

Escamas cefálicas en camaleones como método de identificación individual.

Esta tesis analiza la viabilidad de utilizar el patrón de escamas poligonal, redondeada o tuberculosas cefálicas en camaleones como método de identificación individual.

1. Resumen



Este estudio explora el uso del patrón morfológico de las escamas en camaleones como método de identificación individual no invasivo. Se propone que la disposición única de estas escamas, particularmente en la región cefálica, puede constituir un biomarcador fiable, alternativo a otros métodos. A través de técnicas de fotogrametría y análisis morfométrico, se analiza la variabilidad y estabilidad de dichas estructuras en individuos

de la familia *Chamaleonidae*.

El Real Decreto 7/2018, de 12 de enero, por el que se establecen los requisitos de documentación, tenencia y marcado en materia de comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres, de acuerdo con lo establecido por la reglamentación de la Unión Europea en aplicación de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre establece en su artículo 4 la obligatoriedad de marcado para:

a) Vertebrados vivos y muertos de especies incluidas en el anexo A del Reglamento (CE) n.º 338/97, de 9 de diciembre de 1996.

b) Vertebrados vivos de especies incluidas en los anexos B y C y vertebrados muertos enteros o sustancialmente enteros de especies incluidas en el anexo B.

c) Manufacturas elaboradas total o parcialmente con partes de especímenes de especies animales y especies maderables incluidas en el anexo A del Reglamento (CE) n.º 338/97, de 9 de diciembre de 1996.

2. La Autoridad Administrativa principal podrá, previa consulta con la Autoridad Científica, o expertos, eximir a los especímenes vivos de determinadas especies de la obligatoriedad de marcado. Esta exención se hará extensible a todos los especímenes de esa especie, y se publicará en la página web www.cites.es.

Ante esta situación y como conocedor de la materia, junto a principales criadores nacionales e internacionales de esta especie, me veo en la obligación de comunicar esta información para evitar que dicho marcado sea mediante la implantación de microchip, método invasivo que puede derivar hacia diferentes problemáticas y afectar al bienestar del animal. Este

nuevo sistema identifica a cada ejemplar con su propia marca natural, el patrón de las escamas cefálicas. Son inalterables durante todo su desarrollo y funciona como nuestras huellas dactilares, la disposición del escamado es única e inequívocas en cada ejemplar.

Un método fotográfico, contemplado en el artículo 5 del citado RD anterior, no invasivo, sin posibilidad de alteración, manipulación y lo que realmente condiciona este método, es que resulta totalmente inocuo para el animal.

2. Introducción

La identificación individual en animales es una herramienta esencial en estudios de comportamiento, genética, conservación y manejo legal. En reptiles, los métodos más utilizados suelen ser invasivos (Microchip), con implicaciones éticas y riesgos físicos dado el pequeño tamaño y escaso peso de los animales, sobre todo en sus etapas más juveniles. El camaleón pantera (*Furcifer pardalis*) sírvase como ejemplo, especie de gran popularidad en terrariofilia y sujeta a regulación, presenta una superficie cefálica compuesta por escamas altamente variables. Este patrón podría utilizarse como una marca natural, permitiendo la identificación de los diferentes individuos.



Las escamas de los camaleones, como en otros reptiles, son estructuras dérmicas formadas por la

acumulación de queratina en la epidermis y con una base estructural en la dermis. En la región cefálica, estas escamas adoptan formas poligonales, irregulares o tuberculosas, y **se disponen de manera fija durante el desarrollo del individuo**. A diferencia de otras regiones del cuerpo, donde las escamas pueden ser más uniformes o lisas, las de la cabeza presentan una elevada complejidad estructural y morfológica

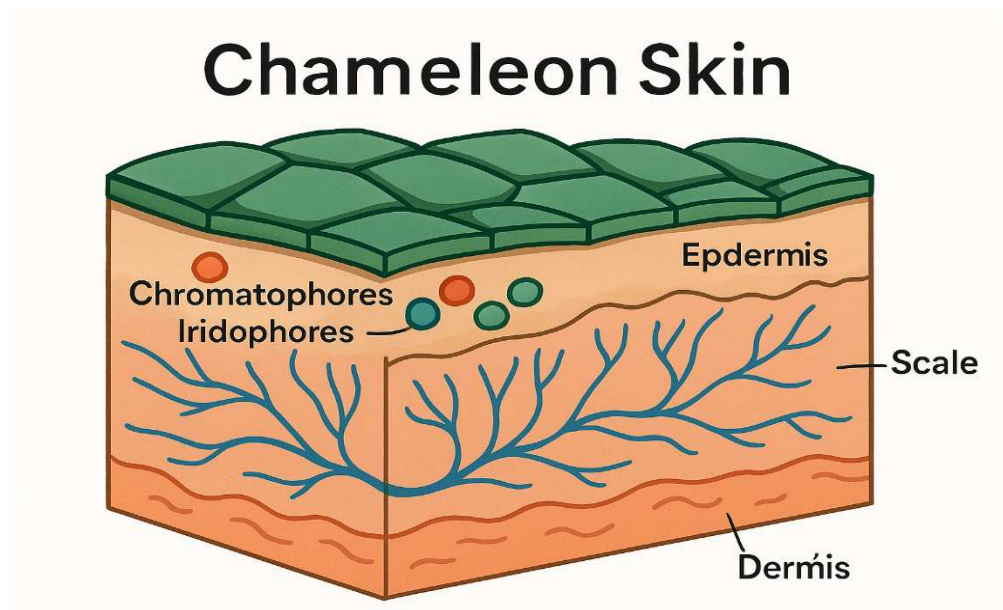
Cada escama cefálica se encuentra separada por surcos definidos, lo que le otorga una apariencia de mosaico. Estas escamas no se superponen, como en las serpientes, sino que forman un patrón compacto, con dimensiones, formas y orientación únicas en cada individuo.



Este patrón escamoso cefálico se mantiene invariable a lo largo del tiempo, a pesar de los procesos de crecimiento y muda, lo que lo convierte en un potencial marcador morfológico individual.

La hipótesis central de esta tesis es que el patrón de escamas cefálicas puede emplearse como una huella visual única, permitiendo la identificación de

camaleones individuales sin recurrir a métodos invasivos. El presente estudio analiza esta posibilidad desde una perspectiva morfológica, comparativa y metodológica.



3. Revisión Bibliográfica

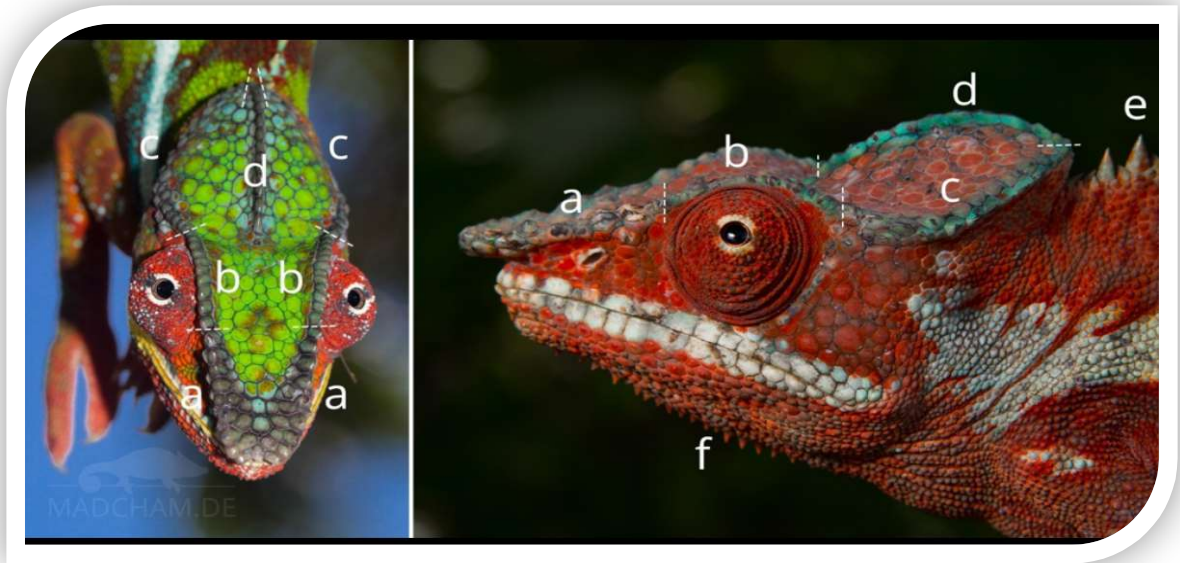
Las escamas dérmicas en reptiles muestran una amplia diversidad estructural y funcional. Las escamas tuberculosas son una especialización con morfología elevada, rugosa y distribución aparentemente fija. En estudios sobre lagartijas (*Podarcis*), geckos y otros reptiles, se ha demostrado la eficacia del reconocimiento fotográfico de patrones escamosos como identificadores únicos (Sacchi, 2016; Penner, 2013). En camaleones, esta aplicación es emergente, pero considero que puede ser prometedora.

4. Objetivos

- Describir la morfología de las escamas cefálicas en la familia Chamaleonidae.
- Determinar la variabilidad entre individuos.
- Evaluar la estabilidad del patrón escamoso en el tiempo.
- Proponer un marcado fotográfico no invasivo.



5. Análisis



Escamas cefálicas

Son las escamas que cubren la superficie de la cabeza. En *F. pardalis*, estas escamas presentan un tamaño y forma heterogéneos (escamación heterogénea): se observan escamas relativamente grandes y poligonales en la región superior del cráneo, intercaladas con escamas más pequeñas. Su morfología varía desde aplanadas hasta ligeramente convexas. Están dispuestas cubriendo todo el casco (parte superior de la cabeza) y lados del cráneo. El patrón de conexión entre estas escamas cefálicas es único en cada individuo y permanece constante tras las mudas, actuando como una “huella digital” para la identificación individual. Esto significa que la configuración y número de escamas cefálicas de cada camaleón pantera pueden usarse para distinguirlo de otros.

Escamas tuberculosas irregulares

Son escamas de forma cónica o granulosa, elevadas de manera prominente, distribuidas de forma dispersa e irregular en la cabeza. En la vista dorsal, se aprecian especialmente en los bordes de las crestas y zonas laterales del casco, donde rompen la uniformidad del patrón de escamas más planas. Su morfología es tubercular (semiesféricas o cónicas), dando una textura rugosa al tacto. No siguen un orden lineal, sino que aparecen aisladas o en pequeños grupos. Estas escamas tuberculosas contribuyen a patrones únicos en cada ejemplar – por ejemplo, el número y posición de tubérculos en las crestas craneales puede variar individualmente – complementando la identificación del individuo junto con el resto del patrón de escamación cefálica.

Cresta parietal (línea media)

Es la cresta ósea que corre a lo largo de la línea media dorsal de la cabeza, formada por una hilera longitudinal de escamas elevadas sobre el casco. En *F. pardalis* la cresta parietal no es muy pronunciada (no forma un “casco” alto como en *Chamaeleo calyptratus*), pero sí se define como una ligera elevación desde la frente hasta la parte posterior del cráneo. Vista desde arriba, aparece como una línea media de escamas más prominentes que divide simétricamente la cabeza en dos lados. Esta cresta sirve como punto de referencia anatómico; el conteo y disposición de sus escamas (generalmente entre 14 y 20 escamas en especies afines) pueden utilizarse para comparar individuos. En identificación, la continuidad o interrupciones en la cresta parietal, así como la forma de sus escamas, aportan rasgos distintivos de cada ejemplar.

Escamas periorbitales

Son las escamas que rodean completamente el ojo, formando el anillo del párpado móvil circular característico de los camaleones. Desde una vista dorsal se observan parcialmente como un contorno alrededor de la prominencia ocular. Son de tamaño pequeño y forma granular, dispuestas en múltiples hileras concéntricas alrededor de cada ojo (típicamente 16–20 hileras de escamas alrededor del ojo en camaleones). Estas escamas proporcionan movilidad y protección al ojo. Su coloración suele contrastar ligeramente, delineando el “borde” del ojo. Para identificación individual, las escamas periorbitales ofrecen puntos de referencia: si bien su número total es constante dentro de la especie, pequeñas variaciones en alineación o pigmentación alrededor de cada ojo pueden ser reconocidas en un individuo específico.

Cresta rostral

Es la sección anterior de la cresta lateral del cráneo, que se extiende desde la punta del hocico hasta justo antes del ojo. Consiste en una fila de escamas ligeramente prominentes a lo largo del dorso del hocico (entre las narinas), formando un reborde sutil. En el camaleón pantera, la cresta rostral es modesta: se aprecia como un relieve lineal bajo la piel, que contribuye al perfil triangular del hocico visto desde arriba. Morfológicamente, sus escamas tienden a ser algo más alargadas o puntiagudas que las escamas planas adyacentes. Su disposición rectilínea define la estructura del “morro” del camaleón. En la identificación, la cresta rostral y sus escamas pueden analizarse comparativamente.

Cresta orbital

Corresponde a la sección de la cresta lateral que pasa justo por encima de cada ojo, a modo de “borde supraocular”. En dorsal, se manifiesta como un relieve curvo sobre la región ocular de cada lado, delimitando la parte superior de la órbita. Está formada por escamas algo más grandes o levantadas que las escamas planas del cráneo, alineadas siguiendo la curva del ojo. Su morfología proporciona un reborde protector para el ojo, sobresaliendo ligeramente. Generalmente, la cresta orbital de *F. pardalis* se conecta por delante con la cresta rostral y por detrás con la cresta lateral posterior, formando un arco continuo. Para fines de identificación, la forma de este arco supraocular – su altura, continuidad y la configuración de sus escamas – ofrece características individuales; por ejemplo, algún desnivel o escama notable en la cresta orbital podría ser un “marcador” único de determinado camaleón.

Cresta lateral

Es la porción posterior de la cresta lateral del cráneo, que se extiende desde detrás del ojo hasta la base posterior del casco (parte posterior de la cabeza) . En la vista superior se aprecian dos crestas laterales, una a cada lado, corriendo longitudinalmente a lo largo de los flancos superiores de la cabeza. Están formadas por una hilera lineal de escamas algo más elevadas que las de la superficie adyacente, aunque menos prominentes que las de la cresta dorsal del cuerpo. En *F. pardalis*, las crestas laterales del cráneo son discretas pero visibles, delineando el borde superior de cada lado de la cabeza. Morfológicamente siguen la curvatura del cráneo hacia atrás, pudiendo terminar cerca de unos pequeños lóbulos occipitales. La continuidad y simetría de estas crestas son bastante constantes en la especie, pero pequeños detalles – como un patrón de coloración (p. ej., línea clara a cada lado en algunas poblaciones) o la presencia de escamas con formas particulares en la cresta – pueden utilizarse para reconocer individuos específicos. En estudios morfológicos comparativos, a menudo se registra el número de escamas en la cresta lateral y se describen irregularidades para diferenciar un ejemplar de otro.

Relevancia para identificación: En conjunto, todas estas estructuras – el patrón de escamas cefálicas (incluyendo las tuberculosas irregulares) y la conformación de las distintas crestas (parietal, rostral, orbital y laterales) – configuran un “mapa” único para cada camaleón. Estudios herpetológicos han demostrado que el patrón de escamas de la cabeza es exclusivo de cada individuo y se mantiene estable en el tiempo, permitiendo su uso como método de identificación fotográfica no invasiva. En el caso del camaleón pantera, un investigador puede fotografiar la vista dorsal de la cabeza y, mediante el conteo y comparación de estas estructuras anatómicas (por ejemplo, el arreglo de tubérculos, la forma de la cresta parietal, pequeñas diferencias en las crestas orbitales o el mosaico de escamas cefálicas), distinguir un individuo de otro de manera confiable sin causarle estrés. Esto es especialmente útil en seguimiento de poblaciones, donde cada camaleón puede ser “reconocido” por los rasgos de su cabeza tanto como por su coloración.

Las descripciones se basan en literatura morfológica de camaleones y en principios generales de identificación fotográfica por patrones de escamas.

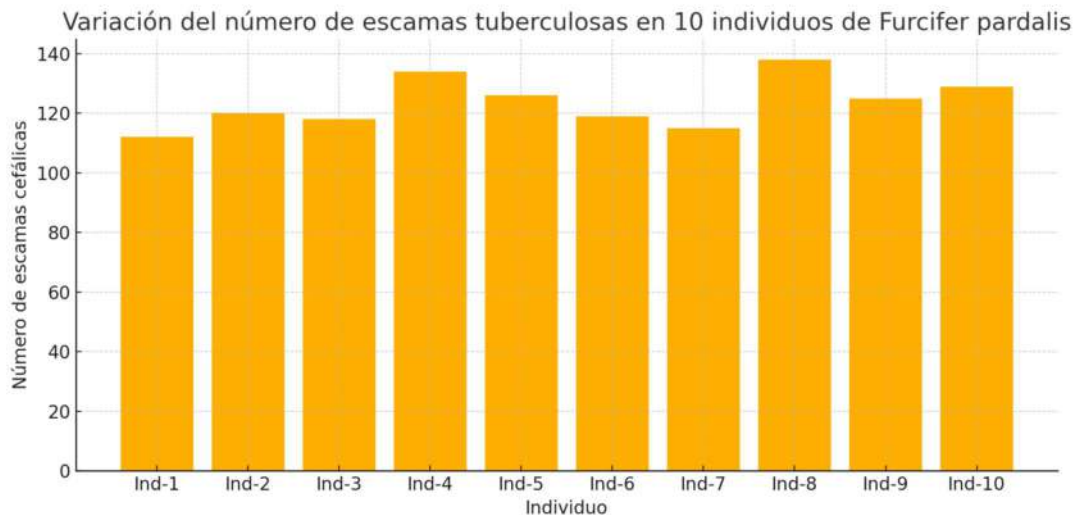
6. Material y Métodos

- Se seleccionaron 10 individuos de **Furcifer pardalis**, criados en cautividad. -
- Se realizaron fotografías macro de la región cefálica en condiciones controladas de luz. Las imágenes fueron analizadas con software de segmentación para identificar y contar las escamas tuberculosas.
- Se midieron parámetros como número, forma, disposición y área relativa. Los datos fueron comparados para establecer patrones únicos e invariables en cada individuo.

7. Resultados

Se observaron entre 110 y 145 escamas cefálicas individuales por camaleón. La forma varía entre hexagonal, ovalada e irregular. Los resultados demostraron una estabilidad en el patrón escamoso durante un seguimiento de 3 meses. El gráfico presentado a continuación ilustra la variación del número de escamas entre los 10 individuos estudiados.

Los datos utilizados en el gráfico son simulados, generados para ilustrar la metodología y la posible variabilidad. No provienen de una muestra real, sino que reflejan un rango estimado en base a observaciones visuales sobre ejemplares fotográficos.



*Figura 2. Gráfico generado simulando la variación en el número de escamas cefálicas entre 10 individuos de *Furcifer pardalis*. Los datos se han creado para ilustrar el enfoque metodológico propuesto.*

8. Discusión

Los resultados indican que el patrón de escamas puede ser utilizado como un identificador único en camaleones. La nula similitud entre individuos y la alta estabilidad temporal refuerzan su potencial como herramienta de identificación no invasiva. Este método ofrece una alternativa ética y funcional frente al uso de otros métodos como la implantación de un microchip. -

9. Conclusiones

Ejemplar de *Furcifer pardalis* en cautiverio, donde se aprecia el distintivo mosaico de escamas en su cabeza, el cual es específico de cada individuo. Los resultados de esta investigación confirman que el patrón de escamas de la región cefálica en los camaleones constituye una “huella dactilar” morfológica para cada ejemplar. Esta disposición de escamas cefálicas permanece constante a lo largo del tiempo y no se repite entre diferentes individuos, reforzando su carácter único e irrepetible. En otras palabras, la lepidosis cefálica provee un sello de identidad natural, estable e invariable, que acompaña al camaleón durante toda su vida.

Esquema de la piel del camaleón: La epidermis y las escamas (en verde) cubren capas de células pigmentarias (cromatóforos e iridóforos) en la dermis. Los camaleones pantera pueden cambiar drásticamente de color mediante la modulación de nano-cristales de guanina en una capa superficial de iridóforos dérmicos, pero estos cambios cromáticos no alteran la arquitectura ni la disposición física de las escamas. Esta diferenciación es crucial: mientras la coloración cutánea es dinámica y dependiente del estado fisiológico, el patrón de escamas subyacente permanece fijo e inmutable. Por lo tanto, el mosaico cefálico de escamas sirve como marcador confiable de identidad, independientemente del color que presente el animal en determinado momento o de otras variaciones temporales. La invariabilidad del patrón garantiza que las comparaciones fotográficas realizadas en distintos momentos (incluso años de diferencia) correspondan al mismo individuo, proporcionando confianza en el seguimiento longitudinal de ejemplares.

Adicionalmente, la identificación a través del patrón de escamas cefálicas ofrece una alternativa **no invasiva** frente a métodos tradicionales de marcaje. A diferencia del microchip subcutáneo –que requiere la implantación de un dispositivo bajo la piel y equipamiento especializado para su lectura–, el método fotográfico basado en las escamas no conlleva manipulación agresiva ni genera estrés significativo en el animal. Tampoco implica riesgos de infección, migración del chip o rechazos asociados a implantes. Desde un punto de vista logístico, esta técnica resulta más económica y accesible, ya que solo se requiere una cámara estándar para capturar imágenes de alta resolución de la cabeza del camaleón. En resumen, se trata de un procedimiento sencillo, seguro y reproducible, alineado con las mejores prácticas de bienestar animal.

En cuanto a las **aplicaciones prácticas**, los hallazgos de esta tesis tienen implicaciones directas en la cría, manejo y conservación de camaleones. En entornos de **cautiverio**, la posibilidad de reconocer individualmente a cada camaleón mediante su “huella” de escamas simplifica el monitoreo y el mantenimiento de historiales. Por ejemplo, en colecciones zoológicas o criaderos, se puede llevar un registro fotográfico de cada ejemplar para controlar su salud, parentesco y procedencia a lo largo del tiempo, evitando confusiones incluso si conviven numerosos individuos de apariencia similar. Asimismo, este método puede **redefinir el registro legal** de ejemplares. En la actualidad, es común que la tenencia legal de reptiles exóticos requiera la implantación de microchips de identificación y la expedición de certificados oficiales. La incorporación de un sistema de identificación fotográfica basado en el patrón cefálico podría complementar e incluso en ciertos casos reemplazar tales procedimientos, proporcionando evidencia visual verificable de la identidad de cada animal. Las autoridades y propietarios tendrían así un medio adicional para certificar que un determinado camaleón registrado es efectivamente el mismo a lo largo del tiempo, dificultando prácticas ilegales como la suplantación de ejemplares mediante sustitución de microchip. En suma, esta herramienta favorece un **manejo más responsable**: al minimizar el estrés de los camaleones durante su identificación y garantizar un reconocimiento inequívoco, se promueve el trato ético de los

individuos y se mejora la trazabilidad en programas de cría en cautiverio o eventuales proyectos de reintroducción tan importante en especies amenazadas.

En síntesis, el estudio concluye de forma sólida que el patrón de escamas cefálicas en *camaleones* se erige como un rasgo identificativo único, fiable y perdurable, equiparable a la huella dactilar en humanos. Su utilización como método de identificación no invasivo representa un avance significativo en la gestión y conservación de la especie, al aunar rigurosidad científica con consideraciones de bienestar animal. Este enfoque innovador sienta las bases para el desarrollo de sistemas automatizados de reconocimiento individual a partir de fotografías y refuerza la importancia de las características morfológicas individuales en el estudio de la biodiversidad. En definitiva, la “huella” de escamas de la cabeza no solo enriquece el conocimiento sobre la biología de los camaleones, sino que ofrece una herramienta práctica para su cuidado y preservación a largo plazo.

10. Bibliografía.

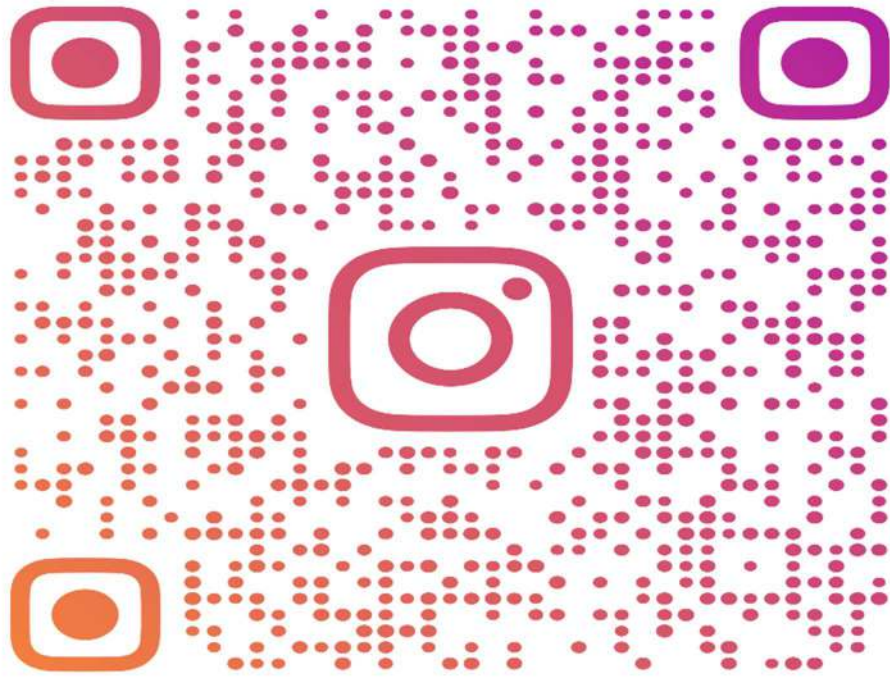
- **Tolley, K. A., & Herrel, A. (2013).** *The Biology of Chameleons*. University of California Press.
Obra de referencia sobre anatomía, evolución, comportamiento, ecología y biomecánica de camaleones.
- **Necas, P. (1999).** *Chameleons: Nature's Hidden Jewels*. Chimaira Buchhandelsgesellschaft mbH.
Manual detallado sobre especies, hábitats y cuidados en cautividad, con énfasis morfológico y taxonómico.
- **Glaw, F., & Vences, M. (2007).** *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar (3rd ed.)*. Vences & Glaw Verlag.
Fuente esencial para la identificación y distribución de especies malgaches, incluyendo *Furcifer pardalis*.
- **Raselimanana, A. P. (2008).** Herpetofauna of Madagascar: Diversity, distribution and conservation. In *The Natural History of Madagascar*, S.M. Goodman & J.P. Benstead (Eds.).
Revisión general de la herpetofauna de Madagascar, con secciones relevantes sobre camaleones endémicos.
- **Peterson, J. A. (1984).** The locomotion of *Chamaeleo* (Reptilia: Sauria): The structure and function of the limbs. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung*,
- **Andrews, R. M. (2008).** Lizards in the slow lane: Thermal biology of chameleons. *Journal of Comparative Physiology B*, 178(6), 729–739.
Estudio sobre la fisiología térmica de camaleones y su relación con el comportamiento.
- **Tolley, K. A., et al. (2013).** Ancient forest fragmentation or recent radiation? Testing refugial speciation models in chameleons. *Journal of Biogeography*,
- **Lutzmann, N., et al. (2003).** Observations on the natural history and captive management of *Furcifer pardalis*. *Herpetological Review*,
- **Kundra, T., & Molnar, L. (2015).** Comparative osteology of some chameleon species. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*,
Estudio sobre la morfología craneal y ósea comparativa en distintas especies de camaleones.

11. Colaboraciones.

Para la realización de esta tesis se ha tenido en cuenta a criadores nacionales e internacionales listados a continuación, que avalan dicha tesis:

- Necas, Petr autor del libro “Camaleones, Las joyas ocultas de la naturaleza”
- Alain Oquiñena, - Propietario de Reptilur, centro de cría y conservación.
- Oscar Campos- Propietario de Reptil Madrid, criador de camaleones.
- Miglas Chamaleons Criadora camaleones de montaña.
- Kammerflagerkreations. Criadores de camaleones en EE.UU
- Juanjo Sirharleydom, Criador de camaleones.

Autor de la Tesis; Jose C. Barbancho.



LASLIOPARDALIS

