

PIRAMIDISMO EN TORTUGAS TERRESTRES: POSIBLES CAUSAS

Marcos Martínez, 2006

Uno de los problemas más frecuentemente encontrado en el mantenimiento de tortugas terrestres en cautividad es el crecimiento de las placas del caparazón con forma cónica, comúnmente conocido como piramidismo. Se han señalado varios aspectos como causantes, principalmente aquellos relacionados con la dieta, aunque recientemente se da mucha importancia a las variables ambientales, especialmente a la humedad. Muchos criadores consideran la ausencia de piramidismo como uno de los mejores indicadores de la calidad de mantenimiento de los animales.

Piramidismo es el **término** general usado para describir el crecimiento anormal del caparazón de las tortugas y particularmente el crecimiento individual de las placas en dirección vertical (Tabaka y Senneke, 2004), formando así una estructura que recuerda a una pirámide. Este fenómeno suele ir acompañado de una excesiva solidificación de queratina y un infra-crecimiento de la masa ósea subyacente. (Highfield, 2000b). En el crecimiento normal, cada placa crece aumentando su diámetro de forma casi totalmente horizontal.



Piramidismo en Geochelone sulcata, (Jesse Rothacker, Forgottenfriend).

Por desgracia, es un **concepto** demasiado amplio, usado para nombrar a varias malformaciones del caparazón. El piramidismo está ligado en muchas ocasiones a enfermedades óseas como la osteodistrofia o enfermedad ósea metabólica (EOM). Highfield (2000c) clasifica estos casos en dos grandes grupos:

- Por un lado tendríamos a los animales que han sido alimentados con una dieta deficiente en todos los sentidos: calcio, vitaminas y minerales. Un ejemplo serían tortugas alimentadas a base de lechuga y tomate (jitomate) sin ningún tipo de suplemento. Esas carencias se manifestarían en forma de plastrón y espaldar blandos, con un crecimiento cónico de las placas relativo, pero no muy acusado. La zona pélvica del espaldar estaría hundida y, en algunos casos, la mandíbula está también afectada. El grosor de la capa de queratina y los niveles de urea son

normales. El crecimiento no es acelerado, sino más bien ralentizado. En estos casos un aumento de la ingesta de calcio y la exposición a rayos UVB y/o vitamina D3 suele solucionar el problema, a veces incluso, cuando la dieta es bastante pobre.

- El segundo grupo incluiría todo tipo de deformaciones derivadas de una alta ingesta de proteínas con el consecuente rápido crecimiento. La causa básica es muy similar al grupo anterior, ya que el crecimiento acelerado demanda mucho más calcio y minerales de los que la tortuga puede metabolizar, produciendo de esta forma un desarrollo óseo desequilibrado. Como consecuencia el tejido óseo es poroso, fibroso y grueso. La ingesta de exceso de proteína inhibe ya de por sí la asimilación de calcio; aumenta el crecimiento de la queratina, y esto además de hacer crecer las uñas y el pico de forma desmesurada, se manifiesta en la capa externa del caparazón. Cuando el crecimiento de la queratina excede al crecimiento óseo, se produce una presión que crea distorsión en las placas produciendo patrones de crecimiento anormales. Estos animales suelen tener un aspecto melánico. Esta coloración oscura les provoca problemas termorregulatorios, con las consecuencias que ello implica en cuestiones de eficiencia digestiva, comportamiento y patrones de actividad.



Juvenil de Gopherus berlandieri alimentado en una dieta deficiente (Aída Rodríguez).



Testudo graeca adulta alimentada con una dieta alta en proteína (Luís Saura).

Convendría volver a puntualizar que casi todos los casos de osteodistrofia nutricional o enfermedad ósea metabólica (EOM) y otras malformaciones graves van casi invariablemente ligadas a un mayor o menor aspecto piramidal de las placas del caparazón, aunque eso no signifique que todos los animales con este aspecto sufran esta u otra enfermedad. Un claro indicador de osteodistrofia sería el hundimiento de la zona vertebral o de la parte trasera, las placas marginales levantadas (Nash, 2005) o cualquier otro tipo de crecimiento de aspecto desproporcionado, aunque la única forma fiable de saberlo sea haciendo un estudio histológico del tejido óseo.

El piramidismo en sí mismo puede llegar a ser problemático en algunos casos, provocando alteraciones de locomoción por el grosor excesivo del plastrón o por el peso añadido que supone a la masa corporal, además de dificultar el apareamiento y la locomoción en general.

Otro caso muy distinto es el de especies como *Geochelone Elegans* o el género *Psammobates*, donde el crecimiento piramidal de las placas del espaldar es totalmente normal en animales silvestres y no implica ninguna deficiencia

nutricional ni desajuste ambiental. En estos casos el crecimiento de la masa ósea si se hace un estudio histológico es totalmente natural (Highfield, sin publicar). *Geochelone Elegans* presenta esta característica de un modo heterogéneo, pues se encuentran animales totalmente lisos y otros fuertemente marcados por este carácter dentro de las mismas poblaciones. Tradicionalmente se ha dicho que los ejemplares de Sri Lanka poseen claramente este distintivo y que los continentales no, aunque esto no parece cierto, puesto que existen animales totalmente lisos en Sri Lanka (De Silva, 2003) y muy piramidales en el rango de distribución Noreste de la especie (Pakistán) (Edqvist, 2002?).



Geochelone elegans de Pakistán
(Fernando Pérez).



G. elegans del sur de la India (Fernando Pérez).

Obviando los críticos y claros ejemplos anteriormente mencionados, es muy común encontrar animales que, mantenidos en condiciones aparentemente favorables en todos los aspectos (incluyendo dietas detalladamente estudiadas y supuestas condiciones ambientales apropiadas) muestran un ligero crecimiento de las placas con forma de pirámide, aunque menos marcada y generalmente más evidente en las placas vertebrales. Estos animales suelen tener un aspecto externo proporcionado, gozan de salud, y se reproducen con normalidad. Aún suponiendo que éstos no presenten problemas de salud, los criadores de tortugas intentan que sus animales crezcan con las mismas formas y proporciones que los especímenes silvestres. Conforme se ha ido avanzando en el mantenimiento de tortugas terrestres en cautividad los problemas generales de malformación en el crecimiento del caparazón se han ido previniendo, pero en algunos casos, el problema persiste, principalmente en especies como *Testudo kleinmanni*, *Geochelone pardalis* o *Geochelone sulcata*.



Testudo graeca nacida en cautividad de 11 años, con ligero piramidismo. Se reproduce con normalidad (Marcos Martínez).



G.pardalis alimentada con dieta baja en proteína y alta en fibra con ligero piramidismo (Aída Rodríguez).

El piramidismo no puede ser revertido de ninguna forma, aunque en animales jóvenes se puede disimular si el crecimiento posterior sigue una dinámica más "natural" (Fife, 2005). El momento más crítico son los primeros 2-3 años, donde el crecimiento es más acelerado y es más difícil de controlar ya que en esa etapa la eficiencia digestiva puede llegar a ser entre 4-6 veces más alta que en animales adultos (Highfield, 1996).

Varias son las **causas** a las que se atribuye el piramidismo:

1. Exceso de proteína en la dieta.

El exceso de proteína (vegetal o animal) ha sido ampliamente documentado como principal causa de muchas de las malformaciones del caparazón (Merchán Fornelino & Martínez Silvestre, 1999). Aumenta la formación de queratina, inhibe la absorción del calcio, acelera el crecimiento desproporcionado por lo que incrementa la demanda de calcio, y es causa principal de muchos de los problemas renales y hepáticos sufridos por los quelonios terrestres. A su vez, el mal funcionamiento del hígado y el riñón afecta a la síntesis de la vitamina D3, cuya función veremos más adelante.

Con dietas altas en proteína el desarrollo de la queratina es de un 150% (como mínimo) respecto al de dietas más "naturales", fenómeno que va acompañado a un crecimiento óseo poroso y fibroso (osteodistrofia porosa) (Highfield, sin publicar).



Crecimiento anormal de G.sulcata debido a la alta ingesta de proteínas comparado con ejemplar criado a base de hierbas y césped (Jesse Rothacker, www.forgottenfriend.org).

Highfield (sin publicar) experimentó con crías de *Geochelone pardalis* durante 6 meses y comprobó un crecimiento claramente más suave y proporcionado en animales alimentados con porcentajes bajos de proteína y cantidades limitadas que aquellos alimentados con mucha proteína y en cantidades también limitadas.

Hay casos documentados (Highfield, sin publicar) de poblaciones de *Testudo graeca* en el sur de Marruecos que habitan junto a plantaciones de judías, tomate y alfalfa, que presentan crecimiento piramidal evidente en condiciones naturales para la especie.

Dentro de este punto habría que incluir los casos de sobrealimentación con dietas equilibradas, fenómeno bastante habitual en cautividad (Merchán Fornelino & Martínez Silvestre, 1999). Aunque la proporción de proteína sea baja, parece lógico

pensar que si se ofrece a los animales grandes cantidades de comida, el resultado final es una alta ingesta proteica (Highfield, 2000c).

Para tortugas mediterráneas, la cantidad de proteína que no genera un desarrollo de la queratina excesiva se sitúa en torno al 4% (Highfield, 2000b).

Un tema controvertido en relación a la cantidad de proteína en la dieta, es la forma de cuantificarla. En materia seca, la proporción de proteína siempre será mayor que sobre material vegetal fresco, que contiene agua. Una hoja fresca de diente de león tendrá un 2.7% de proteína, mientras que en estado seco contiene 18.7% (Fife, 2005).



Caso extremo de G.sulcata alimentada a base de pienso para perros, judías verdes, lechuga y fruta (Darrel Senneke, WCT).



Testudo graeca alimentada con mucha proteína animal. Nótese el hundimiento de la parte trasera del espaldar (Luís Saura).

2. Ciclos anuales de disponibilidad de alimento.

Muchas especies de tortugas, incluso algunas que viven en climas tropicales húmedos, están sujetas a constantes ciclos de actividad/inactividad y disponibilidad/ausencia de alimento. La mayoría de especies de climas templados como los géneros *Testudo* y *Gopherus* pasan por periodos de hibernación y/o estivación. Como resultado se alimentan durante 3-8 meses al año frente a los 7-9 meses que lo hacen en cautividad (suponiendo que hibernen), especialmente por la casi total ausencia de estivación que estas últimas tienen. La estivación es un fenómeno que suele estar inducido en la naturaleza por la falta de alimento y secundariamente y a diferencia de la hibernación, por la alta temperatura ambiente. Un caso especialmente extremo serían algunas poblaciones de *Agrionemys horsfieldii* que solamente están activas durante 3 meses en primavera, enlazando así el letargo estival con la hibernación (Henen et al. 2002).

Los ciclos de actividad no son sólo una característica exclusiva de las especies de climas templados. En Madagascar, *Pyxis arachnoides* pasa por periodos de sequía, lo que la obliga a estivar. Otras, como *Geochelone pardalis* y *Geochelone sulcata* viven en áreas con periodos de extrema aridez, en el caso de la segunda, con el añadido de temperaturas extremas, obligándola a pasar semanas enteras en galerías construidas para la ocasión. En ambos casos, hay marcados periodos en los que la alimentación es prácticamente nula.



Macho joven de T.graeca en la Sierra de la Almenara, Murcia. Esta población estiva e hiberna invariablemente (Marcos Martínez).

Hay quien sugiere que la no hibernación de las crías el primer año, práctica habitual en cautividad, es causa directa de piramidismo, ya que en estos casos siempre hay sobrealimentación, debido a la provisión de nutrientes extra del saco vitelino (Soler Massana & Martínez Silvetre, 2005).

3. Calcio y otros minerales.

Las carencias cálcicas, minerales o de elementos traza, como el manganeso, magnesio y selenio, ya sean absolutas o relativas, están implicadas, directa o indirectamente en todas las malformaciones del caparazón de las tortugas terrestres.

En primer lugar están las deficiencias de calcio en sí mismas. Por todos es conocido la necesidad que tienen las tortugas de ingerir proporciones de calcio mucho más altas que de fósforo, siendo la proporción 5:1 el objetivo ideal a alcanzar (Highfield, 2000c) y no 2:1 como se suele encontrar en algunas publicaciones. En la naturaleza las tortugas consumen alimentos con ratios muy favorables en calcio como *Gopherus agassizi*, cuya dieta tiene una media de 6.4:1 (Caporaso, 1989). Es recomendable eliminar de la dieta alimentos negativos en el ratio calcio/fósforo o suplementar con complejos cálcicos aquellos alimentos con ratio neutro o positivo (Highfield, 2000a). No se debe abusar de la suplementación de calcio, puesto que se pueden provocar problemas renales (Liesegang et al, 2001), (Fledelius et al, 2005). Tampoco es aconsejable usar complementos cálcicos que contengan fósforo añadido (Highfield, 2002b), que aunque es un componente necesario, se encuentra en todos alimentos vegetales, por lo que no necesita ser reforzado.

En segundo lugar, hay que prestar especial atención a la falta de radiación ultravioleta B (UVB), que es la única fuente de la producción de vitamina D3 en las especies totalmente herbívoras, responsable de la absorción del calcio. Existen complementos vitamínicos con Vitamina D3, a los que se puede recurrir en instalaciones de interior, donde los requerimientos de radiación UVB no se alcanzan con tanta seguridad (Highfield, 1999), aunque siempre con moderación si queremos evitar problema de hipervitaminosis (Highfield, 1996). Los complementos líquidos basados en D3, son especialmente peligrosos en este sentido.



G. radiata alimentada con dieta inapropiada y sin exposición a rayos UV. murió a los 6 años de edad (Chris Tabaka, WCT).



G. pardalis alimentada con una dieta alta en oxalatos. Además de la depresión vertebral, el plastrón era muy grueso y pesado. (Darrel Senneke, WCT).

Por último, algunos alimentos contienen antinutrientes que dificultan la absorción del calcio, como el ácido oxálico (bledo, hoja de remolacha o betabel, espinaca, perejil, verdolaga, y acelga, berro, vinagrillo), o el ácido fítico (guisantes o chícharos, perejil, judías o ejotes, hojas de remolacha o betabel, acelgas), que impide la absorción de algunos minerales. El exceso de proteína también inhibe la absorción de calcio. (Highfield, 2000d).

En el mismo experimento anteriormente mencionado de Highfield (sin publicar) algunos de los animales fueron alojados con tubos UVB, calcio y vitamina D3 oral sin problemas aparentes. Otro grupo fue alojado en las mismas condiciones, pero sin vitamina D3, evidenciando problemas rápidamente (quizás por la mala calidad de los tubos usados).

4. Fibra.

Es un importante componente de la dieta de la mayoría de tortugas terrestres, especialmente en especies desérticas y semidesérticas. Su déficit traería como consecuencia, dentro del contexto del piramidismo, un efecto similar al de la sobrealimentación, ya que hace a los alimentos fácilmente digestibles (Baer et al., 1997). Un ejemplo claro sería la alfalfa madura, que a pesar de su contenido en proteína relativamente alto, resulta ser un alimento ideal en la práctica, al parecer por su alto contenido en fibra (Senneke, 2004), (Highfield, 1999)

5. Actividad Física.

Está demostrado en estudios humanos que la actividad física repercute positivamente en la fijación del calcio en el tejido óseo. Esto invita a pensar en un efecto similar en el caso de las tortugas (Senneke, 2004). El ejercicio físico incrementa la necesidad de proteína y mejora el depósito de calcio en los huesos (Heinen, 2005). De hecho, en la naturaleza, los animales suelen realizar mucho ejercicio físico para buscar comida o apareamiento; a veces esto no es posible de replicar en cautividad.



Juvenil de Gopherus berlandieri particularmente activo comparado con sus congéneres (Aída Rodríguez).

6. Genética.

Otro de los factores sobre los que se ha especulado como causa del piramidismo es la genética intraespecífica de cada individuo. Un caso común que ha servido para hacer hipótesis sobre este asunto es el ejemplo de instalaciones que acogen a varias crías/juveniles bajo idénticas condiciones, obteniéndose animales más piramidales que otros. Aunque supongamos que las condiciones son idénticas, en este tipo de instalaciones se dan comportamientos de competitividad por el alimento, el refugio, las zonas de asoleamiento, etc., que hacen que no todos ingieran las mismas cantidades de nutrientes, se asoleen el mismo tiempo o se escondan en los mismos refugios. Además, las poblaciones naturales de estos mismos animales en estado silvestre, tienen caparazones totalmente lisos de forma homogénea, con lo que la teoría de la genética individual podría descartarse por completo. Otro caso muy distinto, y que no ha sido estudiado con profundidad son las especies ya mencionadas, que desarrollan piramidismo de forma natural y heterogénea. En estos ejemplos, las causas de las marcadas diferencias individuales están todavía por determinar, por lo cual no se sabe si son factores genéticos, nutricionales y/o ambientales los que desencadenan este proceso. De cualquier modo, poco o nada tienen que ver con el resto de especies que no presentan esta característica en su estado silvestre.



Geochelone chilensis con piramidismo (Ginés Rubio).

7. Condiciones ambientales (humedad e hidratación)

Recientemente se ha apuntado a la humedad ambiental y/o al estado de hidratación de los animales como uno de los causantes del crecimiento piramidal de las placas.

Wiesner e Iben (2003) realizaron un experimento en el que sometieron a 50 neonatos de *Geochelone sulcata* a varias dietas y condiciones de humedad ambiental. Se determinaron tres dietas con contenidos proteicos distintos, mientras que cinco fueron los niveles de humedad relativa establecidos. Los niveles de piramidismo fueron evaluados cuidadosamente, midiendo los ángulos de las suturas entre placas, sin influir su tamaño. Se observó que entre los animales mantenidos en ambientes secos hubo un crecimiento más piramidal en los alimentados con más proteína, aunque las diferencias eran mínimas. Los animales alojados en condiciones de humedad alta no mostraron diferencia en cuanto a piramidismo se refiere, cualquiera que fuera la ingesta proteica, aunque este último factor si afectó al tamaño.

Las conclusiones de este experimento fueron que el ambiente seco, junto con altos ratios de crecimiento, llevan inevitablemente al piramidismo, y que las proporciones de proteína son un factor cuestionable para su desarrollo. La explicación podría estar en que las tortugas experimentan crecimiento en temporadas de gran disponibilidad de alimento en cantidad y calidad, coincidiendo con condiciones de alta humedad ambiente relativa. En épocas de sequía, debido a la carencia de alimento, tienen que recurrir a material seco, más alto en fibra, y con menor valor nutricional, y por tanto se ralentiza el crecimiento. Durante estas temporadas muchas especies pasan la mayor parte del tiempo inactivas escondidas en refugios con una humedad ambiente mucho mayor que la del exterior. Fisiológicamente hablando, la deshidratación reduce la presión inter/intracelular en el tejido blando de la sutura entre las placas del caparazón. Si las tortugas mantienen el estado de deshidratación durante periodos prolongados, estas suturas "dobladitas" se fijan permanentemente y con el paso del tiempo, esta tendencia continuada hace que las estructuras cónicas se hagan más notorias. Los autores también apuntan que esta hipótesis necesita de más investigación, y que la asimilación del calcio y del fósforo puede estar directamente relacionada, aunque los análisis de sangre que acompañaron a su estudio no revelaron nada significativo en este sentido.

Richard Fife (2005) llegó a las mismas conclusiones con *Geochelone carbonaria*. Las tortugas mantenidas en ambientes más húmedos desarrollaron capzones lisos e indistinguibles de los ejemplares silvestres, mientras los que habían sido criados en ambientes secos desarrollaban signos típicos de piramidismo en pocos meses. Este autor ha aplicado con éxito estos métodos a diferentes especies por medio del uso de refugios húmedos.



Geochelone sulcata (Richard Fife, Riparian Farms).



Geochelone Pardalis (Richard Fife, Riparian Farms).

Ambas tortugas fueron criadas en contenedores de plástico con refugios húmedos con musgo. Temperaturas nocturnas de 26-27°C y diurnas de 30-31°C. Tenían lámparas de UV, pero muy viejas, por lo que es probable que no emitieran UVB. Fueron alimentadas con dieta Mazuri©, que contiene vitaminas y minerales, D3 incluida. También fueron alimentadas con hierbas silvestres como una parte pequeña de su dieta. La humedad en sus refugios fue del 60%.

Senneke (2004) menciona otro experimento similar llevado a cabo por un veterinario en Sudamérica que alimentó a un grupo de 20 crías de *Geochelone carbonaria* con una dieta muy alta en proteínas (pienso para peces), al mismo tiempo que eran mantenidas en un recinto literalmente encharcado, obteniendo como resultado un crecimiento absolutamente liso.

En *Homopus signatus* (Loerh, sin publicar) se comprobó que una ligera pulverización diaria del sustrato y los refugios produjeron un cambio drástico hacia un crecimiento natural y totalmente liso.

Recientemente, se descubrió en una isla del Caribe con ambientes extremadamente áridos, una población introducida de *Geochelone carbonaria* que presentaba claros signos de piramidismo, homogéneamente presentes en todos los individuos (Senneke, 2004).

Muchas son las alternativas que hay para ofrecer microclimas húmedos a las tortugas terrestres, como por ejemplo el uso de esponjas mojadas sobre refugios de teja, recipientes de plástico regularmente humedecidos e incluso sistemas electrónicos de humidificación aplicados a cualquiera de los ejemplos anteriores. En algunos casos, donde el sustrato es importante para recrear microclimas húmedos sin alimentar la proliferación de bacterias, moho u hongos, el uso de musgo ha resultado ser muy efectivo, ya que es un material relativamente barato, no tiende a enmohecerse, y no parece ser tóxico si es ingerido (Fife, 2005).

Demasiadas coincidencias para no valorar la carencia de humedad/hidratación como un importante factor desencadenante del piramidismo. Sin embargo, algunos criadores/aficionados, principalmente de los Estados Unidos, han tomado esa regla "demasiado" literalmente y confían plenamente en este elemento como "factor corrector" del piramidismo, de modo que alimentan a sus animales con una gran cantidad de piensos comerciales, muy altos en proteína, a la vez que mantienen elevados niveles de humedad y temperatura. De esta forma, se busca un equilibrio entre el acelerado crecimiento que esto provoca y la asimilación de proteínas, calcio y otros minerales por parte del riñón y el hígado. Aunque los resultados que obtienen son "externamente" muy buenos, no informan del estado hepático-renal de dichos animales, que se ven forzados a metabolizar cantidades de proteína, calcio y minerales muy superiores a las que experimentarían en la naturaleza, y bajo las cuales han evolucionado a lo largo de millones de años. Tampoco dan cuenta del crecimiento óseo interno, para lo cual necesitarían de un estudio histológico, para determinar la densidad ósea (Highfield, 2000c).



Testudo Kleinmanni de 3 años de edad alimentada con vegetales y pienso Mazuri© (Ed Pirog).



Pyxis Arachnoides alimentada con una dieta similar (Ed Pirog).



Geochelone Pardalis alimentada parcialmente con pienso Mazuri, no recibe radiación UV.

La única fuente de vitamina D3 proviene de la suplementación propia del pienso. En los 3 ejemplos, los animales fueron expuestos a ambientes de humedad alta en gran parte de sus recintos (Ed Pirog).

Algunos autores critican este tipo de prácticas. Aún reconociendo que la dieta y las condiciones ambientales son aspectos inseparables y que los microclimas son importantes para la fisiología de las tortugas terrestres (Highfield, 2002a), la causa mayor del desarrollo poroso óseo está en la ingesta de proteína (Highfield, 2000c). Este mismo autor admite que el estado hídrico de los animales, ya sea, a causa de la humedad relativa, de los microclimas o de baños frecuentes, es importante para la salud de los animales, y que en exceso pueden ayudar a los riñones a metabolizar más calcio y así satisfacer la alta demanda que las dietas ricas en proteína provocarían. Sin embargo reniegan totalmente de la idoneidad de ese tipo de dietas, por los ya comentados problemas hepáticos, renales y óseos. Las altas temperaturas aumentan la eficiencia digestiva y aceleran la digestión, aumentando la demanda de alimento y el crecimiento, con un alto coste sobre el sistema renal, ya que genera más urea. (Highfield, 2000c)

En estudios realizados con *Geochelone nigra*, (Furrer et al., 2004) no se consiguió imitar el crecimiento ralentizado y completamente liso de los ejemplares silvestres, aún manteniendo niveles de humedad e hidratación altos. Sin embargo, sí se constató un cambio notable cuando se redujo drásticamente la ingesta proteica.

Las dietas basadas en piensos comerciales presentan muchos más problemas además de los ya conocidos por su alto contenido proteico. Este tipo de piensos suelen estar elaborados a partir de subproductos de soja y cereales. Son compuestos altos en ácidos grasos omega 6, que provocan descalcificación ósea, y fitatos, que neutralizan el calcio y otros minerales. Además, los cereales alteran el metabolismo de la Vitamina D3 (Heinen, 2005).

Los porcentajes de proteína en la dieta, las condiciones ambientales y la síntesis de vitamina D3, son varios aspectos de la biología de las tortugas terrestres que van inevitablemente ligados entre sí. Las especies que viven en climas áridos o semiáridos son uricotélicas, es decir, eliminan los subproductos provenientes de la metabolización de las proteínas por medio de ácido úrico (en forma de uratos). Ésta es una estrategia que necesita de menos recursos hídricos, algo fundamental en las condiciones en las que viven. Estas especies son a su vez, casi totalmente herbívoras, tienen a la radiación UV-B, como único recurso para la síntesis de la vitamina D3, responsable de la absorción del calcio. Las especies que habitan climas más húmedos tienden a ser más amoniotélicas y/o ureotélicas, mecanismos que necesitan de más cantidad de agua. Al mismo tiempo, y no por casualidad, estas especies suelen incluir en sus dietas elementos con más proteína animal, la cual digieren con mayor facilidad. En sus dietas hay elementos que suelen contener vitamina D3, por lo que la dependencia sobre las radiaciones solares es menor (Highfield, sin publicar).

• Conclusiones

Resumiendo, parece razonable pues, pensar en el piramidismo como un proceso multifactorial relacionado con el déficit y/o exceso de varios factores que causan la no correcta asimilación/formación de los componentes que constituyen el caparazón de las tortugas y en el que todos o parte de los elementos enumerados juegan un papel importante en mayor o menor grado, dependiendo de la especie. Un ejemplo claro lo forman dos especies del mismo género como *Testudo marginata* y *Testudo kleinmanni*. La primera es bastante fácil de criar con crecimiento "liso", mientras que la segunda es todo lo contrario.



Pese a su dificultad, es posible criar Testudo Kleinmanni con un aspecto casi indistinguible de los ejemplares silvestres (Fernando Pérez).

BIBLIOGRAFÍA

- Baer, D.J., Oftedal O.T., Rumpler W.V, Ullrey, D.E. (1997). **Dietary Fiber Influences Nutrient Utilization, Growth and Dry Matter Intake of Green Iguanas (*Iguana iguana*)**. The Journal of Nutrition, 1997 Aug;127(8):1501-7.
- Caporaso, F. (1989). **TNT - Tortoise Diet Information**. Tortuga Gazette 25(7): 6-7.
- De Silva, A. (2003). *The Biology and Status of the Star Tortoise (Geochelone elegans) in Sri Lanka*. 11. A.M.P. Print Shop, Gampola.
- Edqvist, U. (2002?). **Star Tortoise Basics**. Tortoise Trust.
- Fife, R. (2005). **Pyramiding in Tortoises**. Reptile Magazine, May 2005.
- Fledelius B., Jorgensen G.W., Brimer L., Jensen H.E. (2005). *Influence of calcium offered to leopard tortoises*. The Veterinary Record, 156(26), June 2005, p. 831-835.
- Furrer, S.C., Hatt, J.M., Snell, H, Marquez, C, Honegger, R.E. and Rübel, A. (2004) **Comparative study on the growth of juvenile Galapagos giant tortoises (Geochelone nigra) on the Charles Darwin Research Station CDRS (Galapagos Islands, Ecuador) and Zoo Zurich, Swizerland**. Zoo Biology, 23, 177-183.
- Heinen, J.E. (2005). **Pyramiding in Tortoises**. The Sulcata and Leopard Tortoise.
- Henen B.T., Nagy K.A., Bonnet X, Lagarde F. (2002). *Clutch Size and Fecundity of the Wild Horsfield's (Testudo horsfieldii) Time and Body Size Effects*. Chelonii, Vol. 3: 135-143. En: Proceedings of the International Congress on Testudo Genus – March 7-10, 2001. Editions SOPTOM, Gonfaron.
- Highfield, A.C. (1996). *Practical Encyclopedia of Keeping and Breeding Tortoises and Freshwater Turtles*:16, 104. Carapace Press, London.
- Highfield, A.C. (1999). **High growth rate diets and vitamin D3 - a response**. Tortoise Trust.
- Highfield, A.C. (2000a). *Notes on Dietary Constituents for Herbivorous Terrestrial Chelonians and Their Effect on Growth and Development* en *The Tortoise and Turtle Feeding Manual*. 3-10. Carapace Press, London.
- Highfield, A.C. (2000b). *Notes on Skeletal and Carapace Deformity in Captive-Bred Tortoises (Genus;Testudo) Related to Diet with Observations on the Use of Vitamin and Mineral Supplements* en *The Tortoise and Turtle Feeding Manual*. 10-13. Carapace Press, London.
- Highfield, A.C. (2000c). *Further Insights into the Nutritional Requirements and Disorders of Tortoises; Protein Energy and Enviroment* en *The Tortoise and Turtle Feeding Manual*. 36-52. Carapace Press, London.
- Highfield, A.C. (2000d). *Anti-Nutrient Factors in Common Tortoise Diets* en *The Tortoise and Turtle Feeding Manual*. 33 - 35. Carapace Press, London.

Highfield, A.C. (2002a). **Understanding Microclimates in Captivity**. Tortoise Trust.

Highfield, A.C. (2002b). **Feeding Tortoises**. A practical guide to avoiding dietary disasters. Tortoise Trust.

Liesegang A., Hatt J.-M., Nijboer J., Forrer R., Wanner M. and Isenbügel E. (2001) **Influence of different dietary calcium levels on the digestibility of Ca, Mg and P in captive born juvenile Galapagos giant tortoises (Geochelone [elephantopus] nigra)**. Zoo Biology, 20, 367-374.

Merchán Fornelino, M. y Martínez Silvestre A. (1999). *Tortugas de España. Biología, Patología y Conservación de las Especies Ibéricas, Baleares y Canarias*: 287-288,. Ediciones Antiquaria, Madrid.

Morris, P. E. (2002). **Keratin & Pyramiding**. Hatchling Haven.

Nash, H. (2005). **Anatomy & Diseases of the Shell**. Peteducation.com

Soler Massana J. y Martínez Silvestre A. (2005). *La Tortuga Mediterrànea a Catalunya*. 103. Ediciones L'Aguila de Cultura Popular, Col·lecciò Natura, 3, Tarragona.

Tabaka C. & Senneke D. (2004). **Deformities, Improper Growth or "Pyramiding"?**. World Chelonian Trust

Senneke, D. (2004). **What Causes Pyramiding?**. World Chelonian Trust.

Wiesner, C. S. & Iben, C. 2003. *Influence of environmental humidity and dietary protein on pyramidal growth of carapaces in African spurred tortoises (Geochelone sulcata)*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition: 87[1-2]:66-74.

Las referencias sin publicar pueden encontrarse en los foros **Kingsnake (1999-2003)**, **Kingsnake (2003-2006)**, y **Tortoise Trust**.