persona y desde una distancia que permita una visión clara del animal con la menor perturbación posible. La observación del ejemplar debe centrarse en el comportamiento, el movimiento y la postura del animal (Victoria State Government, 2023).

El estrés es una respuesta, ante condiciones ambientales adversas, esta genera ajustes en la fisiología y metabolismo para conservar el estado de homeostasis; el estrés puede estudiarse desde el punto de vista fisiológico, ya que el estrés afecta a diversos sistemas como el nervioso central, neuroendocrino periférico, inmune, así como alteraciones en la conducta del individuo. Estos cambios neuroendocrinos y los cambios en la conducta del individuo, permite que el

organismo se adapte al presentarse una situación de estrés. La respuesta ante una situación de estrés se vale de varios fenómenos. Uno de ellos es el reconocer una amenaza, esta se da en el sistema nervioso central y termina en la organización de defensa biológica de tipo homeostático. El segundo es cuando se da un cambio en la conducta y neuroendocrinos, esto lleva a que el individuo presente cambios biológicos que alteran la economía corporal y es compensada por procesos biológicos como el proceso de gluconeogénesis. Si el estímulo del estrés es prolongado, provocara un estado prepatológico, este estado afecta las funciones normales desarrollando alguna patología, también provocando cambios en la conducta como la agresividad, la letargia o el desarrollo de conductas anormales (Morales, 2003).

En biología, un animal en vida libre no es solo una unidad independiente si como un nicho ecológico en el cual habitan diversos organismos. Estos mantienen una población estable en el individuo, esto sucede por un sistema inmune sano que refleja un estado sanitario y nutricional excelente. Las malas condiciones en cautiverio son factores predisponentes que producirán una alteración perjudicial en esta estabilidad debido a la inmunosupresión del individuo en el cautiverio, esto provoca que el individuo padezca enfermedades infectocontagiosas, bacterianas, micóticas y víricas. En cautiverio, la causa más frecuente de muerte en ofidios, se asocia con la dificultad para adaptarse a su entorno, lo que se denomina síndrome de mal adaptación, el cual es definido como los efectos patológicos del estrés en un animal mantenido en cautividad. Los agentes que lo desencadenan pueden ser clasificados como somáticos, psicológicos, etológicos o variados. Los ofidios puede presentar manifestaciones clínicas como anorexia, emaciación, úlceras intestinales, crecimiento reducido, fragilidad de tejidos, fallas reproductivas, aumento de la carga parasitaria, y susceptibilidad a diversas infecciones (Cordón, 2023).

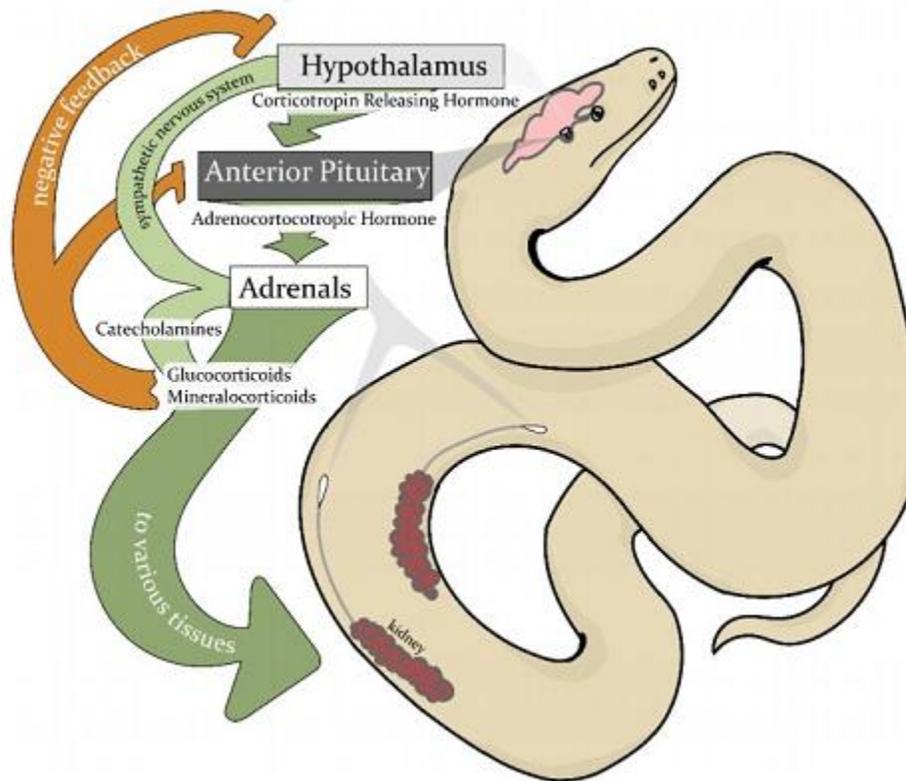
Los ofidios pueden presentar estrés medioambiental, físico y social, lo que progresivamente se expresa en disminución del apetito, depresión, inactividad, ecdisis difíciles, cambio en la consistencia de las heces, bajo consumo de agua, entre otros, debido a una alteración en el metabolismo o por influencia de factores exógenos y endógenos. Estas alteraciones repercuten sobre todo en el funcionamiento de todos los sistemas, especialmente el inmunitario y el digestivo (Peñuela y Brieva, 2007).

Una métrica que es frecuentemente utilizada en este campo es la medición de glucocorticoides en individuos silvestres. En muchos estudios, la medición de glucocorticoides se utiliza para cuantificar el estrés en un organismo, aunque estos mismos están involucrados en muchos más que simplemente facilitar cambios en las respuestas ante el estrés. Si bien los glucocorticoides generalmente se liberan durante un evento estresante, su función es matizada y están involucrados en varias actividades, como la movilización de reservas de energía, al inmunomodulación y la mediación de otras hormonas (Neuman-Lee et al., 2020).

## **2.2. Anatomía del eje Hipotalámico-Hipófisis-Adrenal (HHA).**

Los ofidios han adaptado su cuerpo para reptar. Debido a estas características evolutivas sus órganos internos presentan una asimetría en su posición, siendo así que los órganos de lado derecho tienen una posición más craneal. Para esto el dividir el cuerpo de la serpiente en tres regiones, ayuda a entender fácilmente la posición de los órganos. La región craneal, la región intermedia y la región caudal. En la región caudal se encuentra las gónadas, derecha e

izquierda, seguidas por los riñones derecho e izquierdo. Las glándulas adrenales, pueden encontrarse medialmente a sus respectivas gónadas, colocados en el mesorquio o mesovario según sea el caso. El intestino es lineal. Se encuentran cuerpos grasos celómicos de forma ventral a todas las vísceras desde el nivel de la vesícula biliar, extendiéndose caudalmente hasta el nivel de la cloaca (O'Malley, 2007).



**Figura 5** Diagrama de la respuesta hormonal del estrés mediante la anatomía del eje HHA (Claunch et al., 2023).

Los reptiles en cautiverio están expuestos a diferentes grados de estrés, ya sea por el manejo, interacción con otros individuos, cambios en el fotoperíodo, etc. Este estrés provoca cambios fisiológicos, ante situaciones adversas, haciendo que el individuo se adapte y mejore sus oportunidades de sobrevivir a una situación de peligro. Esta respuesta exige un gasto energético, aumentando la energía hacia los centros fisiológicos de respuesta, en disminución de la energía destinada a otras funciones fisiológicas y sistemas que serán temporalmente suspendidos (Tracchia, 2018).

El eje hipotálamo-hipofisario-adrenal regula la producción de corticoides, esto es común en todos los vertebrados. La síntesis de corticoides en el tejido interrenal está regulada por la hormona hipofisaria adrenocorticotropina (ACTH). La secreción de ACTH se regula a su vez por el factor liberador hipotalámico (CRH), sintetizado en el núcleo paraventricular de hipotálamo. El eje está regulado por un mecanismo de retroalimentación negativa (Pascua, 2016).

La activación del eje HHA ante situaciones estresantes, provoca alteraciones en la conducta y en procesos fisiológicos que mejoran la capacidad adaptativa del individuo e incrementa sus probabilidades de sobrevivir. El cortisol, es elaborado por la corteza adrenal por medio del colesterol, esta hormona participa en regular en todo los aspectos del metabolismo, ya sea de manera directa o interactuando con otras hormonas, activando la gluconeogénesis, síntesis de proteínas y lipólisis, así como en la respuesta de estrés. El cortisol es el glucocorticoesteroide principal secretado como respuesta ante una situación de estrés, esta hormona es más rápida en comparación a las secretadas por la tiroides (Vélez y Uribe, 2010).

El sistema nervioso central, en los reptiles es menos complejo en comparación a los mamíferos. Sin embargo, se desconoce más acerca de su fisiología, el cerebro está dividido por una flexura anterior y posterior, estas conformadas por distintas estructuras y funciones. El anterior está conformado por el telencéfalo y el diencefalo incluyendo al tálamo, los hemisferios cerebrales y tectum óptico. El telencéfalo cumple la función primordialmente olfatoria, mientras que el diencefalo es básicamente óptico. El área talámica, de pared gruesa y de forma tubular, esta área es comprimida por los lóbulos cerebrales y el tectum óptico, de forma dorsal la porción epitalámica presenta dos proyecciones; el cuerpo parietal que en la mayoría de los reptiles atraviesa el cráneo, formando el ojo parietal, la epífisis presente en los quelonios y en la mayoría de los reptiles, esta estructura es una masa ovoidea de coloración roja parduzca cubierta por la piamadre con prolongadas extensiones al interior que llevan numerosos capilares y ubicada en la depresión de los tálamos y cuerpos cuadrigéminos. En reptiles, en comparación a los mamíferos, mantiene su función y estructura. La porción ventral del área talámica constituye el hipotálamo que aparte de su función nerviosa junto con el resto talámico y la glándula pituitaria constituyen el mayor órgano endócrino (Triacchia, 2018).

La denominación de glándula suprarrenal no se utiliza en herpetología dado que esta glándula no se encuentra sobre los riñones en vertebrados inferiores. Como atavismo ontogénico, esta glándula no sufre ninguna migración embrionaria y se ubica muy cerca de la vena renal y de la gónada. En los ofidios, las glándulas adrenales son de aspecto filiforme y rosadas, y se encuentran inmediatamente mediales a sus respectivas gónadas (Aguilar et al., 2010).

Esta glándula, formada por dos tejidos, diferenciados de forma ontogenética, funcional y estructuralmente; la corteza siendo el tejido esteroideogénico y la medula siendo el tejido cromafín. Aunque la anatomía de la glándula, sea distinta entre las diferentes clases de vertebrados, visto desde la fisiología, las diferentes hormonas adrenales son equivalentes en todos los vertebrados. La corteza adrenal es de origen mesodérmico, se origina del epitelio celómico junto con las gónadas, presentando variables en su organización histológica en los diferentes grupos de vertebrados. Independientemente de la clase de vertebrados considerada la corteza adrenal produce corticosteroides y esteroides sexuales; todos ellos, hormonas esteroideas derivadas del colesterol. La médula adrenal conformada por grupos de células llamados cromafines que se encuentran alrededor de capilares sanguíneos. La célula cromafín se deriva del ectodermo neural junto con las neuronas simpáticas. Las células cromafines de la medula se encargan de secretar catecolaminas. En reptiles se definen dos zonas diferentes e independientes del tipo celular dentro de la glándula adrenal, cada una de ellas hace referencia al tejido adrenal que ocupa una posición periférica, mientras que el tejido interrenal es la zona que ocupa una posición central, usando estos términos como sinónimos de corteza

y médula respectivamente. Existe una profunda conexión entre las gónadas y la glándula adrenal; sin embargo, la relación con el mesonefro de donde deriva el riñón son más cercanas dentro de los reptiles (Rodríguez, 2014).

### **2.3. Fisiología del estrés agudo y crónico.**

Las serpientes ante los estímulos estresantes, desencadenan una respuesta de estrés, no solo a través de la secreción de catecolaminas, como la adrenalina y la noradrenalina, en la sangre, sino también a través de una respuesta de estrés endocrino con activación del eje HHA, para liberar glucocorticoides, en particular corticosterona, en la sangre. La corticosterona es análoga al cortisol, un glucocorticoide presente en los mamíferos, y puede considerarse una hormona adaptativa, ya que facilita el gasto de energía para los sistemas corporales a través de la gluconeogénesis para hacer frente a los factores estresantes. Un factor estresante puede ser agudo, provocando una respuesta aguda de corto plazo que causa cambios fisiológicos y de comportamiento que contrarrestan el factor estresante. Esto es solo temporal y permite que el individuo vuelva rápidamente a sus actividades normales. Por el contrario, una respuesta crónica y sostenida con niveles no adaptativos de secreción de glucocorticoides perturbará las actividades normales de forma crónica, lo que conducirá a un deterioro del bienestar (Van Waeyenberge et al., 2018).

Cuando el individuo percibe un factor estresante, el hipotálamo responde secretando la hormona liberadora de corticotropina y a través de vías neuronales, estimula las glándulas adrenales para que secreten catecolaminas. La pituitaria anterior responde a la hormona liberadora de corticotropina secretando la hormona adrenocorticotrópica. Cuando las glándulas adrenales los reciben, los glucocorticoides y mineralocorticoides se secretan a varios tejidos del cuerpo uniéndose a los receptores de glucocorticoides y mineralocorticoides para generar efectos posteriores. La retroalimentación negativa ocurre cuando altas concentraciones de glucocorticoides se unen a los receptores de la pituitaria y el hipotálamo; posteriormente, disminuye la secreción de hormonas ascendentes que estimulan la síntesis de glucocorticoides (Claunch et al., 2023).

La respuesta fisiológica del estrés comienza cuando el hipotálamo percibe un estímulo nocivo. Este proceso provoca el estímulo del sistema simpático liberando noradrenalina y adrenalina, estas causan un aumento en la actividad motora, el ritmo cardíaco y la energía por medio de glicolisis y lipolisis. Esta reacción inmediata tiene la finalidad de huir o enfrentar al agente que provoque estrés. En el mediano plazo se activa el eje HHA, inicia cuando el hipotálamo estimula a la hipófisis a liberar hormonas ACTH, estas llegan a la corteza de las glándulas adrenales, liberando glucocorticoides al sistema circulatorio. Estos promueven la glucogenólisis, la estimulación de la función inmune, agudizan el aprendizaje, inhiben los procesos reproductivos y la disminución del apetito. Estos cambios, permiten el sostenimiento de la respuesta inicial de huida o el enfrentamiento por más tiempo (Valdespino et al, 2007).

El estrés crónico es un estado de activación fisiológica en curso, este se presenta cuando el individuo está constantemente expuesto a situaciones de estrés, esto provoca que el sistema nervioso autónomo rara vez tenga la oportunidad de activar la respuesta de relajación. Provocando una exposición prolongada a las hormonas del estrés, llegando a alterar las

funciones biológicas. El estrés crónico es una condición de mala adaptación, favoreciendo a la susceptibilidad a las enfermedades, o favorecer su progresión (Romero et al, 2011).

#### 2.4. Indicadores etológicos del estrés.

Los indicadores etológicos al estrés agudo, debido a la secreción de catecolaminas, están relacionadas con las respuestas de huida o lucha. Si el peligro está cerca, la mayoría de las serpientes intentarán evitar ser detectadas escondiéndose, ya que esto requiere la menor cantidad de energía para evitar ser detectados. Si esto no funciona, algunas especies simulan una mordedura o atacan. La serpiente de nariz de cerdo oriental, por ejemplo, realiza una exhibición de muerte poniéndose boca abajo y permaneciendo inmóvil. Mientras se hace la muerta, esta especie puede producir un líquido sanguinolento y maloliente que imita la sangre y el olor a descomposición. Otras especies de serpientes pueden auto inflarse tomando aire, lo que hace que parezcan más grandes para un depredador, también pueden liberar el aire generando un resoplido para tratar de ahuyentar a los depredadores. El movimiento de cola y el azote de la cola es un comportamiento que indica que el reptil está agitado. Este comportamiento se puede observar en las serpientes cuando vibran sus colas cuando se acerca un depredador o una amenaza. Este comportamiento de intimidación lo demuestran las serpientes de cascabel y en algunas especies no venenosas cuando se sienten amenazadas. Las serpientes tienen la capacidad de vaciar sus glándulas almizcleras cuando se les provoca o se les asusta. Estas glándulas se encuentran cerca de la cloaca, las falsas corales son conocidas por este comportamiento (Judah y Nuttall, 2008).

En cuanto a lo reproductivo, los niveles de glucocorticoides u hormonas del estrés son importantes en el éxito reproductivo de las especies debido a que el aumento en la tasa de síntesis de glucocorticoides, se encuentra fuertemente asociado a las temporadas de reproducción. Así sucede con la víbora *Agkistrodon piscivorus*, en la cual los glucocorticoides se encuentran en bajos niveles durante el período reproductivo y se cree que los bajos niveles de ésta hormona pueden ser un prerrequisito para el comportamiento de apareamiento ya que existe evidencia de que el estrés tiene un efecto inhibitorio sobre las gónadas, en particular sobre la sensibilidad hacia las gonadotropinas. Además, los glucocorticoides juegan un papel importante en la selección sexual, de manera que los individuos muestran preferencias por compañeros cuyos niveles de glucocorticoides sean bajos. La corticosterona es segregada por la corteza de las glándulas adrenales y tienden a suprimir la función reproductiva a múltiples niveles; ya sea la actividad reproductiva por sí misma, o bien llevando a disminuir los niveles de testosterona en plasma, como se observa en la serpiente *Thamnophis sirtalis parietalis*, a medida que aumenta el nivel de corticosterona existiendo una correlación negativa entre los niveles de ambas hormonas aún más evidente cuando existe estrés por captura (Meza, 2011).

La anorexia se trata de un problema común en serpientes. Este problema de comportamiento suele ir asociado a problemas infecciosos como enfermedad vesicular o bien estomatitis. En esos casos es importante saber diferenciar si la enfermedad infecciosa es principal o secundaria al problema de la anorexia. Las causas predisponentes a la anorexia son la época

del año, la sobre manipulación, la mala adaptación y la ausencia de refugios. El cambio de comportamiento es la mejor forma que tiene un individuo de afrontar de manera inmediata el estímulo que le provoque estrés. Sin embargo, si el individuo no puede adaptarse para poder hacerle frente al estímulo, podría causar el sufrimiento del individuo. El cambio de conducta del individuo cuando sufre estrés, puede proporcionar información de su estado interno, así como el poder medirlo. Si el factor estresante es continuo, el individuo puede generar conductas que pueden perjudicar su salud. La respuesta hacia el estrés, tiene como función la de mejorar el aprovechamiento de la energía de los sistemas corporales para poder adaptarse, estimulando la lipólisis, gluconeogénesis y altera la función cardiovascular. Además, el estrés inhibe los sistemas que no sean esenciales para la supervivencia a corto plazo, por ejemplo el crecimiento y la reproducción, todos ellos íntimamente relacionados con la ingestión de alimentos. El efecto del estrés en el sistema inmune es complejo; de manera que el aumento de glucocorticoides causa de manera característica una inmunosupresión del individuo. Estos cambios disminuyen el gasto de la energía y favorecen el rendimiento inmediato. Sin embargo, la inmunosupresión incrementa el riesgo de contraer enfermedades como la estomatitis infecciosa y la enfermedad vesicular. Ambas condiciones están relacionadas a individuos inmunodeprimidos. El estrés crónico tiene consecuencias como la prolongación del comportamiento de anorexia (Martínez, 2015).

Otra consecuencia del estrés crónico, es el problema de la distocia, la literatura es escasa en cuanto a distocias en ofidios, este problema se manifiesta por condiciones que impiden o dificultan el proceso de parto u ovoposición. Son consideradas una patología frecuente en reptiles en cautiverio. Causada generalmente por malas condiciones en el cautiverio y manejo, que afectan en el estado de homeostasis del individuo, alterando de manera negativa su metabolismo, provocando una insuficiencia nutricional, inmunosupresión, enfermedades, otros problemas etológicos causados por el estrés como la letargia y la anorexia; factores que pueden llevar a los pacientes a la muerte (Estrada et al, 2015).

### **3. Manejo.**

El conflicto entre los seres humanos y la fauna silvestre, lo podemos definir como cualquier acción que tengan un efecto adverso hacia alguno de los involucrados. Las consecuencias de esta problemática pueden ser lesiones o incluso la muerte de seres humanos a causa de ataques, accidentes con vehículos y transmisión de enfermedades zoonóticas. A causa de este problema, se llega a erradicar a una gran cantidad de animales en todo el mundo, lo que puede llevar a la extinción local de las especies que estén involucradas en estos ataques (Fernández et al, 2021).

En México durante los últimos sesenta años, el crecimiento de la población, los avances en tecnología, el desarrollo industria y la falta de empleo, han sido factores que han ocasionado efectos negativos en sus ecosistemas y mermando su biodiversidad. La fragmentación, transformación y destrucción del hábitat amenazan la vida de cualquier organismo, ya que esto provoca el aislamiento en su población o que esta desaparezca completamente. La alteración del hábitat afecta sus fuentes de alimento, refugio y hábitos reproductivos, lo que provoca que disminuyan sus fuentes de subsistencia y en algunos casos lamentables la muerte. Algo que llega a agravar el problema, es el comercio ilegal de especies. Aunque la mayoría de

coleccionistas mantienen en buenas condiciones los ejemplares adquiridos, la supervivencia de las poblaciones silvestres disminuye al reducirse el número de individuos en vida libre a causa del tráfico ilegal de especies (Martínez y López, 2019).

El ser humano, en su afán de controlar la naturaleza, se ha arriesgado a intentar manejar especies nocivas para la salud humana, como lo son los ofidios venenosos, si bien con una buena capacitación y buenas precauciones, es posible manejar sin mucho riesgo estos ofidios. Sin embargo, se han reportado una gran cantidad de casos de ofidismo, muchas veces provocado por el exceso del alcohol, al manejar estos ejemplares sin tomar precauciones; si bien las serpientes del género *Crotalus* adviertan de su presencia, y no desean malgastar su veneno en un ataque por defensa, con un mal manejo es muy probable que no dude en utilizarlo, causando graves lesiones y a veces causando la muerte (Guzman, 2010).

### **3.1. Manejo en cautiverio.**

El cautiverio de los ofidios conlleva grandes requerimientos medio ambientales y alimenticios, el ambiente está condicionado por los hábitats y micro hábitats que estas habitan con naturalidad. La alimentación de los ofidios está condicionado por las presas que naturalmente consumen y está ligada al estado del desarrollo biológico, época del año y ubicación del individuo. La mortalidad de ofidios en cautiverio es muy alta. La mayoría de los casos registrados obedece a causas de estrés, disminución de condición corporal, síndrome de mal adaptación, siendo estos factores que perjudican las oportunidades de sobrevivir, es necesario un correcto manejo y el conocimiento de las diferentes técnicas que sean las más apropiadas e idóneas para mantener al individuo en cautiverio (Castro, 2021).

Dentro del contexto del manejo de fauna silvestre, hay que considerar el marco legal que protege los recursos naturales, el cual ha sido establecido en diversas leyes aplicadas a nivel nacional como internacional. De las cuales dos leyes regulan el control y uso responsable de los recursos naturales en México siendo estas; la Ley General de Vida Silvestre, esta establece todo lo relacionado con la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio mexicano y en las zonas donde la nación ejerce su jurisdicción. Destacando la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNART-2010, la cual tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana (Hernández, 2019).

El cautiverio de los ejemplares deberá ser adaptado según la especie de que se trate, el encierro en cautiverio tiene que contar con el tamaño y características adecuadas con relación al tamaño y tipo del espécimen, también deberá contar con los aditamentos necesarios para mantener un control de la humedad y gradiente de temperatura adecuadas. Para el cautiverio de una serpiente venenosa, el diseño del terrario debe tener doble mecanismo de cierre, por si uno llegara a fallar, además debe permitir ver al ejemplar a través de las paredes y tener la leyenda visible de serpiente venenosa. La humedad en el terrario es un factor importante que debe controlarse, para dar las condiciones adecuadas en el encierro; la humedad relativa adecuada en el cautiverio de una especie desértica varía del 30% a un 50% mientras que para una serpiente subtropical los rangos serían del 60% al 80% y para un ejemplar tropical serían del 80% al 90%; cualquier serpiente que sea mantenida en un encierro con una humedad

subóptima tendera a la deshidratación y a la diecdisis, mientras que un exceso de humedad predispondrá a la presentación de dermatitis (Soto, 2016).

La iluminación es de suma importancia, ya que tiene relación con la temperatura de los mismos, así como con las actividades hormonales influidas por el fotoperiodo. Sin embargo, no debe haber una exposición permanente a esta, así que debe colocarse algunos refugios, para que puedan guarecerse de la iluminación, ya que debe darse de forma voluntaria. El refugio debe permitir que el individuo tenga libre acceso a este, por si requiere alejarse de una zona húmeda a una más seca. La intensidad de la iluminación, se ve influenciada por el espacio y el tiempo, esto en relación a la distribución de las especies. Los focos fluorescentes, infrarrojos y ultravioletas, son una buena fuente de calor y favorecen la producción de vitamina D3. Los ofidios son animales poiquilotermos y tienen que contar con fuentes de calor constantes; es importante proteger las fuentes de calor para evitar quemaduras en los ejemplares. Los reptiles ejercen su máximo pico de actividad metabólica cuando están en un rango óptimo de temperatura, este rango se encuentra entre los 25.3°C a los 29.5°C para especies que habitan bosques tropicales o templados con cobertura vegetal densa. Las especies que habitan zonas áridas pueden soportar temperaturas superiores desde los 29.6 a los 33°C, resultando fatales temperaturas inferiores de 5.5°C, así como superiores a 35°C para la mayoría de las especies. Mientras que para las especies diurnas desérticas es de 38°C (Santibañez, 2007).

El sustrato para el cautiverio debe parecerse lo más posible al del ecosistema del que provenga el espécimen, es importante elegirlo bien puesto que la piel del animal estará en contacto directo con el mismo; como sustrato se puede utilizar tierra, gravilla, arena, hojarasca, viruta de madera. Es recomendable mantener en un encierro de cuarentena a individuos recién adquiridos, para realizar un monitoreo de la salud general del animal y poder recolectar muestras de las eyecciones; para este encierro se recomienda la utilización de papel bond como sustrato, pues facilitara la toma de muestras (Soto, 2016).

La ventilación es de suma importancia para la salud y el confort de los individuos contenidos en el terrario. En casos en el que los individuos contenidos en recipientes cerrados, la ventilación es de suma importancia, ya que sin esta puede aumentar la temperatura y el exceso de humedad. Aparte de la acumulación de calor y humedad, existe la perturbación de los ejemplares por exceso de bióxido de carbono y amoniaco en el terrario, el hecho de perder o conservar el calor y la humedad, puede controlarse con extractores e inyectores de aire, así como el uso de ventiladores. El agua es un factor importante para el control y la prevención de patologías, hay que tener en cuenta la manera de ofrecerla, dado que algunas especies toman agua de charcas, mientras que otras beben del rocío de las plantas. Debemos ofrecer agua limpia, siendo esta incolora, inodora, e insabora, potable y así debe permanecer en todo momento. En todo caso, los terrarios deberán contar con al menos un recipiente con agua, este debe ser lo suficientemente grande para alojar un ofidio en su interior (Santibañez, 2007).

### **3.2. Métodos de contención.**

Uno de los obstáculos más grandes para la implementación de planes para el uso y el manejo de estas especies, ya que existe el estereotipo de que todos los ofidios son venenosos y peligrosos. Sin embargo, algunas especies, son traficadas en el mercado ilegal de fauna.

Debido a esto, las autoridades correspondientes deben regular la captura con fines de investigación, cría, zoológicos y el aprovechamiento de estas especies, como la utilización de sus derivados como el veneno (Instituto Nacional de Salud, 2016).

En cautiverio la mayoría de los accidentes con reptiles se deben a fallas en los procedimientos de manejo o al desconocimiento de las técnicas apropiadas para el reptil. Para el manejo contamos con herramientas para realizar un manejo adecuada y segura, dentro de las cuales se encuentran los ganchos herpetológicos, los tubos de contención, las pinzas herpetológicas entre otras (Hernández, 2020).

La manipulación de los ejemplares debe realizarse con objetivos justificados, ya que este procedimiento puede ocasionar una alteración y presentar comportamiento de lucha o huida, lo que provoca accidentes que ponen en riesgo la salud del ejemplar y la de los técnicos que realicen el manejo. La contención y captura son procedimientos que emplean dos métodos creados a partir del tipo de manejo que se va a realizar, siendo el primero de estos el método físico, dejando a los métodos químicos para ciertos procedimientos como por ejemplo cirugías (Hernández, 2019).

El manejo en los ofidios, se realiza para cumplir diversos objetivos como lo son: la extracción del veneno, revisiones médicas, sexado, identificación, etc. Tanto para el manejo de especies venenosas como de especies no venenosas, se deben realizarse con herramientas que ayuden a su manejo. En especies venenosas, el manejo debe ser menor frecuencia, ya que su manejo aun siendo realizado de manera correcta existe el riesgo de accidentes (Santibañez, 2007).

Para realizar los procedimientos de manejo y contención en ofidios, deben de ser abordados como una experiencia nueva y diferente con cada ejemplar a manejar. El realizar estos procedimientos de forma casual o complaciente, puede resultar en un accidente desastroso. Las conductas defensivas varían según el individuo debido a su temperamento, para realizar un buen manejo hay que observar e interpretar a estas conductas para ajustar y modificar la técnica de manejo de ser necesario. La manipulación de serpientes con ganchos, a diferencia de las pinzas, reduce el riesgo de sufrir lesiones al animal. Un mal manejo puede provocar lesiones en la columna del animal cuando este se retuerza o se agite. Una vez seleccionada la herramienta a usar, comprimimos de forma suave la parte posterior de la cabeza contra el piso, aplicando la suficiente fuerza para no lastimarlo ni dejar que escape. Después de esa acción se sostiene por la base de la cabeza con el dedo pulgar y corazón detrás de las comisuras, el dedo índice se ubica sobre la cabeza. El dedo anular y el meñique deben cerrarse suavemente sobre el cuello, con el propósito de dar un mejor agarre. Con la otra mano controlaremos el cuerpo del animal por la parte media. En caso de ser un ejemplar grande el cuerpo puede ser sostenido por más manipuladores para proteger la columna (Ortiz, 2021).

Debido al comportamiento de los vipéridos, estos tienden a tomar una posición defensiva que les permite atacar en cualquier dirección, teniendo un alcance de aproximadamente de dos terceras partes de la longitud del cuerpo. Debido a esto, el manejo de estos animales se debe realizar bajo estrictos protocolos de seguridad y por personal capacitado; esto reduce el riesgo de lesiones tanto para los animales como para el personal. Este procedimiento siempre debe realizarse en equipo, los operadores tienen que sentirse cómodos con los procedimientos de

manipulación, siempre subestimando el rango del alcance del ejemplar. El personal debe trabajar con el ejemplar sin prisa, sin estar mentalmente distraído o bajo los efectos de medicamentos que afecten el estado de alerta, los reflejos o el tiempo de respuesta, el área de trabajo tiene que estar despejado de objetos u obstáculos innecesarios y con las herramientas adecuadas a la mano. Los contenedores siempre deben estar cerrados, antes de abrir el terrario se debe anunciar al resto del personal, para que el personal se centre inmediatamente su atención en el manejo. El contenedor debe estar marcado como animal venenoso, contando con una etiqueta que indique el nombre de la especie, número de ejemplares en el contenedor, y el tipo de suero antiofídico a administrar. La manipulación de los cadáveres nunca debe de hacerse con las manos desnudas, siempre hay que utilizar una herramienta como una pinza o gancho para cerciorarse de que el animal este muerto; seguido de eso hay que cerrar su boca con cinta adhesiva cuidando de no tener contacto con los colmillos (Ortiz, 2021).

En el manejo de ejemplares venenosos, es recomendable el uso de tubos de material acrílico transparentes de varios grosores. La selección del tubo dependerá del tamaño del ejemplar, el diámetro del tubo no debe permitir que el ejemplar se de vuelta, usando un gancho o la pinza, se coloca al ejemplar en una superficie lisa, con las pinzas se sujeta al ejemplar, con el ejemplar sujeto hay que acercarse lentamente al extremo abierto del tubo hacia el ejemplar teniendo cuidado que el ejemplar se golpee con el tubo. Una vez que comience a ingresar al tubo, hay que sostener el tubo inmóvil para no perturbar al ejemplar, ya cuando el ejemplar entro al tubo hasta la mitad del tubo, se sujeta al ejemplar con una mano, con la otra se sostiene la parte por donde entro la serpiente, esto evita que se dé vuelta (Ortiz, 2021).

La contención química del ejemplar, es usada en procedimientos que requieren que el animal este inconsciente, como las intervenciones quirúrgicas en caso de que el ejemplar lo requiera, este método emplea fármacos que afectan al sistema nervioso, estos pudiéndose encontrar en forma líquida y gaseosa (Hernández, 2019).

La captura de ejemplares silvestres se lleva a cabo con el uso de trampas y barreras de desvío. Las barreras de desvío pueden ser utilizadas para el monitoreo de las poblaciones de herpetofauna. Esta técnica consiste en colocar una barrera física de 20m que impida el paso libre de los organismos capturándolos en trampas de pozo y trampas de cilindro colocadas junto a la barrera. La barrera puede estar hecha con lona de plástico o lamina. Para la fabricación de esta trampa se entierran postes de madera cada 2m de 1m de altura, la barrera de lona se coloca enterrando 10cm de ella en el suelo, sujetándola con los postes de madera, la barrera se tensa y se verifica que quede bien enterrada procurando que no quede algún paso para los organismos. Las trampas de pozo son cubetas de 20L con orificios en el fondo, se instalan junto a la barrera enterrándolas a ras de suelo procurando que la cubeta sobresalga de ambos lados de la barrera y separándolas una de la otra cada 5m, las trampas deberán ser revisadas todos los días durante el tiempo que estén colocadas. Para la extracción de los organismos se debe tener mucho cuidado y utilizar las herramientas necesarias, así como las técnicas de manejo correcta (Martínez, 2020).

### 3.3. Métodos para medir la actividad adrenal.

En diversos mecanismos fisiológicos, así como los mecanismos característicos en la respuesta del estrés; existe la presencia de corticosteroides, en respuesta de las señales hipotalámicas e hipofisarias, es bien conocido la función de los glucocorticoides, como el cortisol, en la regulación del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Un exceso de ACTH genera un aumento de la actividad adrenal, provocando una hipersecreción de cortisol siendo una característica principal de la enfermedad de Cushing. El control del balance hídrico y electrolítico se ve afectado por los mineralocorticoides, como la aldosterona, al promover la retención del sodio y la excreción del potasio en el riñón cuya secreción aumenta por el sistema renina-angiotensina en respuesta a la disminución en la presión sanguínea o por el aumento de la osmolaridad plasmática. Los cromafines son agrupaciones de células que conforman la medula adrenal, estas se encargan de secretar catecolaminas. Estas aminohormonas provocan diversos efectos en el sistema cardiovascular y nervioso; como la vasoconstricción, vasodilatación y el aumento de la frecuencia cardiaca; la adrenalina cumple el papel como un neurotransmisor, promoviendo la contracción o relajación del músculo liso; estas a su vez tienen efectos en diversos ejes endocrinos aumentando o disminuyendo la liberación de diversas hormonas, e influyen en el metabolismo catabólico de muchos carbohidratos (Rodríguez, 2014).

La cuantificación del estrés crónico en una población de serpientes silvestres es fundamental para su manejo y hábitat, mientras que el caso de las serpientes en cautiverio, es importante en lo que respecta al bienestar animal. Sin embargo, esto es un desafío debido a la naturaleza individual de la respuesta al estrés crónico, pero también debido a la falta de un método de cuantificación y una matriz estandarizados y de uso uniforme en la literatura pertinente. En la literatura, se han descrito varias matrices, como sangre, heces y piel mudada, para medir la corticosterona como biomarcador del estrés crónico, pero comparar los resultados de estos estudios utilizando diferentes métodos y matrices es un desafío (Van Waeyenberge et al, 2018).

La respuesta del estrés produce ajustes fisiológicos y metabólicos ante condiciones ambientales adversas para mantener la homeostasis, en animales con estrés crónico tienden a sufrir inmunodepresión y cambios en el comportamiento. Un método no invasivo para comprobar la actividad adrenal es el registro de los indicadores de estrés en la etología del animal, ya que los muestreos pueden repetirse, puesto que para la obtención de datos no afectar de manera prolongada o permanente en el bienestar animal. El estrés promueven respuestas psicoendocrinas en el animal, provocando alteraciones etológicas, provocando estereotipias, inherentes a la amortiguación de la respuesta fisiológica. Para esto se diseña un protocolo de evaluación de comportamiento, para realizarlo hay que conocer el comportamiento normal de la especie a estudiar esto favorece a la identificación de alteraciones en el comportamiento del individuo durante las condiciones adversas en el que se encuentren, registrando los patrones de comportamiento (Sanmiguel et al, 2018).

En la producción animal los indicadores que son más empleado para medir el estrés se relaciona con la producción y el rendimiento de los animales que se encuentren en la explotación. Este indicador si bien no está relacionado directamente con la actividad adrenal

por la liberación de cortisol, fisiológicamente es el efector final de la activación del eje HHA, este parámetro puede sugerir datos sobre el bienestar animal. el aumento en los niveles de cortisol en el ganado, está relacionado con la reducción en las tasas de reproducción, crecimiento, producción e inmunodepresión aumentando la probabilidad de contraer una enfermedad (Sierra, 2019).

Los esteroides una vez que han cumplido su papel en el organismo, estos pierden su capacidad de acción notablemente. El hígado es el órgano principal en la desactivación y catabolismo de los esteroides. Los esteroides parentales o metabolizados, libres y/o unidos a proteínas acarreadoras, pasan al intestino emulsificados en los ácidos biliares, esto permite que sean eliminados en las heces. Estas hormonas se desechan como tales o como metabolitos, la frecuencia de ser excretadas y metabolizadas depende de la fisiología de cada especie. Esta ruta permite determinar la función de las gónadas y de las adrenales del organismo por métodos no invasivos. El mayor beneficio de usar las heces para realizar perfiles hormonales, debido a que la colecta de muestras puede realizarse por periodos de tiempos prolongados, sin el estrés del manejo. Por otro lado las muestras de sangre reportaran una variación en la concentración, debido a la secreción de hormonas por parte de las glándulas que generalmente es de naturaleza pulsátil. Sin embargo, en las excretas las cantidades que estas eliminan corresponden a la producción acumulada a través del tiempo con lo cual esta variación se elimina (Valdespino et al, 2007).

El aumento en la disponibilidad de los radioinmunoensayos y los inmuno-ensayos ligados a enzimas facilita la cuantificación del estrés por medio de la medición de glucocorticoides en la sangre. Este método tiene ventajas como la precisión, la medición de la cantidad de hormonas independientemente de las fluctuaciones temporales y las mediciones seriadas sobre el mismo espécimen. Medir cortisol fecal por ELISA es una técnica no invasiva evitando el estrés de los individuos monitoreados, siendo la ventaja de este método el ser relativamente segura para el técnico encargado de recolectar las muestras, proveer una medida representativa de la secreción acumulada durante varias horas (Rodríguez y Arias,2005).

Los analitos hematológicos y bioquímicos son diagnósticos básicos esenciales en la evaluación de la salud de cualquier especie. Existe una amplia variación en dichos datos entre especies e incluso géneros, y faltan datos de referencia publicados para muchas especies de serpientes. Además, puede ocurrir una variación significativa dentro de una especie determinada debido a factores intrínsecos y extrínsecos como el entorno ambiental, la estación, la metodología analítica, el estado fisiológico y la dieta. El análisis hormonal en serpientes no se realiza de manera rutinaria debido a la falta de ensayos fácilmente validados para uso diagnóstico y por lo tanto, se utiliza con mayor frecuencia en estudios de investigación que ofrecen información sobre la fisiología reproductiva, la idoneidad o el momento de reproducción. La toma de muestra se hace mediante la punción de la vena coccígea ventral utilizando una aguja de calibre 22 con una jeringa de 3ml. Para facilitar la recolección de sangre de la cola, las serpientes se sujetaron con la cabeza elevada por encima del nivel de la cola. Para serpientes más pequeñas, se optó por una punción cardiaca para obtener la cantidad mínima de sangre para realizar el análisis (Giori et al., 2020).

Los metabolitos de glucocorticoides fecales (FGM) se pueden medir de forma no invasiva en las heces de los animales, una técnica que se está volviendo cada vez más popular como herramienta para evaluar el bienestar de los reptiles. Muchos factores pueden influir en los niveles de FGM, como la dieta y la tasa metabólica. Se realizó un estudio en el Zoológico de San Luis, evaluando el impacto conductual y fisiológico de cambiar el sustrato de periódico en *Montivipera wagneri*. El objetivo fue determinar si se podía identificar cambios conductuales y fisiológicos que pudieran indicar respuestas a una mayor perturbación. Se estudiaron en total a 7 ejemplares, cinco *M. wagneri* machos y dos hembras de 5 años de edad, se alojaron individualmente en cajones de acrílico transparente de 24cm x 39cm x 13cm en un sistema de estanterías. Cada hábitat estaba provisto de periódico sustrato, una caja de plástico negro para esconderse colocada hacia la parte posterior del cajón y un cuenco de agua en el frente. Se utilizó cinta térmica con un termostato a lo largo de la parte posterior del cajón para proporcionar un gradiente térmico de 23,9-28,9 °C dentro de los hábitats. Solo se ofreció iluminación ambiental artificial dentro de la habitación. Durante la Fase 1, los hábitats de las serpientes se limpiaron aproximadamente una vez a la semana según fuera necesario, cambiando el sustrato cuando se ensuciaba. En la Fase 2, el sustrato se cambió diariamente, independientemente del estado de suciedad. La Fase 3 fue una repetición de la Fase 1. Las serpientes fueron alimentadas con ratones congelados y descongelados semanalmente durante todo el estudio. Las serpientes tuvieron un cambio de sustrato un promedio de 4,4 veces en la Fase 1, 35 veces en la Fase 2 y un promedio de 2,9 veces en la Fase 3. En general, hubo un aumento significativo de FGM en la Fase 2, cuando el papel se cambiaba a diario, en comparación con la Fase 1. Cuando cesaron los cambios diarios de papel en la Fase 3, las concentraciones de FGM fueron significativamente más bajas en comparación con la Fase 2, pero aun significativamente más altas que en la Fase 1 (Agustine et al., 2022).

Otro método para medir la actividad es mediante la necropsia de animales afectados por alguna patología, un ejemplo, serían los ejemplares que murieron por síndrome de mala adaptabilidad, ya que esta patología está relacionada con factores de estrés, durante la necropsia se puede observar el hígado disminuido de tamaño, pálido al igual que el bazo y los riñones; estado de carnes pobre y baja o nula reserva de grasa, el estómago presenta atrofia y algunas veces se pueden encontrar úlceras sobre la mucosa gástrica (Méndez, 2003).

El análisis de las glándulas adrenales en busca de alteraciones en las características morfológicas de la corteza de la glándula adrenal ante situaciones de estrés crónico. Sin embargo, la literatura marca que el análisis de la morfología de la glándula adrenal en individuos que han padecido estrés crónico a uno que no, no presentan diferencias morfológicas significativas (Vázquez et al., 2013).

Ya que hablamos de los métodos para la medición de la actividad adrenal, hay que saber la metodología para la colecta de muestras biológicas en ejemplares silvestres. Sin el contexto que rodea la toma de muestras biológicas, es decir todo los factores que puedan afectar a los organismos que habiten en la zona, demerita el valor de la muestra. Desarrollar una guía para identificar a las especies con las que vamos a trabajar, esta guía debe contar con un listado de las especies reportadas por la zona, así como las características morfológicas que permita su identificación. La colecta de muestras sanguíneas debe de ser en función a la especie, calidad, cantidad y estudio hematológico a realizar. Para la colecta de sangre

debemos contar con el material necesario como torundas, ligadura, diferentes calibres de agujas y jeringas. Existen diferentes tipos de tubos colectores con variedad de anticoagulantes dependiendo de la información que deseemos obtener. Conforme al volumen de muestra que podamos colectar de un espécimen, dependerá de su volumen total. Un vertebrado por lo general cuenta con un total de 6 y 10% de sangre conforme al peso vivo del individuo. De este total se puede colectar de un 10% del volumen sanguíneo. Ya colectada la muestra esta debe etiquetarse con los datos de la especie, sexo, identificación, fecha, hora y sitio donde se colecto la muestra, esta debe dejarse unos minutos hasta que la temperatura disminuya y poder refrigerarla a 4°C. En el monitoreo de hormonas como es el caso de los glucocorticoides, la obtención de una muestra sanguínea implica la contención del animal, en la mayoría de los casos, los valores obtenidos por medio de este método estarán influidos por el manejo. Se sabe que la respuesta del estrés toma de 3 a 5 minutos aumentar la concentración en sangre de los glucocorticoides circulante como resultado de la captura y manejo. En especímenes no habituados al procedimiento, se debe considerar estos tiempos de respuesta fisiológica (Muñoz et al., 2017).

### **Conclusión.**

El estrés puede evaluarse con la medición de corticosterona a través de inmunoensayos, por medio del uso de sangre, heces y mudas de piel. Los valores que se puedan obtener por este método pueden verse influenciados por el manejo, captura o comportamiento de la especie que se esté evaluando, ya que pueden ser más reactivas que otras ante estímulos.

### **Bibliografía.**

- Ávila, H. (2017). Serpiente de cascabel entre el peligro y la conservación. Primera edición. México.
- Soto, E.R. (2016). Protocolo de manejo de reptiles. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dzul, E.L. (2015). Efecto del cautiverio sobre la conducta alimentaria y el estrés fisiológico de la Boa constrictor. Tesis para obtener el grado de Maestro en neuroetología. Instituto de neuroetología Universidad veracruzana.
- Murillo, R. (2009). Uso de hábitat de la víbora de cascabel (*Crotalus ruber*) en un matorral xerófilo de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.
- SEMARNAT. (2018). Programa de acción para la conservación de las especies de serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT/CONANP.
- Cruz, O.R. (2011). Dieta de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis*, micro endémica de la isla El Muerto, Golfo de California, México, durante la estación seca. Tesis para obtener el título de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vidal, M.A. Labra, A. (2008). Dieta de anfibios y reptiles. Capítulo 16.

- Rodríguez, C. Varela, N. (2014). Guía para el manejo y cuidado de ofidios colombianos en cautiverio. Mem. Conf. Interna Med. Aprovech. Fauna Silv. Exót. Conv. 10:1.
- Peñeda, E. (2019). Ecología térmica de la serpiente de cascabel *Crotalus ruber lucasensis*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.
- Regner, P. (2014). Dermopatías en reptiles. Información Veterinaria CMVPC, Córdoba, 176. 45-46.
- Massaguer, H. (2003). Fisiología Animal.
- Martínez, A. (2001). Fisiología y clínica del estrés en reptiles cautivos. Libro de ponencias Barcelona, 2-4 Noviembre, 2001 Congreso nacional de AVEPA.
- Claunch, N.M. Bartoszak, I.A. Tillis, S. Stacy, N.I. Ossiboff, R.J. Oakey, S. Schoenle, L.A. Wellehan, J.F.X. Romagosa, C.M. (2022). Physiological effects of capture and short-term captivity in on invasive snake species, the Burmes Python (*Python birittatus*) in florida. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 267.
- Neuman-Lee, L.A. Hudson, S.B. Webb, A.C. French, S.S. (2020). Investigating the relationship between corticosterone and glucose in a reptile. Journal of Experimental Biology 223.
- The State of Victoria Department of Energy Environment and Climate Action. (2003). Victorian Wildlife Rehabilitation Guidelines. Part B. Chapter 2.
- Morales, K.T. (2003). Indicadores de estrés. Producción animal ar.
- Cordón, M.A. (2023). Miositis en *Bothrops diperus* Diagnóstico y Tratamiento. Trabajo final de graduación. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencia Veterinarias. Corrientes, Argentina.
- Peñuela, S.M. Briera, C. (2007). Revisión de estomatitis ulcerativa en ofidios. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 54. 43-49.
- Tracchia, A.C. (2018). Medicina de Quelonios y Otros reptiles. Primera edición.
- Vélez, M. Uribe, L.F. (2010). ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción? Biosalud 9:2. 83-95.
- Aguilar, R.F. Hernandez, S.M. Divers, S.J. Perpiñan, D. (2010). Atlas de Medicina de Animales Exoticos. Segunda edición.
- Rodriguez, A. (2014). Contribuciones al estudio estructural y ultraestructural de glandulas de secreción de esteroides del reptil *Gallotia galloti*. Trabajo para el grado de biología. Facultad de ciencias. Universidad de La Laguna.
- O'Malley, B. (2007). Anatomía y fisiología clínica de animales exóticos. Primera edición.
- Van Waeyenberge, J. Aerts, J. Hellebuyck, T. Pasmans, F. Martel, A. (2018). Stress in wild and captive snakes: quantification, effects and the importances of management. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift. 87.

- Claunch, N.M. Lind, C. Lutterschmidt, D.I. More, I.T. Neurman-Lee, L. Stahlschmidt, Z. Taylor, E. (2023). *Stress Ecology in Snakes*. Nova Science Publishers, inc.
- Valdespino, C. Martinez, R. Garcia, L.M. Martinez, L.E. (2007). Evaluacion de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de sus excretas: evolución de una metodología no invasiva. *Acta Zoológica Mexicana*. 23(3). 151-180.
- Romero, M.H. Uribe, L.F. Sanchez, J.A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*. 10(1). 71-87.
- Pascua, A. (2016). Estudio comparado de glándulas productoras de esteroides de reptiles endémicos de Tenerife. Universidad de La Laguna.
- Meza, V.C. (2011). Evaluación de la época reproductiva de la lagartija *Aspidiscelis hyperythra* mediante estudios hormonales y de coloración. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C.
- Martinez, A. (2015). Problemas etológicos en serpientes anorexia. *Catalonian Reptiles and Amphibians Rescue Center*.
- Estrada, D.M. Mathes, K. Martinez, P.P. (2015). Distocia en una serpiente ratonera amarilla (*Coelognathus falvilineatus*, SCHLEGEL 1837) reporte de caso. *Rev Med Vet Zoot*. 62:3. 75-92.
- Fernandez, L. Zuria, I. Sigala, J. Sánchez, G. Castañeda, G. (2001). Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación, y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation*. 44:2.
- Martinez, O.I. Lopez, X. (2019). Serpientes un legado ancestral en riesgo. Universidad Autonoma del Estado de México.
- Guzman, R. (2010). *Secretos de los reptiles*. Universidad Ricardo Palma.
- Castro, C.A. (2021). Propuesta de manejo y supervivencia en cautiverio de serpientes de genero *Micrurus* para la producción de suero antiofídico en el instituto nacional de salud. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Hernández, A. (2019). Serpientes: atención y cuidados en cautiverio. Universidad Autonoma del Estado de México.
- Santibañez, J.A. (2007). Manual para el mantenimiento de ofidios en cautiverio para la prevención de sus patologías más comunes estudio recapitulativo. Universidad Nacional Autonoma de México.
- Instituto Nacional de Salud. (2016). Programa nacional para la conservación de las serpientes presentes en Colombia.
- Hernández, F.J. (2020). Presencia de agentes potencialmente zoonoticos (*Salmonella spp* y *Cryptosporidium spp*) en Piton bola (*Python regius*) cautivos en Nuevo Leon. Universidad Autonoma de Nuevo Leon.

- Ortiz, A. (2021). Manual de restricción física y química en animales silvestres. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Martinez, J.L. (2020). Manual de practicas: Manejo de fauna silvestre. Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Sanmiguel, R.A. Plaza, F.A. Trujillo, D.Y. Peres, M. Peñuela, L.M. DiGiacinta, A. (2018). Requerimientos para la medición de indicadores de estrés invasivos y no invasivos en producción animal. Rev Inv Vet Peru. 29:1. 15-30.
- Sierra, C.A. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. Revista Veterinaria. 30:2. 104.
- Rodríguez, C. Arias, L. (2005). Validación y aplicación de la prueba ELISA para medir cortisol fecal en jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) durante un programa de enriquecimiento ambiental en el Zoológico Jaime Duque. Revista de Medicina Veterinario. 10. 53-69.
- Giori, L. Stacy, N.I. Ogle, M. Nelso, S. Fectear, K.A. Cushing, A.C. (2020). Hematology, plasma biochemistry, and hormonal analysis of captive Louisiana pine snakes (*Pituophis ruthveni*): effects of intrinsic factor and analytical methodology. Comparative Clinical Pathology. 29. 145-154.
- Augustine, L. Baskir, E. Kozlowski, C.P. Hammack, S. Elden, J. Wanner, M.D. Franklin, A.D. Powell, D.M. (2022). Investigating welfare metrics for snakes at the Saint Louis Zoo. Animals. 12. 373.
- Mendez, F. (2003). Manual clínico de reptiles: según las enfermedades más comunes presentadas en el laboratorio de herpetología de la facultad de estudios superiores Iztacala. Tesis para obtener el título de Medica Veterinaria Zootecnista. UNAM.
- Vásquez, B. Sandoval, C. Sanhueza, C. Silva, J. Del Sol, M. (2013). Efectos de las experiencias adversas temprana y tardía en las características morfométricas y estereológicas de la glándula suprarrenal de ratas Sprague Dawley sometidas a estrés durante su vida adulta. Int. J. Monohal. 31:1. 15-22.
- Muñoz, C.I. Rendon, E. Lopez, O. Ruiz, R.A. Arechiga, N. Villanueva, C. Rodas, A.Z. Valle, C. Trillanes, C. Arellano, O. (2016). Colecta y conservación de muestras de fauna silvestre en condiciones de campo. Primera edición.