



# Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Reproducción en cautividad de la tortuga matamata

Captive reproduction of the matamata tortoise

Autor/es

Maria Beltrán Anitua

Director/es

José Ignacio Martí Jiménez

Carlos Vicente Buitrago

Facultad Veterinaria

2022

## ÍNDICE

1. Resumen .....	1
2. Abstract .....	1
3. Introducción .....	2
3.1. Taxonomía .....	2
3.2. Distribución y alimentación .....	5
3.3. Estado de la población .....	6
3.4. Anatomía reproductiva de los quelonios .....	8
3.5. Características anatómicas de <i>Chelus fimbriata</i> .....	11
3.6. Biología reproductiva de la matamata .....	12
3.7. Mantenimiento y reproducción en cautividad de la matamata .....	12
3.7.1. Necesidades ambientales para su reproducción .....	14
3.7.2. Características del acuario .....	15
3.7.3. Parámetros del agua .....	15
3.7.4. Puesta de huevos e incubación .....	17
4. Justificación y objetivos .....	18
5. Metodología y material .....	18
5.1. Revisión bibliográfica .....	18
5.2. Experiencia .....	19
6. Resultados y discusión .....	20
6.1. Instalación .....	20
6.2. Individuos .....	21
6.3. Alimentación .....	23
6.4. Control de parámetros .....	23
6.5. Modificaciones ambientales y consecuencias .....	24
7. Conclusiones .....	28
8. Conclusions .....	29
9. Valoración personal .....	29
10. Bibliografía .....	30
11. Anexos .....	34

## 1. Resumen

La tortuga matamata (*Chelus fimbriata*) es una especie de agua dulce originaria del norte de Sudamérica que no migra, es decir, permanece siempre en la misma zona. Anatómicamente se caracteriza por ser una tortuga de gran tamaño con una boca grande y una nariz cilíndrica, ojos muy pequeños y tres quillas muy pronunciadas en el caparazón. Es una tortuga cuyo caparazón puede llegar a medir más de 45 cm de longitud. Se camufla con el ambiente gracias a unas formaciones dérmicas que complementan a su cabeza, triangular y plana, y a su cuello. Estos apéndices imitan a la hojarasca que hay en el fondo de los ríos y pantanos en los que habita. Además, este camuflaje le ayuda a cazar a sus presas mediante una técnica pasiva de succión.

Es una especie que ha sido poco estudiada no solo desde el punto de vista reproductivo, sino que también se desconocen otros aspectos sobre ella como el censo o la tendencia poblacional. Los parámetros más relevantes para su reproducción son el fotoperiodo y la temperatura, además del nivel del agua. Hay otros parámetros que pueden influir indirectamente si se encuentran por encima de los niveles óptimos como son el pH, el amoníaco y los nitritos, entre otros.

Dada la falta de información, son escasas las veces que se ha conseguido reproducir en cautividad. Por ello, en este trabajo se trató de conseguir la reproducción de los individuos de matamata presentes en el Acuario de Zaragoza, modificando algunas de las condiciones ambientales en sus instalaciones, a partir de la información recogida de diferentes fuentes de información. La hembra llegó a manifestar comportamiento de puesta, pero no llegó a realizarla.

## 2. Abstract

The matamata turtle (*Chelus fimbriata*) is a fresh water species native to northern South America that does not migrate, that is, it always remains in the same area. It is anatomically characterized by being a large turtle with a large mouth and a cylindrical nose, very small eyes and three very pronounced keels in the shell. It is a turtle whose shell can measure more than 45 cm in length. It is camouflaged with the environment thanks to dermal formations that complement its triangular and flat head and neck. These appendices mimic the litter at the bottom of the rivers and swamps where it lives. In addition, this camouflage helps it to hunt its prey through a passive suction technique.

It is a species that has been little studied not only from the reproductive point of view, but also other aspects about it such as the census or the population trend are unknown. The most relevant parameters for its reproduction are the photoperiod and temperature, as well as the water level. There are other parameters that can indirectly influence if they are above optimal levels such as pH, ammonia and nitrites, among others.

Due to the lack of information, it has rarely been possible to reproduce in captivity. Therefore, in this work we tried to obtain the reproduction of the matamata individuals present in the Zaragoza Aquarium, modifying some of the environmental conditions in their facilities, based on the information collected from different sources of information. The female showed laying behaviour, but did not perform it.

### 3. Introducción

#### 3.1. Taxonomía

Para el correcto estudio de la tortuga matamata, se comenzará describiendo su clasificación filogenética (Tabla 1).

Dominio	Eucariontes
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrata
Clase	Sauropsida
Subclase	Diapsida
Orden	Testudines
Suborden	Pleurodira
Familia	Chelidae
Género	<i>Chelus</i>
Especies	<i>Chelus fimbriata</i> , <i>Chelus orinocensis</i>

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la tortuga matamata (Divers y Stahl, 2019; Wikipedia, 2022).

La clase Sauropsida está constituida por seres vertebrados amniotas y con el cuerpo recubierto por escamas de queratina. Dentro de ella encontramos la subclase Diapsida, la cual se caracteriza porque los organismos que están incluidos en ella presentan un par de fosas temporales a cada lado del cráneo (Wikipedia, 2022). Seguidamente, el orden Testudines se representa por organismos que tienen una estructura ósea que protege a los órganos internos, el caparazón. Este orden se divide en 2 subórdenes de gran importancia, el Pleurodira y el Criptodira. La tortuga matamata pertenece al suborden Pleurodira, el cual se caracteriza por tener 13 placas en el plastrón, una más que los criptodiro. La placa que diferencia a ambos subórdenes es la llamada placa intergular. Lo más característico de este suborden es que no pueden esconder la cabeza totalmente dentro del caparazón y, en consecuencia, la deben doblar lateralmente. También se caracterizan por tener los huesos de la pelvis fusionados al plastrón. El suborden Pleurodira se divide en dos grandes familias, las tortugas con cuello de serpiente (Chelidae) y las tortugas de cuello escondido (Pelomedusidae). La familia Chelidae se caracteriza por contener 12 géneros de tortugas de agua dulce. Es la familia más abundante y extendida por Sudamérica, cuya distribución está influenciada por el clima y el tipo de vegetación (Souza, 2005; Divers y Stahl, 2019). De estos 12 géneros, nos centraremos en el género *Chelus*, el cual se caracteriza por tener la placa gular en una posición posterior a la intergular y por poseer siete placas centrales (Avendaño, Muñoz y Varela, 2002). A este género antiguamente pertenecían 3 especies, dos de ellas actualmente están extintas, *Chelus lewisi* y *Chelus colombiana*, y la actualmente presente *Chelus fimbriata* (Ferreira et al., 2016). Hasta hace poco, a este género solo pertenecía esta especie, hasta que en 2020 se confirmó mediante biología molecular, la existencia de dos especies realmente: *Chelus fimbriata* y *Chelus orinocensis*.

La especie *Chelus fimbriata* fue nombrada y descrita por primera vez por Barrère (1741) hace más de 250 años y se hizo bajo el nombre de *Testudo terrestris major putamine echinato et striato*, pero el nombre se acabó acortando a *Testudo terrestris*, denominada así por Fermin en 1765. Unos años más tarde, en 1783, Schneider cambió su denominación por el nombre de *Testudo fimbriata*. De esta denominación surgieron otras alternativas como la de Bruguière en 1792 que la nombró *Testudo matamata*. Duméril, en 1806 introdujo esta especie en el género *Chelus*, con lo cual pasó a llamarse *Chelus fimbriata* (Pritchard et al., 2008; Rhodin et al., 2017).

Todas estas denominaciones hacen referencia a un gran número de tortugas de todo el norte de Sudamérica. Pero fue en 1966 cuando Schmidt observó y anunció la existencia de diferencias entre tres grupos de tortugas localizadas en zonas geográficas diferentes:

Colombia, Perú y Brasil. Las diferencias entre los grupos se basan principalmente en el color del plastrón, la forma del caparazón y las coloraciones en la piel. Declaró más diferencias entre los grupos, sin embargo, estas observaciones se basaban en un número muy pequeño de individuos, por lo que puede que algunas diferencias no fueran del todo precisas. Más tarde, en 1984, Pritchard y Trebbau empezaron a establecer comparaciones entre un elevado número de individuos de la cuenca del Amazonas y del Orinoco (Pritchard et al., 2008; Vargas-Ramírez et al., 2020).

Sánchez-Villagra et al. en 1995, confirmaron esas diferencias y, además, declararon la existencia de otras como la poca pigmentación del plastrón de los individuos originarios de la cuenca del Orinoco, al contrario que los ejemplares procedentes de la cuenca del Amazonas, los que presentan un plastrón muy pigmentado. De todas estas declaraciones se determina que el grupo originario de la cuenca del Amazonas tiene un par de líneas negras bajo el cuello que pasan a ser una única línea debajo de la barbilla, un plastrón más pigmentado y un caparazón más cuadrado. En cambio, el grupo originario de la cuenca del Orinoco se caracteriza por tener un caparazón ovalado, sin o con poca pigmentación negra debajo del cuello y una pálida coloración amarillenta del plastrón (Figura 1) (Pritchard et al., 2008; Vargas-Ramírez et al., 2020). Los individuos jóvenes de este grupo también tienen el par de líneas negras bajo el cuello que se desvanecen con el tamaño y la edad. Sin embargo, se han encontrado animales que tienen una morfología confusa, lo cual hace pensar que se ubican en una zona intermedia entre las dos cuencas (Vargas-Ramírez et al., 2020).

Según un estudio sobre análisis genómico (Vargas-Ramírez et al., 2020) hay evidencias genéticas, morfológicas y morfométricas de la existencia de dos especies de matamata según su origen. En este estudio se examinan muestras de piel y músculo de 75 individuos de matamata. Para demostrar las diferencias genéticas entre ambas especies se utilizan



**Figura 1.** Comparación entre dos hembras subadultas de *Chelus orinocensis* (arriba) y *Chelus fimbriata* (abajo) (Vargas-Ramírez et al., 2020).

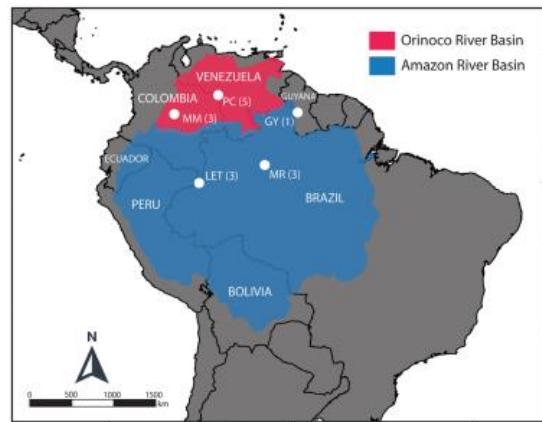
secuencias de ADN mitocondrial y nuclear y datos de SNP's, se puso de manifiesto que no hay asociación entre ambos grupos de tortugas. Gracias a este estudio, se sabe que ambas especies divergieron en el mioceno tardío, hace unos 13 millones de años aproximadamente, justo cuando apareció la cuenca del río Orinoco. Como resultado, a las tortugas originarias de la cuenca del río Orinoco, río Negro y Esequibo, se las clasifica taxonómicamente bajo el nombre de *Chelus orinocensis* y, a las originarias de la cuenca de río Amazonas y del río Mahury como *Chelus fimbriata*.

### 3.2. Distribución y alimentación

La tortuga matamata es una especie originaria del norte de Sudamérica (Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Trinidad, Surinam y Guyana) (Figura 2) (Pritchard et al., 2008). También se ha descrito en la Guyana Francesa, Australia, Nueva Guinea y en la isla de Roti (Indonesia) (Seddon et al., 1997). Según la propuesta 22 de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) de 2022, la matamata es una especie con una amplia distribución, con un área total aproximada de 6.907.551 km<sup>2</sup> (CoP19 Prop 22-CITES, 2022).

Es una especie que tiene preferencia por las aguas tranquilas y de poca corriente como: lagos, bosques inundados, lagunas... y la mayoría del tiempo lo pasa en el fondo. Eventualmente se las puede encontrar en aguas salobres y saladas (Pritchard et al., 2008; CoP19 Prop 22-CITES, 2022).

Con respecto a su alimentación, en 1896 se pensaba que su dieta se basaba en alimentos vegetales y en ranas y peces que capturaba mientras nadaba entre las plantas. Sin embargo, un tiempo después se observó en cautividad que esta tortuga era muy lenta y que no ingería estos alimentos (Fogel, 2011). Al ser una especie carnívora, se alimenta mayoritariamente de peces de su área, pero puede ingerir también algunas aves, invertebrados acuáticos y pequeños mamíferos (Carvajal y Rodríguez, 2018). Fachmanriin-Teran et al. en 1995 abrieron el estómago de diversas matamatas para evaluar su contenido. Encontraron peces de 2-3 cm de longitud pertenecientes a los géneros *Crenicichla* (familia: Cichlidae), *Triportheus* (familia:



**Figura 2.** Mapa de muestreo de ambas especies de matamata y delimitación de la cuenca del Orinoco y del Amazonas (Cardeñosa et al., 2021).

Characidae) (Fogel, 2011) y *Erythrinus* (*Erythrinus erythrinus*, pez lobo rojo u arcoíris) (Pritchard et al., 2008).

En libertad se alimenta fundamentalmente durante la noche, pero en cautividad son capaces de adaptarse a una alimentación diurna. Además, se conoce que los individuos juveniles salvajes se sitúan cerca de la orilla para poder capturar a los peces que allí acorralan (Fogel, 2011). Durante la época de lluvias, en hábitats arenosos y sin refugios, el nivel del agua aumenta y la densidad de macroinvertebrados de los que se pueden alimentar, disminuye. Además, los hábitats donde predomina la hojarasca como sustrato y cuando el nivel del agua es bajo, facilita que una mayor variedad de invertebrados se escondan y, por tanto, haya una mayor disponibilidad de presas a capturar (Benstead, 1996; Rivera et al., 2010).

En cuanto al método de alimentación, no presentan una técnica muy elaborada. Esta consiste en mantenerse camuflada con el ambiente a la espera de que la presa pase lo suficientemente cerca de la boca como para ser succionada en un rápido abrir y cerrar de boca, creando una presión negativa y una única dirección de flujo, absorbiendo así a las presas y eliminando el agua sobrante (Formanowicz, Brodie y Wise, 1989; Fogel, 2011). Este rápido movimiento lo puede llevar a cabo debido a que posee una desarrollada musculatura tanto en el hioídes como en el cuello (Carvajal y Rodríguez, 2018). Además, gracias a la anatomía aerodinámica de su cabeza, apenas produce ondas en el agua al alimentarse, lo cual representa una ventaja frente a sus depredadores (Fogel, 2011).

### **3.3. Estado de la población**

Debido a que es una especie poco conocida y difícil de encontrar en libertad, se clasifica como especie de “Preocupación Menor” (LC) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), porque no se interpreta que haya una baja densidad de población, sino que son difíciles de localizar debido a su extensa distribución y a su esquivo comportamiento (Pritchard et al., 2008). Sin embargo, al haber diferenciado dos especies en el género *Chelus*, sería conveniente determinar el estado de la población independientemente para ambas especies. Además, no aparece clasificada en ningún apéndice CITES (Vargas-Ramírez et al., 2020), por lo que, al no estar considerada en peligro, no se lleva a cabo ninguna medida para su conservación. Sin embargo, este año Brasil, Colombia, Costa Rica y Perú han decidido lanzar una propuesta para introducir a ambas especies, *Chelus fimbriata* y *Chelus orinocensis*, en el Apéndice II del CITES, lo que obligará a que todas las exportaciones se hagan bajo unas condiciones preestablecidas y que todas

queden registradas. Esta decisión se toma de acuerdo a varias razones. La razón más reciente es que al haber clasificado la que inicialmente era una especie en dos diferentes, repercute en que el área de distribución se vea reducida, por lo que la población de la especie es más vulnerable a sufrir una disminución censal ante cualquier amenaza. Otro motivo hace referencia al considerable aumento del tráfico tanto legal como ilegal, dependiendo del país, de individuos, sobre todo recién nacidos y juveniles, de esta especie. A pesar de que no haya un control poblacional de la especie, esto se conoce debido a que cada año ha ido aumentando el número de decomisos en las fronteras (CoP19 Prop 22-CITES, 2022). Cuando se decomisan a los individuos, estos se deben liberar nuevamente en su hábitat. Para hacerlo de la forma más correcta, se deberían realizar pruebas genéticas para determinar exactamente la zona de la que proceden y liberarlos en ese lugar, ya que no solo puede afectar a la supervivencia de los individuos liberados, sino que puede afectar negativamente a las poblaciones de esa zona. Este es un protocolo que se lleva a cabo en especies amenazadas, pero que sería útil realizarlo en todas las especies a liberar (Lasso et al., 2018; Cardeñosa et al., 2021). Por ejemplo, en Perú, el tráfico de individuos es legal por lo que hay un registro de las exportaciones que evidencia este aumento, tanto de ejemplares salvajes presentes en ranchos como de individuos nacidos en zoocriaderos autorizados. En 2010 se registraron 749 exportaciones de ejemplares vivos, en 2018 aumentó a 18355 individuos y, en 2020 llegó a más de 4 mil ejemplares (Tabla 2). Estos ejemplares se exportan a los mercados internacionales de mascotas, además de a compradores aficionados, acuaristas y herpetófilos de Europa, Estados Unidos y, especialmente China, el cual en los últimos años ha sido el destinatario mayoritario de las exportaciones. Aunque a pesar de que no se conoce el censo poblacional, no se puede conocer con exactitud la influencia de este tráfico sobre la población (CoP19 Prop 22-CITES, 2022).

En 2015, cuando se hizo la última actualización, se clasificó como “Preocupación menor” en la Lista Roja Colombiana. Es una especie a la que teóricamente protegen las leyes de protección de vida salvaje y cuya exportación está prohibida en Colombia, Venezuela y Brasil. Además, está protegida por la Guayana Francesa y también cuando se encuentra presente en parques y reservas naturales... (Pritchard et al., 2008). A pesar de esto, se prevé que en un futuro pase a estar en peligro debido a diferentes motivos que no cesan, como el aumento del tráfico legal e ilegal de animales, el consumo de esta especie en algunos países y por la continua destrucción de su hábitat (Chaves, 2010; Fogel, 2011).

Importador	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Alemania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156	200	356
Bélgica	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Canadá	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Chile	-	30	-	-	100	-	-	-	-	-	-	130
China	585	461	1213	2174	1636	1872	5300	4780	15330	2907	3567	39825
E.E.U.U.	57	-	-	-	272	400	241	5845	2675	4885	285	14660
España	-	168	41	285	843	142	150	1250	-	140	120	3139
Holanda	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Inglaterra	-	-	-	-	-	-	-	300	-	20	-	320
Italia	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	30
Japón	97	112	130	201	307	100	120	229	100	120	100	1616
Malasia	-	65	-	-	-	-	50	500	-	-	-	615
México	-	-	120	200	200	-	-	-	100	-	-	620
Provincia china de Taiwán	-	950	300	-	50	-	100	300	150	138	200	2188
<b>Total</b>	<b>749</b>	<b>1789</b>	<b>1834</b>	<b>2860</b>	<b>3408</b>	<b>2514</b>	<b>6061</b>	<b>13204</b>	<b>18355</b>	<b>8366</b>	<b>4472</b>	<b>63612</b>

**Tabla 2.** Exportaciones de individuos vivos de matamata desde Perú a terceros países (CoP19 Prop 22-CITES, 2022).

### 3.4. *Anatomía reproductiva de los quelonios*

Las góndadas están ubicadas cranealmente a los riñones (en las tortugas los riñones son retrocelómicos y localizados caudodorsalmente al caparazón). Tienen una fecundación interna y se desarrolla en el oviducto, concretamente en el istmo. La madurez sexual es muy tardía en los quelonios, hasta 15 años en libertad y algo menos en cautividad, aunque normalmente la madurez sexual viene determinada más por el tamaño de la tortuga que por la edad, es decir, si no alcanzan un tamaño determinado aun teniendo la edad correspondiente, pueden no llegar a ser maduros sexualmente (Divers y Stahl, 2019).

En el caso de los machos, la espermatogénesis depende de la temperatura y de la testosterona, con un pico en primavera/verano. Los espermatozoides se almacenan en el epidídimos durante el invierno y se liberan a la primavera siguiente, durante la época de apareamiento (Divers y Stahl, 2019).

Respecto a las hembras, tienen el oviducto dividido en 4 regiones: infundíbulo, magno, útero y vagina (Avendaño, Muñoz y Varela, 2002). Tienen la capacidad de almacenar los espermatozoides en una región concreta del istmo durante un largo periodo de tiempo, desde meses hasta años, por lo que pueden fecundar óvulos tras un periodo de tiempo sin cópula. Tras la fecundación, en esa área se desarrollan membranas y capas de albúmina alrededor del óvulo en desarrollo. Más abajo en el oviducto, se fabrican las membranas de la cáscara y la propia cáscara del futuro huevo. El huevo se retiene aquí esperando la llegada de más huevos para irse posicionando bilateralmente hasta el momento de la oposición. Cada ovario tiene muchos folículos que se encuentran en diferente estado de desarrollo. Los folículos previtelogénicos de pequeño tamaño y blancos, liberan estradiol como respuesta a la gonadotropina secretada por la pituitaria (Divers y Stahl, 2019). El estradiol secretado estimula la producción de vitelogenina en el hígado a partir de los lípidos hepáticos. Esta proteína es utilizada por los folículos para crecer durante el otoño, principalmente. El estradiol, aumenta en las hembras sólo en el celo y va disminuyendo hasta un nivel muy bajo en la temporada de anidación. Por otro lado, la progesterona está elevada alrededor de la ovulación y se mantiene alta al principio de la época de anidación. La testosterona tiene la función de regular la época reproductiva (cálida y con lluvias), tanto en machos como en hembras. En los machos, en los meses previos a la etapa reproductiva la testosterona aumenta hasta llegar a su nivel máximo durante el momento de más cópulas, cuando la temperatura es elevada. En cambio, durante la temporada de anidación en la época no reproductiva, la cual es seca y más fría, la testosterona disminuye. Por otro lado, en las hembras la testosterona tiene su pico en la segunda parte de la temporada reproductiva y, al igual que en los machos, disminuye durante la época seca y fría. La producción de testosterona por parte del folículo aumenta a medida que este madura y aumenta de tamaño. Debido a la ovulación, la cantidad de testosterona disminuye y eso provoca que la hembra no esté interesada en criar ni receptiva con los machos. Dependiendo de la especie, las tortugas pueden realizar una o varias puestas durante una misma estación reproductiva. Después de la puesta, aquellos folículos que no hayan ovulado acabaran siendo atrésicos y convirtiéndose en cuerpos *albicans* (Avendaño, Muñoz y Varela, 2002).

Las tortugas son ovíparas y sus huevos pueden ser o de cáscara suave y blanda o, por lo general, de cáscara dura. Dependiendo de la especie, las puestas pueden contener un menor o mayor número de huevos, desde 1 hasta docenas de ellos. En gran cantidad de especies, la temperatura de incubación de los huevos determina su sexo, desde el comienzo hasta la mitad del periodo de incubación. Generalmente a altas temperaturas se producen hembras y a bajas,

machos. Sin embargo, hay otras especies que producen hembras tanto a altas como a bajas temperaturas y, a temperaturas intermedias producen machos (Divers y Stahl, 2019).

Los machos tienen un pene de color oscuro y en forma de pala que es expansible. Cuando no está erecto se mantiene en la parte ventral del *proctodeum*. Además, el pene de los quelonios solo tiene función reproductora, es decir, no tiene uretra, por lo que no tiene función urinaria. Cuando el pene está erecto, puede alcanzar una longitud de hasta la mitad del caparazón. Tiene un canal por el que transporta el semen. Algo interesante sobre los quelonios es que, a menudo, personas inexpertas confunden el pene con un órgano prolapsado, lo cual no pasa en ellos. Los machos pueden vocalizar durante la cópula o masturbación. Además, pueden exteriorizar el pene durante la defecación o mientras se manipula la zona cloacal (Divers y Stahl, 2019).

Tanto en machos como en hembras, el aspecto de los órganos genitales es igual cuando son inmaduros sexualmente que cuando están fuera de la época reproductiva (Avendaño, Muñoz y Varela, 2002).

Respecto al dimorfismo sexual en quelonios, comienza cuando son pospúberes. Se observan diferencias de color, longitud de cola y uñas, tamaño y forma del caparazón y concavidad del plastrón. Sin embargo, lo que más se diferencia a ambos sexos es la longitud de la cola y la forma del caparazón. Además, las hembras tienen el orificio cloacal más cerca del borde del caparazón que los machos, que lo tienen bastante alejado. Estas diferencias son muy difíciles de identificar cuando son inmaduros sexualmente, pero es posible determinar el sexo mediante endoscopia. En el 70% de las tortugas, las hembras son de mayor tamaño que los machos. En un 22%, los machos son de mayor tamaño que las hembras y, el 8% restante, ambos sexos tienen el mismo tamaño. En algunas especies, los machos tienen las uñas delanteras más largas que las hembras y sirven para cortejarlas. Asimismo, hay especies que tienen un dimorfismo sexual muy marcado, como la diferencia de color del iris en la tortuga de caja común (*Terrapene carolina*) (Divers y Stahl, 2019).

En cuanto a la madurez sexual, se considera larga en los quelonios, requiriendo normalmente de 5 a 7 años. En los machos se ha encontrado correlación entre la longitud mínima del caparazón de un individuo con la morfología de sus testículos y la existencia o no de esperma en los epidídimos. En relación a las hembras, se definen como maduras cuando tienen huevos, folículos de clase I o II y/o cuerpos lúteos y, se consideran inmaduras cuando presentan folículos de clase III durante un período mínimo de un año (Avendaño, Muñoz y Varela, 2002; Divers y Stahl, 2019).

En resumen, dependiendo de la especie, tienen un dimorfismo sexual más evidente o menos, y en la mayoría de las especies, las hembras son más grandes que los machos, como es el caso de la tortuga matamata.

### **3.5. Características anatómicas de *Chelus fimbriata***

La tortuga matamata se caracteriza por ser una especie de considerable tamaño y de aspecto primitivo, con un caparazón con tres crestas pronunciadas (Fogel, 2011). El individuo más grande registrado es una hembra de 52,6 cm de longitud total del caparazón y con un peso de 17,7 kg (Manriqué y Barrio, 2006).

Los individuos adultos tienen unas coloraciones oscuras de color marrón. En cambio, los ejemplares recién nacidos y juveniles, tienen unas coloraciones más vivas y rojizas, como se ha descrito anteriormente. Estas coloraciones características de los juveniles desaparecen a medida que el animal va creciendo (Garbin y Caramaschi, 2015). Esta característica representa una herramienta de supervivencia para alertar a los depredadores, ya que la forma de los distintos colores forma una imagen con diferentes objetos independientes, gracias a esto obtienen un buen camuflaje con el ambiente (Fogel, 2011).

Se ha observado que su cabeza triangular es indistinguible de las hojas caídas de la planta acuática mucka-mucka (*Montrichardia arborescens*), lo cual contribuye, una vez más, en su camuflaje. Esta planta es una de las que se encuentran en el hábitat natural de esta especie. Además, en su cabeza se pueden observar unas formaciones dérmicas sensibles al tacto y, por tanto, a los movimientos del agua, permitiéndole localizar a sus presas en la oscuridad y en aguas con poca visibilidad. Al igual que los crecimientos dérmicos, tiene una membrana timpánica muy grande que le permite detectar dichos movimientos del agua e identificar la localización de su presa (Fogel, 2011).

Como otras especies pertenecientes al suborden de los Pleurodiras, poseen cinco garras en las extremidades anteriores y cuatro en las posteriores (CoP19 Prop 22-CITES, 2022).

Gracias a su nariz en forma de tubo, pueden estar tumbadas en el fondo y respirar simplemente estirando su largo cuello y exteriorizando los orificios nasales. Sus ojos se caracterizan por ser pequeños, a pesar de ello, tienen una buena visión. Poseen *tapetum lucidum* como otras especies de reptiles nocturnos. Lamar observó que el reflejo de dichos ojos por la noche era de color rojo (Fogel, 2011).

La matamata es una especie que no presenta un dimorfismo sexual muy evidente. Las hembras son de mayor tamaño, con un caparazón más largo y ancho que el de los machos. Por

otro lado, los machos se caracterizan por tener una cola más larga y la cloaca situada más lejos del caparazón (Fogel, 2011).

Una peculiaridad comportamental de esta especie es que no sale a del agua para tomar el sol y así aumentar su temperatura corporal, sino que se quedan flotando en la superficie o bajo ella en caso de aguas más profundas. A pesar de ser una tortuga acuática, no suele nadar, sino que se desplaza andando por las profundidades donde habita. Además, la hembra es la única que sale del agua y solo para realizar la puesta de sus huevos (Fogel, 2011).

### ***3.6. Biología reproductiva de la matamata***

A pesar de que no se conoce la esperanza de vida de la especie, se sabe que alcanzan la madurez sexual entre los 5 y 7 años de edad (CoP19 Prop 22-CITES, 2022) y que la hembra puede aumentar 1 kg de peso previamente a la puesta (Schaefer, 1986).

La época reproductiva de la matamata empieza con el comienzo de la época cálida y de lluvias, es decir, la estación húmeda de las regiones en las que habita. Esto suele ser en verano (de octubre a diciembre) en el Amazonas (Carvajal y Rodríguez, 2018) y, de mayo a octubre, en la cuenca del río Orinoco, donde la estación seca coincide con los meses de diciembre hasta abril (Silva, 2004). Por otro lado, la temporada de puesta es al final de la temporada de lluvias y al inicio de la época seca, la que va desde agosto hasta noviembre y diciembre, según la zona geográfica. De esta manera las hembras evitan que sus nidos se inunden por las lluvias y así asegurar el nacimiento de sus crías (Barrio y Narbaiza, 2008; Pritchard et al., 2008).

Con respecto al cortejo, el macho es el que comienza a cambiar su comportamiento. Al principio está muy activo. Después, empieza a acercarse más a la hembra y, posicionado delante de ella, empieza a realizar movimientos de arriba abajo muy rápidos con la cabeza (Schaefer, 1986). Además, hacen vibrar las uñas de sus extremidades en la cabeza de la hembra (Fogel, 2011).

### ***3.7. Mantenimiento y reproducción en cautividad de la matamata***

Como se ha mencionado anteriormente, la tortuga matamata es una especie de la que se tienen pocos conocimientos tanto prácticos como teóricos sobre su mantenimiento y, sobre todo, su reproducción en cautividad.

Lo primordial en la instalación del terrario es conocer en qué tipo de hábitat vive y recrearlo al máximo posible. Esta condición no es exclusiva para esta especie, sino que es la base para un buen mantenimiento en cautividad de cualquier especie de reptil.

Algo a tener en cuenta al adquirir un ejemplar de esta especie es que se desconoce su longevidad, se tienen datos de individuos que llevan más de 16 años en zoológicos (Pritchard et al., 2008), incluso se ha registrado la muerte, en cautividad, de un individuo macho de matamata de 53 años de edad (Lombardini et al., 2013), pero no se conoce con exactitud su esperanza de vida. Además, se debe considerar el comportamiento de la especie. En cautividad, se ha observado que la matamata es una especie que durante el día permanece tranquila y escondida en el fondo del terrario y que se activa cuando empieza a oscurecer. Asimismo, se ha visto que son muy sensibles a cualquier modificación de su entorno y que esto repercute en su éxito reproductivo (Schaefer, 1986).

Para la construcción de un terrario acorde a las necesidades de esta especie, éste debe ser espacioso y con un buen sistema de filtración del agua. Debido a la fisiología reproductiva de la especie, tiene mayor importancia que el terrario sea más ancho que profundo, ya que los adultos necesitan un mínimo de 30 cm de profundidad, lo cual les permite descansar en el fondo y les facilita respirar desde allí estirando el cuello. En caso de querer que los individuos se reproduzcan, es necesaria una altura mínima igual a la longitud del caparazón del individuo más grande, normalmente la hembra, ya que de esta manera el macho durante la cópula está totalmente sumergido y no necesita ejercer tanta fuerza para sostener su peso (Fogel, 2011). Otra característica que debe tener el estanque, es que no debe tener demasiada iluminación, ya que la matamata es una especie muy sensible a la luz intensa y, además, debe de haber rincones para que los individuos se puedan esconder. Las superficies no deben ser abrasivas para evitar que los individuos sufran algún daño. Asimismo, se aconseja incluir plantas en la decoración del terrario para crear un ambiente más aislado cuando hay más de un individuo en el mismo estanque y ofrecer protección contra la luz (Schaefer, 1986; Forrest, 2003).

Con respecto a su alimentación en cautividad, si se les ofrece pescado congelado se debe considerar la opción de suplementarlo con vitaminas (en especial la vitamina B<sub>1</sub> y la E) y calcio. De vez en cuando, se les puede dar verduras de hoja verde, trozos de patata y zanahoria. La frecuencia de alimentación en individuos juveniles debería ser de 3-4 veces por semana. En el caso de ejemplares adultos, se recomienda alimentarlos 1-2 veces por semana (Schaefer, 1986; Forrest, 2003). Las crías empiezan a comer días después de eclosionar. Las especies con las que se las alimenta pueden ser peces vivos como “guppies” (*Poecilia reticulata*) o “goldfish”

(*Carassius auratus*). Sin embargo, la alimentación a base de "goldfish" puede producir una hipovitaminosis en el individuo (Vicente, comunicación personal). Más adelante, se pueden sustituir por pescado descongelado de la familia de los salmonidos como esguines y truchas, además de peces marinos como el capelán (*Mallotus villosus*) y para acostumbrarlos al pescado congelado se pueden simular las ondas que haría. Otras especies posibles para su alimentación serían pescados (*Phoxinus phoxinus*) y mojarra de oreja azul (*Leponis macrochirus*) (Schaefer, 1986; Fogel, 2011).

A pesar de que en libertad se suelen ver individuos solitarios en lugar de convivir en grupos, la tortuga matamata es una especie que puede convivir con varios individuos sin peligro de agresiones (Formanowicz, Brodie y Wise, 1989), aunque se debe tener en cuenta la posibilidad de que, al introducir un macho joven nuevo al grupo, pueda haber agresiones, tales como mordiscos y persecuciones, con el resto de machos del grupo (Fogel, 2011).

Para facilitar la adaptación de los individuos a su nuevo hábitat, se puede construir la instalación con cristales opacos (Fogel, 2011). Respecto a la adaptación, se ha visto que este es el criterio de elección de pareja en la época reproductiva, ya que, si un individuo no está adaptado, no va a mostrar interés en reproducirse (Schaefer, 1986).

### **3.7.1. Necesidades ambientales para su reproducción**

Con respecto a los parámetros ambientales de cualquier especie, hay que tener en cuenta que cualquier modificación de estos puede afectar al bienestar de los individuos.

Para reproducir un ambiente correcto, se deben tener en cuenta la temperatura tanto del aire como del agua, el pH, la calidad y el nivel del agua y la iluminación.

Referente a los parámetros del agua, esta debe tener un sistema de filtrado correcto y una buena calidad higiénica, la cual se evalúa y corrige mediante controles rutinarios de diferentes parámetros como son: los nitratos y nitritos, el pH, la alcalinidad, los fosfatos, el amonio y el amoníaco y el cloro, además de la concentración de oxígeno.

En cambio, en el caso de los quelonios, los parámetros que se deben tener en cuenta en el momento de la reproducción son principalmente la temperatura y el fotoperiodo. Estas dos variables son las que juegan un papel importante para marcar el inicio y el fin de la época reproductiva. Sin embargo, es lógico pensar que, si el resto de parámetros ambientales no están a unos niveles adecuados para la especie, puedan repercutir en el bienestar de los individuos del estanque, ya que, al no estar en sus condiciones óptimas, pueden sentir

molestia y estrés, pudiendo derivar en alguna patología o en una falta de comportamiento reproductivo. Por tanto, también podría afectar a su capacidad reproductiva en caso de que se mantuvieran repetitivamente fuera de rango.

### **3.7.2. Características del acuario**

El pH no es un parámetro que se modifique, pero si se debe conocer el rango óptimo para esta especie. En este caso, se sabe que el pH debe estar entre 4,5 y 6 (Forrest, 2003). Este valor de pH tan ácido es el que caracteriza a los riachuelos de la cuenca del Amazonas (pH = 4,4) y del río Orinoco (pH = 3,2), esto se debe al poco movimiento de sus aguas y a la elevada cantidad de componentes orgánicos disueltos en ella. Este pH les ofrece una protección frente al crecimiento de microorganismos, por eso es tan importante un pH ácido en la cría de ejemplares juveniles (Fogel, 2011). Sin embargo, se ha conseguido mantener y criar a las matamata con valores de pH más elevados, entre 6 y 7,5 (Schaefer, 1986).

Con respecto al agua, es importante remarcar que es una especie de tortuga que no hiberna (Forrest, 2003). La temperatura se debería ir aumentando progresivamente con ayuda de calentadores de agua en caso de que la temperatura ambiental externa al terrario sea baja. El valor óptimo de temperatura es de 26°C, pero la temperatura debe mantenerse entre 23 y 28°C (Schaefer, 1986). Se debe tener en cuenta que no se debe calentar únicamente el agua, sino que es fundamental que la temperatura del aire del terrario también sea cálida, ya que las tortugas respiran ese aire y si fuera frío, podrían desarrollar problemas respiratorios. Otro valor a considerar es el nivel del agua, el cual debe ser como mínimo igual a la longitud del caparazón del individuo más grande, en este caso la hembra.

Referente a la iluminación, como ya se ha dicho anteriormente, no debe ser intensa. Se pueden utilizar fluorescentes de 40 o 65 W durante un periodo de tiempo de 12 o 10 horas respectivamente (Schaefer, 1986).

### **3.7.3. Parámetros del agua**

En cualquier acuario se debe llevar un control rutinario de ciertos parámetros del agua para asegurar una calidad adecuada para los individuos, en el caso de los peces, algunos de estos parámetros tienen más importancia que en los quelonios acuáticos.

Para entender la importancia de la realización de test de forma rutinaria de estos parámetros es necesario explicar el ciclo del nitrógeno en un acuario.

El ciclo dura 36 días y empieza cuando se acumulan excreciones y se descomponen restos de comida y plantas. Al descomponerse, aumentan las concentraciones de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Esta sustancia es la que resulta tóxica y una de las que hay que evitar que vaya en aumento. El amoníaco se transforma en amonio ( $\text{NH}_4$ ), el cual pueden asimilar las plantas del acuario. Seguidamente, las bacterias *Nitrosomonas*, convierten el amoníaco y el amonio en nitrito ( $\text{NO}_2$ ), otra de las sustancias tóxicas. Las bacterias *Nitrobacter* son las encargadas de oxidar los nitritos en nitratos ( $\text{NO}_3$ ). Esta sustancia es utilizable por las plantas, aunque al ser un poco menos tóxica que los nitritos, también hay que evitar que se acumule, para lo que se recomiendan los cambios de agua regulares. Estas bacterias son las que deben estar presentes en el filtro del acuario para que se pueda llevar a cabo la filtración biológica. En conclusión, debido a que la descomposición de los restos orgánicos del acuario se producen sustancias tóxicas, es necesario llevar un control de estos parámetros y, en caso necesario, poner medidas para reducirlos. En caso del amoníaco, para reducirlo se realizan cambios de agua y se adiciona arcilla de zeolita en el filtro (Lloret, 2006; Pucheu, 2006).

Con respecto al cloro, es relevante llevar un control de sus niveles en el agua, ya que su presencia indicaría la presencia de residuos producto del tratamiento de desinfección del agua del acuario. Es una sustancia muy tóxica para los individuos del acuario, por lo que se debe utilizar agua tratada contra el cloro para evitar esos efectos nocivos. Cuando en el acuario haya concentraciones elevadas de este, una solución para neutralizarlo es el uso de trisulfato sódico (Pucheu, 2006; Martín, 2021; PMF acuarofilia, 2022).

Además, se deben controlar los niveles de fosfato del agua. Esta sustancia se produce como consecuencia de los procesos de digestión de los peces, restos orgánicos de comida y de la descomposición de las plantas, aunque es aprovechado por las plantas para crecer. Cuando aumentan los niveles provoca la proliferación de algas indeseadas en el acuario. Una solución sería, como se ha comentado en otras circunstancias, realizar cambios de agua y no sobrealimentar a los peces (Lloret, 2006; PMF acuarofilia, 2022).

Con respecto a la alcalinidad/capacidad tampón/acidez carbónica ( $\text{kH}$ ) del agua, no hay un valor óptimo que alcanzar para la especie, ya que no es un parámetro que afecte directamente a los peces. Esta se define como la capacidad que tiene el agua para neutralizar un ácido sin modificar el valor del  $\text{pH}$ , es decir, cuando se forman ácidos en el agua como el nitrato, si la alcalinidad fuera baja, el  $\text{pH}$  del agua sería inestable y disminuiría mucho. En cambio, si el agua tuviera demasiada capacidad tampón, sería muy difícil disminuir el  $\text{pH}$  en caso de querer hacerlo. Por ello, se debe mantener una capacidad tampón acorde para que el  $\text{pH}$  sea estable,

lo cual se conoce mirando semanalmente el valor de pH y mirando cuento modifica, si se modifica se debe aumentar el valor de kH hasta llegar a un punto en el que el pH se mantenga estable o se modifique ligeramente (Pucheu, 2006; PMF acuarofilia, 2022).

### **3.7.4. Puesta de huevos e incubación**

Con respecto al nido, este debe ser de aproximadamente 50 cm de profundidad para que pueda cavar un hoyo y con unas dimensiones de 80 x 60 cm aproximadamente (Métrailler, 2003). Algunos criadores han utilizado como sustrato una combinación de grava y turba, aunque también se ha utilizado musgo de esfagno (Schaefer, 1986; Fogel, 2011).

Además, la puesta la realizan de manera solitaria en las orillas de los ríos en los que habitan y durante el anochecer y la noche y las suelen ser de 1 a 17 huevos o incluso más. Salen del agua y escarban un agujero para realizar la puesta en él. Se ha observado, que entierran los huevos a 15-25 cm de profundidad y, al finalizar la puesta los tapan. Los huevos eclosionan en la próxima temporada de lluvias (abril, mayo) (Schaefer, 1986; Métrailler, 2003)

Los huevos se caracterizan por tener una forma esférica y su diámetro varía entre 3,5 y 4,1 cm.

Referente a la incubación de los huevos, tras finalizar la puesta, se deben marcar para conocer la posición en la que están e introducirlos en la incubadora, ya que si se modificara su posición inicial podría haber muerte embrionaria o deformaciones anatómicas en el embrión. Esta debe estar a una temperatura constante de entre 28 y 30°C y a una humedad del 100%. Los periodos de incubación que se han registrado son alrededor de 200 días, desde 168 hasta 365 días. Una posible causa que justifique la duración tan larga del periodo de incubación podría ser que los embriones entraran en diapausa (Métrailler, 2003; Fogel, 2011). El sustrato a utilizar para la incubadora puede ser de fibra de coco y debe estar húmedo, ya que se ha observado que una temperatura y humedad baja durante la incubación tiene un efecto perjudicial para el crecimiento de los embriones. Es importante que el sustrato tenga cierta acidez para debilitar la cáscara del huevo y facilitar así la eclosión (Métrailler, 2003). Como sustrato también se puede utilizar vermiculita como único material o una mezcla de 50% vermiculita y 50% musgo (Fogel, 2011) Según la experiencia personal de Sébastien Métrailler (2003), encontrar embriones desarrollados muertos dentro de los huevos que no han eclosionado, puede tener cuatro posibles causas. La primera se basa en incubar los huevos en unas condiciones de humedad baja. Otra causa podría ser no provocar un aumento de la humedad en la última fase de la incubación, lo cual estimularía la eclosión. Asimismo, que la

hembra haya estado mal alimentada antes de la puesta podría repercutir en que los embriones no tuvieran reservas suficientes para sobrevivir hasta la eclosión. Para terminar, la última causa posible sería que el sustrato no fuera lo suficientemente ácido como para facilitar la eclosión de los huevos.

Se ha observado en varias ocasiones que el número de crías nacidas vivas es muy inferior al número de huevos fecundados. Se han registrado pesos de alevines tras el nacimiento de 19 g y una longitud del caparazón de 4,9 cm.

#### **4. Justificación y objetivos**

La tortuga matamata es una especie que, hasta el momento, ha sido poco estudiada. No solo desde el punto de vista reproductivo, sino también desde el poblacional, entre otros. Esto es debido a que no es una especie fácil de encontrar en libertad, a pesar de tener una gran área de distribución.

Además de hacer una revisión bibliográfica sobre la biología, etología, distribución, situación actual, anatomía, fisiología y reproducción de la especie *Chelus fimbriata*, otro objetivo de este trabajo fue conseguir la reproducción en cautividad de los individuos de matamata presentes en el Acuario de Zaragoza realizando modificaciones en sus condiciones ambientales, basadas en información obtenida a partir de contactos con criadores con experiencia en este ámbito.

#### **5. Metodología y material**

##### **5.1. Revisión bibliográfica**

Inicialmente, se lleva a cabo una búsqueda bibliográfica para obtener información referente a la especie *Chelus fimbriata* en la mayoría de sus ámbitos y poder aplicar los conocimientos adquiridos en un caso real, los individuos de matamata del Acuario de Zaragoza. La información encontrada se obtiene en páginas web de carácter científico como Google Académico, SciELO, PubMed y ResearchGate, además de páginas web oficiales como el CITES.

Las palabras clave utilizadas en este trabajo son: “*Chelus fimbriatus*”, “*Chelus fimbriata*”, “matamata turtle”, “turtle reproduction”, “matamata reproduction” “matamata captivity”, “taxonomía matamata” (Tabla 3).

	Google académico	SciELO	PubMed
<b><i>Chelus fimbriatus</i></b>	890	1	7
<b><i>Chelus fimbriata</i></b>	393	2	4
<b>Matamata turtle</b>	978	1	4
<b>Turtle reproduction</b>	188000	20	932
<b>Matamata reproduction</b>	2600	0	20
<b>Matamata captivity</b>	614	0	0
<b>Taxonomía matamata</b>	485	0	6

**Tabla 3.** Resultados obtenidos en la búsqueda de las diferentes páginas web.

Otra de las herramientas que se ha usado son libros de texto, para describir a rasgos generales a los quelonios y a la especie en concreto. Asimismo, se ha contactado con personas expertas en el tema tanto de Europa como de América.

## 5.2. Experiencia

La realización del presente trabajo coincidió con un periodo de prácticas en el citado Acuario, donde se pudo observar el comportamiento en cautividad de los individuos de matamata allí presentes. También se llevó a cabo semanalmente un control del agua del estanque, mediante la realización de test de algunos parámetros. Para ello, se utilizaron los test de las casas comerciales Sera, Visocolor ECO y Salifert (Anexo 7). Para el control de la temperatura y la oxigenación del agua del estanque se utilizó la sonda Oxyguard (Handy polaris), la cual indica el valor de la temperatura en grados centígrados, y el del oxígeno, en porcentaje y en partes por millón (ppm) (Anexo 7). Asimismo, se analizaron los datos de temperatura (Anexo 9) y oxígeno de los 3 años anteriores, para observar la regularidad de estos y observar modificaciones o la necesidad de un cambio. El año de mayor relevancia fue el 2021, ya que fue el primer año que los individuos del acuario realizaron una puesta, la cual resultó inviable porque los huevos no estaban fecundados. A pesar de ser infrecuente la puesta durante 2 años consecutivos, se pretendió preparar las condiciones ambientales

idóneas, según la información obtenida de las diferentes fuentes consultadas, para que los individuos se reprodujeran y conseguir una puesta viable. Se observó y anotó cualquier cambio en el comportamiento de los individuos a reproducir, lo cual era importante para saber si la pauta aplicada podía ser correcta o no.

Se intentó contactar con un total de 35 centros que poseen individuos de matamata en sus instalaciones, tanto de la Unión Europea como fuera de ella, vía correo electrónico, y que respondieran a un cuestionario. Solo obtuvimos respuesta de uno de ellos, el CosmoCaixa en Barcelona. Nos pusimos en contacto con un empleado, Alejandro Pérez, el cual afirmó tener solo un ejemplar hembra en sus instalaciones. La mantenían en condiciones parecidas a las del Acuario, con un pH más básico de lo óptimo para la especie, a una temperatura de 26°C y alimentándola con pescado descongelado sin suplemento vitamínico. Algo interesante que indicó fue que, al disponer de una porción de tierra, hacía un uso muy esporádico de esa parte de la instalación.

En el artículo de Pritchard et al. (2008) cita que Wayne Hill había adquirido unos ejemplares de matamata. Se contactó con él y nos comunicó que había un criador de matamata en E.E.U.U. llamado William Ninesling, además de ofrecernos su correo electrónico. Se contactó con él y nos comunicó que suplementaba la dieta a base de pescado congelado con vitaminas. Esto no se ha llevado a cabo en el Acuario ya que no se considera que los ejemplares tengan ninguna carencia vitamínica. Al comentarle nuestra experiencia con la hembra y facilitarle imágenes sobre el nido, sugirió añadir más turba y proporcionar un poco de inclinación. Además, afirmó que consideraba normal que la hembra saliera del agua sin necesidad de realizar una puesta. Sin embargo, al ver que la hembra del Acuario no tenía huevos, se le retiró el nido. Además, confirmó las condiciones para mantenerlas en cautividad presentes en el acuario con respecto a la temperatura y al nivel del agua.

## 6. Resultados y discusión

### 6.1. Instalación

El estanque del Acuario de Zaragoza es una instalación rectangular de aproximadamente 3 x 1,2 x 1,5 m y un volumen total de 5,4 m<sup>3</sup> (Anexo 6). Consta de un sistema de agua cerrado y un sistema de filtración independiente con un filtro cilíndrico (Eheim). Este filtro contiene perlón filtrante, una esponja y biobolas como material filtrante, para conseguir una filtración tanto mecánica como biológica. Semanalmente, el estanque se vacía por completo y se vuelve a

llenar, cosa que evita que aumenten los niveles de sustancias nocivas para las tortugas, como los nitratos.

Los individuos de matamata comparten el terrario con una pareja de otra especie, la iguana negra de Utila (*Ctenosaura bakeri*). Esto no es ningún inconveniente para las tortugas, ya que se trata de un saurio terrestre, por lo que no interfiere en el hábitat de las matamatas.

El interior del estanque se encuentra decorado con una combinación de rocas y troncos, tanto dentro como fuera del agua. Además, el suelo está cubierto por un sustrato de grava de 3-4 mm.

El sistema de iluminación consta de una pantalla con luz led con una potencia de 50 W. Además, al convivir con las iguanas negras de Utila, también se pueden encontrar dos puntos de calor, que les sirve a ambas especies para mantener una temperatura cálida del aire y para absorber los rayos ultravioletas que una de ellas emite. Estos dos puntos de calor son una “powersun” de 100 W, la cual, además de calor, ofrece los rayos UV necesarios para ambas especies y, una bombilla de rayos infrarrojos de 50 W que simplemente ofrece calor. Durante el verano solo se mantiene encendida por el día la bombilla “powersun”. En cambio, en invierno durante el día están las dos encendidas y dependiendo de la temperatura ambiental, por la noche se deja encendida la de infrarrojos para mantener un poco la temperatura.

Para mantener la temperatura del agua dentro del rango óptimo, el estanque dispone de 2 calentadores de agua. Estos calentadores están encendidos durante el invierno para que no baje la temperatura. En cambio, el resto del año se mantienen apagados.

## **6.2. Individuos**

En el Acuario de Zaragoza se encuentran 3 ejemplares de tortuga matamata, se desconoce si pertenecen a la especie *Chelus fimbriata* o a la especie *Chelus orinocensis* porque se trata de individuos adultos, con lo que esos patrones rojizos que las distinguen ya no son observables. La única manera de identificar la especie de una manera exacta y precisa sería mediante biología molecular. Al no poder utilizar este recurso, se intuye la especie a la que pertenecen a través de la forma del caparazón. La hembra tiene un caparazón bastante cuadrado, con lo que se interpreta que corresponde a la especie *Chelus fimbriata*. En cambio, ambos machos parecen tener la misma forma, la cual no es tan cuadrada como en la hembra, pero no es una forma ovalada muy evidente, lo que hace pensar que pudieran pertenecer a la especie *Chelus orinocensis*.

En el mismo terrario conviven dos machos y una hembra (Anexo 3). Son fácilmente distinguibles entre ellos por sus características externas, pero sobre todo por la diferencia de tamaño entre la hembra y ambos machos, siendo la hembra bastante más grande y pesada.

Los tres ejemplares llegaron a la vez al Acuario de Zaragoza en 2008. Provenían de la empresa Reptil Madrid. Se desconoce la edad exacta de las tres tortugas, pero la edad estimada es de 20 años aproximadamente.

En junio se aprovechó el momento de colocación del nido en el estanque para medir y pesar a los individuos (Tabla 4), ya que fue necesario retirar a las tortugas del estanque, tanto por su seguridad como por seguridad del personal.

	<b>Peso (kg)</b>	<b>Longitud caparazón (cm)</b>	<b>Amplitud caparazón (cm)</b>
<b>Hembra</b>	10,7	43,5	35
<b>Macho nº 1</b>	5,6	33,5	26
<b>Macho nº 2</b>	7,7	35	27

**Tabla 4.** Peso y medidas de los individuos de matamata del Acuario de Zaragoza.

Con respecto a su historial reproductivo, lo más destacable es la puesta del año anterior. El 26 de junio la hembra puso un huevo en el agua ya que no tenía acceso a ningún ponedero, pero este se acabó rompiendo y solo se encontraron los trozos de la cáscara. Por ello, pocos días después se le introdujo el nido en el estanque. Para dejarla tranquila, el día 19 de julio se apartaron los machos y se dejó sola a la hembra. Al no subir al nido ni poner más huevos en el agua, el día 13 de agosto se le hizo una radiografía y se observó la presencia de 7 huevos. Al no poner esos huevos, el día 18 de agosto se le administró oxitocina y puso los 7 huevos en el agua. Al ver que la hembra no subía sola al nido, cada 48 horas aproximadamente se la subía para estimularla, pero no tuvo efecto, probablemente porque la estructura del nido no fuera de su agrado o porque no pudiera subir a él. El cambio realizado este año y el refuerzo de la parte de la rampa pueden ser responsables de que haya sido capaz de entrar y salir ella sola perfectamente.

### **6.3. Alimentación**

Los ejemplares de matamata presentes en el Acuario se alimentan 4 días a la semana: lunes, martes, jueves y viernes. Ingieren un trozo de aproximadamente 5 cm x 5 cm de rutilo (*Rutilus rutilus*) y trucha (*Salmo trutta*) alternadamente y, ocasionalmente, se les ofrece merluza (*Merluccius spp*). El pescado administrado no está suplementado ni con vitaminas ni con calcio.

Se alimentan mediante unas pinzas con unos brazos muy largos, ya que se accede al estanque desde el techo.

### **6.4. Control de parámetros**

En el Acuario de Zaragoza se realiza semanalmente un test para controlar los valores de alcalinidad/kH, pH, nitritos y nitratos, amonio y amoníaco, cloro y fosfato. Asimismo, se registran los datos de temperatura y humedad del aire y, temperatura y porcentaje de oxígeno del agua.

Estos parámetros no influyen en la reproducción de los individuos, es decir, la época reproductiva está sujeta a la temperatura y al fotoperiodo, principalmente. Aun así, es importante conocer los valores de estos parámetros para controlar que estén dentro del rango de normalidad y que no sean nocivos para los individuos. Cabe decir que, al tratarse de quelonios y no de peces, cuando los parámetros sobrepasan el rango de normalidad, no les afecta tan gravemente como a estos, a los que les pueden causar la muerte. A las tortugas les puede afectar tanto a nivel dérmico como ocular, provocándoles irritación y molestia, por ello, también es importante mantenerlos en su rango óptimo.

El fosfato está por encima del valor recomendado. sin embargo, esto repercute simplemente en el crecimiento de algas. Se ha podido observar como al introducir las hojas de roble en el agua, al cabo de una semana aproximadamente, el nivel de fosfato aumenta. Esto es debido a la descomposición de las hojas de roble en el agua.

En el estanque del Acuario, el pH se mantiene aproximadamente a 7,5, demasiado alcalino para la especie. A pesar de ello se decide no modificarlo debido a que los individuos han vivido con estos valores desde que llegaron en 2008, y no han desarrollado problemas dérmicos ni oculares, es decir, están en un correcto estado de salud. Por lo tanto, se quiere evitar que desarrollen alguna patología dérmica o de otro tipo al modificarles el pH.

Los demás parámetros se encuentran dentro del rango de normalidad.

PARÁMETRO	VALOR ÓPTIMO	ACUARIO
pH	4,5-6	7,5*
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	0,01 mg/l	0 mg/l*
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	<50 mg/l	30 mg/l*
Amonio (NH <sub>4</sub> )	-	0,25 mg/l*
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	<0,009 mg/l	<0,009 mg/l*
Alcalinidad (kH)	-	6,1 dkH*
Cloro (Cl)	<0,02 mg/l	<0,02 mg/l*
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	≤0,2mg/l	0,525 mg/l*

**Tabla 3.** Valor óptimo y valor medio presente en el estanque del Acuario de Zaragoza sobre los parámetros del agua (Pucheu, 2006; PMF acuarofilia, 1999).

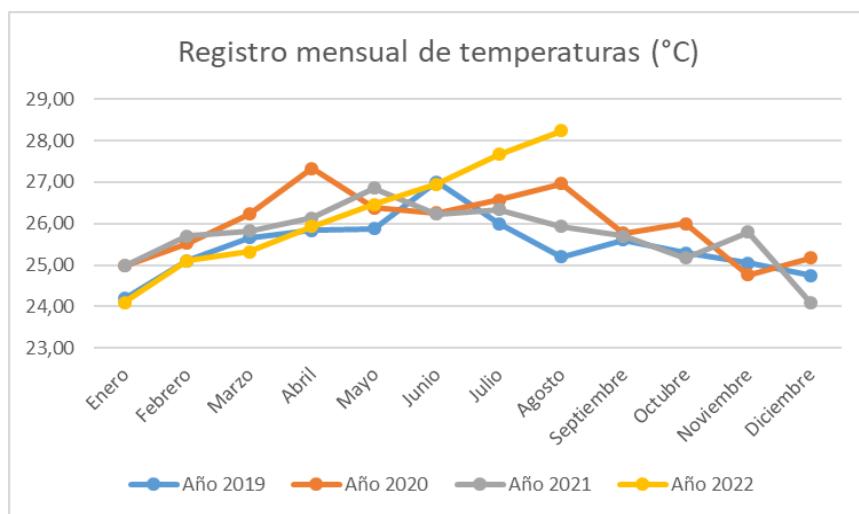
\*: Este valor representa una media de los valores obtenidos durante los seis meses de estancia en el Acuario de Zaragoza (Anexo 8).

### 6.5. *Modificaciones ambientales y consecuencias*

Con respecto a las modificaciones ambientales aplicadas durante el presente trabajo para estimular la reproducción, las que tienen mayor importancia son la temperatura y el fotoperiodo. La **temperatura** se incrementó gradualmente hasta llegar a un valor óptimo de 26°C, lo que simula el comienzo de la época de lluvias fuertes en su hábitat natural, es decir, la época reproductiva. El valor máximo que se consiguió en el estanque del Acuario fue de una media de 28,23°C en el mes de agosto. Para ello, se podía utilizar calentadores de agua para acuarios y un termostato o esperar a que vaya aumentando la temperatura del agua conforme lo hace la temperatura exterior. El estanque dispone de dos calentadores de agua, al ser invierno en España, la temperatura que se consiguió fue ligeramente inferior a la óptima. En el mes de febrero se alcanzó una temperatura media de 25,10°C y no fue hasta el mes de mayo cuando se alcanzaron los 26°C deseados. A medida que avanzaron los meses, la temperatura fue aumentando. Esto se reflejó en el cambio de comportamiento de los individuos del estanque, empezando a estar más activos, y el primer macho empezó a mostrar comportamientos de cortejo como: perseguir a la hembra, subirse encima de ella, realizar un movimiento arriba y abajo con su cabeza apoyada encima de la de la hembra y la hembra

retiraba la cola hacia un lado (Anexo 4). Más adelante, el otro macho estableció una relación de territorialidad y dominancia con el primer macho, es decir, ambos machos se perseguían y se mordían. Esta actitud resulta ser positiva para su actividad sexual/capacidad fecundante, ya que el hecho de tener competencia a la hora de reproducirse, se autoestimulan y aumentan estas.

Como se puede observar en el gráfico 1, el año actual ha sido en el que el aumento de temperatura ha sido más gradual y en el que ha llegado al valor más alto. Esto es debido a que además de los dos calentadores del estanque que están encendidos durante el invierno, se ha dejado uno encendido el resto de meses para que no baje tanto la temperatura.



**Gráfico 1.** Comparación entre las temperaturas mensuales desde el 2019.

Este año se decidió aumentar el **nivel del agua** a 0,5 metros de altura, ya que, como se ha dicho anteriormente la altura necesaria para permitir la cópula debe ser igual o superior a la longitud del caparazón del individuo más grande presente, en este caso la hembra. Además, el hecho de aumentar el nivel del agua también simula el efecto de llegada de la época de lluvias fuertes. El volumen de agua que hay actualmente es el 45% del volumen total del terrario, es decir, 2,43 m<sup>3</sup>.

Con respecto al **fotoperiodo**, este debe de ser creciente con su punto máximo en agosto, cuando se alcanzan 12 horas de luz y 12 de oscuridad. Cada quincena de mes se hizo un cambio de 15 minutos en el fotoperiodo, para que el cambio fuera progresivo y no provoquara estrés en los individuos (Tabla 4).

En conclusión, a la vez que se aumenta la temperatura, se aumenta la cantidad de horas de luz, para hacer coincidir los dos puntos máximos.

FECHA	HORAS DE LUZ
1-15 de agosto	11:45 h
<b>16-31 de agosto</b>	<b>12 h</b>
1-15 de septiembre	11:45 h
16-30 de septiembre	11:30 h
1-15 de octubre	11:15 h
15-31 de octubre	11 h
1-15 de noviembre	10:45 h
16-30 de noviembre	10:30 h
1-15 de diciembre	10:15 h
16-31 de diciembre	10 h
1-15 de enero	9:45 h
16-31 de enero	9:30 h
1-15 de febrero	9:15 h
<b>16-28 de febrero</b>	<b>9 h</b>
1-15 de marzo	9:15 h
16-31 de marzo	9:30 h
1-15 de abril	9:45 h
16-30 de abril	10 h
1-15 de mayo	10'15 h
16-31 de mayo	10:30 h
1-15 de junio	10:45 h
16-30 de junio	11 h
1-15 de julio	11:15 h
16-31 de julio	11:30 h

**Tabla 4.** Fotoperiodo realizado en el estanque del Acuario de Zaragoza.

Estos tres parámetros, la temperatura, el fotoperiodo y el nivel del agua, son claves para reproducir la climatología del hábitat durante la época reproductiva, es decir, los individuos

deben percibir que está empezando la época de lluvias, donde tanto el nivel del agua como la temperatura y las horas de luz aumentan.

Otra modificación que se llevó a cabo fue la introducción de **hojas de roble** en el agua, para reproducir más exactamente su hábitat natural y, con ello, conseguir que estuvieran más cómodas y relajadas. Se observó cómo las tortugas podían llevar a cabo uno de sus comportamientos naturales, camuflarse y esconderse bajo los restos vegetales presentes en el agua.

Si el recinto en el que se encuentran los individuos no tiene una zona de tierra disponible para la puesta, se les debe proporcionar un **nido** provisional (Figura 3). En el Acuario, se utilizó el nido del año anterior. Este nido (Anexo 2) consiste en dos cajas de plástico transparente PVC, una metida dentro de la otra para reforzar la estructura, de unas dimensiones de 79 x 57 x 43 cm. Además, en el fondo se pusieron aproximadamente 10 cm de cemento para que el nido se hundiera y se quedará fijo en el suelo del estanque y se le adaptó una rampa de madera para que la hembra pudiera acceder desde el agua. Las dimensiones del nido estaban calculadas para que sobresaliera del agua 2-3 cm, para facilitarle el acceso a la hembra. Como sustrato se utilizó una mezcla de arena de sílice y turba.



**Figura 3.** Nido construido en el Acuario

No hay un momento exacto para proporcionarles el acceso al nido, es decir, pueden tenerlo siempre o se les puede incorporar al detectar comportamientos reproductivos, como se hizo en el Acuario. Lo que se detectó es que el macho nº 1 empezó a cortejar a la hembra persigiéndola, subiéndose encima, mordiéndole las extremidades posteriores y realizando el característico movimiento de cabeza arriba y abajo. Semanas más tarde, ambos machos empezaron a pelearse, persigiéndose y mordiéndose las extremidades traseras. Tras un tiempo así lo ideal sería haber observado que la hembra estuviera más activa y nerviosa, lo

cual significaría que estaría buscando un nido donde realizar la puesta. Aún sin ver este comportamiento en ella, se introdujo el ponederio en el recinto. Esta modificación en el ambiente no supuso ningún cambio de comportamiento hasta 25 días después, cuando se subió por primera vez al ponederio. La hembra estuvo alrededor de una semana subiendo al ponederio (Anexo 5), permaneciendo en él durante muchas horas y bajando, hasta que un día perdió el interés por el nido y no volvió a subir. En ese momento, se decidió hacer una radiografía (Figura 4) de la hembra para descartar que tuviera una puesta retenida. En la radiografía se observó que la hembra no tenía huevos, con lo cual ese comportamiento no es coherente con la información encontrada, ya que, supuestamente, las hembras de matamata solo salen del agua para realizar la puesta. Este comportamiento podría considerarse normal, aunque poco frecuente, según las afirmaciones del criador experto de Norte América, William Ninesling (comunicación personal) y, de Alejandro Pérez del Cosmo Caixa (comunicación personal).

Otra medida a tomar sería disminuir la **frecuencia de alimentación**, debido a que la época reproductiva de esta especie empieza con el comienzo de las lluvias, con lo que, al aumentar el nivel del agua de los ríos, disminuye el número de posibles presas a capturar. Esta medida es complicada de llevar a cabo en un centro de trabajo, pero es recomendable para un particular.

## 7. Conclusiones

La finalidad principal de este trabajo ha sido recopilar toda la información posible a partir de la bibliografía y criadores de esta especie, ya que el cuestionario (Anexo 1) realizado a los diferentes centros de Europa que tenían ejemplares de esta especie no ha sido satisfactorio. Hemos llegado a la conclusión que, para el mantenimiento y reproducción de esta especie, se debe tener en cuenta disponer de un espacio grande como hábitat para los ejemplares, el fotoperíodo que se aplica, la temperatura y el nivel del agua, ya que algún error en estos parámetros resultará en una falta de comportamiento reproductivo.

En el aspecto experimental, se ha conseguido que los ejemplares presentes en el Acuario de Zaragoza manifestaran un comportamiento de cortejo durante muchas semanas, incluso se



**Figura 4.** Radiografía de la hembra del Acuario.

pudo ver a la hembra retirando la cola hacia un lado e interesarse por el nido. Sin embargo, no ha llegado a haber la puesta esperada, lo que podría ser debido a que el año anterior la hembra realizó una puesta no viable muy tardía, y no es común que tengan tiempo para recuperarse y realizar una segunda puesta en la siguiente temporada, como así ha sucedido.

## 8. Conclusions

The main porpouse of this work has been to collect as much information as possible from the bibliography and breeders of this species, considering that the questionnaire (Annex 1) made to the different centers in Europe that had specimen of this species has not been satisfactory. We have come to the conclusion that, for the maintenance and reproduction of this species, it must be taken into account to have a large space as habitat for the specimens, the photoperiod that is applied, the temperature and the water level, because any error in these parameters will result in a lack of reproductive behaviour.

In the experimental aspect, it has been achieved that the specimens present in the Zaragoza Aquarium manifested a courtship behaviour for many weeks, even the female could be seen removing the tail to one side and interested in the nest. However, it has not reached the expected laying, which could be due to the previous year the female made a very late non-viable laying, and it is not common that they have time to recover and perform a second laying in the following season, as has happened.

## 9. Valoración personal

La realización de este trabajo me ha servido para diversas cosas. Para empezar, me ha permitido formar parte de un proyecto en el Acuario de Zaragoza y también observar cómo funcionan este tipo de centros. Además, he podido descubrir una especie completamente nueva para mí y, el hecho de tenerla al alcance, ha hecho que disfrute más de ella. Asimismo, durante la elaboración del trabajo, he aprendido a buscar y seleccionar la información que me interesa, además de mejorar mi redacción. He reforzado conocimientos generales obtenidos durante la carrera y he adquirido conocimientos más específicos sobre los quelonios y los puntos esenciales para su mantenimiento en cautividad.

Quiero agradecer a mis tutores, José Ignacio Martí Jiménez y Carlos Vicente Buitrago, por ayudarme y guiarme en todo momento y, a Irene Melero, por haberme enseñado y ayudado durante mi estancia en el Acuario. También quiero darle las gracias al Acuario de Zaragoza por

brindarme la oportunidad de trabajar con ellos y desarrollar mi trabajo en sus instalaciones. Y, por último, quiero agradecer a las personas que han estado a mi lado apoyándome y aconsejándome durante todo el desarrollo del trabajo.

## 10. Bibliografía

- Avendaño, I., Muñoz, A. y Varela, N. (2002). "Aproximación al Conocimiento sobre la Reproducción de los Quelonios". *Reproducción*, 3(6), pp. 42-56. Disponible en: [https://www.academia.edu/1830120/Aproximaci%C3%B3n\\_al\\_Conocimiento\\_sobre\\_la\\_Reproducci%C3%B3n\\_de\\_los\\_Quelonios](https://www.academia.edu/1830120/Aproximaci%C3%B3n_al_Conocimiento_sobre_la_Reproducci%C3%B3n_de_los_Quelonios) [Consultado: 30-11-2021]
- Barrio-Amoros C. L. y Manrique, R. (2006). "Record de taille pour une Matamata (*Chelus fimbriata*), au Venezuela". *MANOURIA*, 9(32), pp. 23-26. Disponible en: [https://www.academia.edu/4242492/BARRIO\\_AMOR%C3%93S\\_C\\_L\\_and\\_R\\_MANRIQUE\\_2006\\_Record\\_de\\_taille\\_pour\\_une\\_Matamata\\_Chelus\\_fimbriata\\_au\\_Venezuela\\_Manouria\\_9\\_32\\_23\\_26](https://www.academia.edu/4242492/BARRIO_AMOR%C3%93S_C_L_and_R_MANRIQUE_2006_Record_de_taille_pour_une_Matamata_Chelus_fimbriata_au_Venezuela_Manouria_9_32_23_26) [Consultado: 29-01-2022]
- Barrio-Amorós, C. L., y Narbaiza, I. (2008). "Turtles of the Venezuelan Estado Amazonas". *Radiata*, 17(1), 2-19. Disponible en: [https://www.academia.edu/3441686/Turtles\\_of\\_the\\_Venezuelan\\_Estado\\_Amazonas](https://www.academia.edu/3441686/Turtles_of_the_Venezuelan_Estado_Amazonas) [Consultado: 08-02-2022]
- Benstead, J. P. (1996). "Macroinvertebrates and the Processing of Leaf Litter in a Tropical Stream". *Biotropica*, 28(3), pp. 367375. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2389200> [Consultado: 12-11-2021]
- Cardeñosa, D., Chapman, D. D., Robles, Y. L., Ussa, D. A. y Caballero, S. (2021). "Rapid species and river-of-origin determination for matamata turtles (*Chelus* sp.) using real-time PCR: Facilitating rapid return of trafficked specimens back to the wild". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(9), pp. 2586-2593. DOI: 10.1002/aqc.3613
- Carvajal-Campos, A. y Rodríguez-Guerra, A. (2018). *Chelus fimbriatus*. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Chelus%20fimbriatus> [Consultado: 23-08-2022]

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (2022). *Decimonovena reunión de la Conferencia de las Partes, 14 – 25 de noviembre de 2022. Examen de las propuestas de enmienda a los apéndices I y II. Propuesta 22*. Ciudad de Panamá: CITES. Disponible en: [https://cites.org/esp/search?search\\_api\\_fulltext=Chelus+fimbriatus](https://cites.org/esp/search?search_api_fulltext=Chelus+fimbriatus) [Consultado: 11-08-2022]

Chaefer, I. (1986). "Cría y reproducción del Fransenschildkrote Chelus fimbriatus (Schneider, 1783)". *Salamandra*, 22(4), pp. 229-241. Disponible en: <https://www.salamandra-journal.com/index.php/home/contents/1986-vol-22/1069-schaefer-i-1/file> [Consultado: 15-01-2021]

Chaves Baía Júnior, P., Anelie Guimarães, D. y Le Pendu, Y. (2010). "Non-legalized commerce in game meat in the Brazilian Amazon: a case study". *Revista de Biología Tropical*, 58(3), pp. 1079-1088. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000300019&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000300019&script=sci_arttext) [Consultado: 13-11-2021]

Diapsida. (2022). En: *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 14 de mayo. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Diapsida> [Consultado: 02-08-2022]

Divers, S. J. y Stahl, S. J. (2019). *Mader's reptiles and amphibian medicine and surgery*. (3<sup>a</sup> ed.) San Luis: Elsevier.

Ferrerira G. S., Rincón, A. D., Solórzano A. y Langer M. C. (2016). "Review of the fossil matamata turtles: earliest well-dated record and hypotheses on the origin of their present geographical distribution". *The Science of Nature*, 103(28). DOI: 10.1007/s00114-016-1355-2

Fogel D. (2011). *Matamata: The Natural History, Captive Care and Breeding of Chelus fimbriatus*. Estados Unidos: Living art.

Formanowicz, D. R., Brodie, E. D. y Wise, S. C. (1989). "Foraging Behavior of Matanata Turtles: The Effects of Prey Density and the Presence of a Conspecific". *Herpetologica*, 45(1), pp. 61-67. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3892218> [Consultado: 27-08-2022]

Forrest, B. (2003). "Chelus fimbriatus – The Mata Mata". *World chelonian trust*. Disponible en: <http://www.chelonia.org/Articles/cheluscare.htm> [Consultado: 27-11-2021]

Garbin, R. C. y Caramaschi, U. (2015). "Is the matamata only one species? Morphological variation and color polymorphism in the South American turtle *Chelus fimbriatus* (Schneider, 1783) (Pleurodira: Chelidae)", *5th Turtle Evolution Symposium*. Río de Janeiro, 20-23 julio 2015.

Lasso, C. A., Trujillo, F., Morales-Betancourt, M. A., Amaya, L., Caballero S. y Castañeda B. (2018). "Conservación y tráfico de la tortuga matamata, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) en Colombia: un ejemplo del trabajo conjunto entre el Sistema Nacional Ambiental, ONG y academia". *Biota Colombiana*, 19(1), pp. 147-159. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a10.

Lloret Pineda, J. (2006). *Diseño, instalación y mantenimiento de un acuario de exposición de agua dulce*. Proyecto de Fin de Carrera. Universidad de Cádiz.

Lombardini, E. D., Desoutter, A. V., Montali, R. J. y Del Piero, F. (2013). "Esophageal adenocarcinoma in a 53-year-old mata mata turtle (*Chelus fimbriatus*)". *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 44(3), pp. 773-776. DOI: 10.1638/2012-0238R3.1

Martín, L. (2021). *El ciclo biológico del acuario: Ciclo del nitrógeno*. Disponible en: <https://www.nascapers.es/el-ciclo-biologico-del-acuario-ciclo-del-nitrogeno-todo-lo-que-debes-saber/> [Consultado: 15-08-2022]

Métrailler, S. (2003). "Note sur l'élevage et la reproduction de la Matamata, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783)". *MANOURIA*, 6(20), pp. 35-39. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/316223316\\_Note\\_sur\\_l'elevage\\_et\\_la\\_reproductio\\_n\\_de\\_la\\_Matamata\\_Chelus\\_fimbriata\\_Schneider\\_1783](https://www.researchgate.net/publication/316223316_Note_sur_l'elevage_et_la_reproductio_n_de_la_Matamata_Chelus_fimbriata_Schneider_1783) [Consultado: 21-11-2021]

Pritchard P. C. H. (2008). "*Chelus fimbriatus* (Schneider 1783) – Matamata Turtle". En: Rhodin, A. G. J., Pritchard, P. C. H., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A. y Iverson, J. B. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoise*. Florida: Chelonian Research Foundation, pp. 020.1-020.10.

Pucheu, J. I. (2006). Ciclos Biogeoquímicos y la transformación de metabolitos en el Acuario. Disponible en: [https://www.sadelplata.org/articulos/pucheu\\_061229.html](https://www.sadelplata.org/articulos/pucheu_061229.html) [Consultado: 25-08-2022].

Química básica del agua. (s.a.). En: *PMF Acuarofilia: Principiante*. Disponible en: <http://faq.thekrib.com/es/empezar-quimica.html> [Consultado: 26-08-2022]

Rivera Rondón, C. A., Zapata, A. M., Pérez, D., Morales, Y., Ovalle H. y Álvarez, J. P. (2010). "Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del Río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), pp. 145-166. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2010000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2010000100010) [Consultado: 10-02-2022]

Rhodin, A. G. J., Iverson, J. B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H. B. y van Dijk, P. P. (2017). "Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises". En: Rhodin, A. G. J., Iverson, J. B., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A., Pritchard, P. C. H. y Mittermeier, R. A. (Coord.). *Turtles of the world: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status*. (8<sup>a</sup> ed.) Nueva York: Chelonian Research Foundation and Turtle Conservancy, pp. 1-192.

Seddon, J. M., Georges, A., Baverstock, P. R. y McCord, W. (1997). "Phylogenetic Relationships of Chelid Turtles (Pleurodira: Chelidae) Based on Mitochondrial 12S rRNA Gene Sequence Variation". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 7(1), pp. 55-61. DOI: 10.1006/mpev.1996.0372.

Silva León, G. (2004). "La cuenca del río Orinoco: visión hidrográfica y balance hídrico. *Revista Geográfica Venezolana*, 46(1), pp. 75-108. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730348007.pdf> [Consultado: 12-11-2021]

Souza, F. L. (2005). "Geographical distribution patterns of South American side-necked turtles (Chelidae), with emphasis on Brazilian species". *Revista Española de Herpetología*, 19, pp. 33-46. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28171452\\_Geographical\\_distribution\\_patterns\\_of\\_South\\_America\\_side-necked\\_turtles\\_Chelidae\\_with\\_emphasis\\_on\\_Brazilian\\_species](https://www.researchgate.net/publication/28171452_Geographical_distribution_patterns_of_South_America_side-necked_turtles_Chelidae_with_emphasis_on_Brazilian_species) [Consultado: 25-08-2022]

Vargas-Ramírez, M., Caballero, S., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Amaya, L., Gregorio Martínez, J., das Neves Silva Viana, M., Vogt, R. C., Pires Farias, I., Hrbek, T., Campbell, P. D., Fritz, U. (2020). "Genomic analyses reveal two species of the matamata (Testudines: Chelidae: Chelus spp.) and clarify their phylogeography". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 148. DOI: 10.1016/j.ympev.2020.106823

## 11. Anexos

**Anexo 1.** Preguntas del cuestionario para los centros de Europa que poseen individuos de matamata.

 Universidad Zaragoza

### Matamata's reproduction in captivity

Thank you very much for your help and time!

 764767@unizar.es (no compartidos) [Cambiar de cuenta](#) 

What is their aquarium air temperature? Do you change it during the year? What for?

Tu respuesta

What is their aquarium water temperature? Do you make any changes during the year? What for?

Tu respuesta

What is the water height? Do you change it during the year? What for?

Tu respuesta

What do you have as substrate in the aquarium?

Tu respuesta

How many hours of illumination do they have? Do they have UV rays?

Tu respuesta

What is their feeding frequency and what is their diet based on?

Tu respuesta

How old are they?

Tu respuesta

What sexes?

Tu respuesta

How many matamata individuals live together?

Tu respuesta

Have you tried to reproduce your specimens?

Tu respuesta

Additional information

Tu respuesta

**Anexo 2. Rampa y estructura del nido.**



**Anexo 3.** Ejemplar hembra del Acuario de Zaragoza.



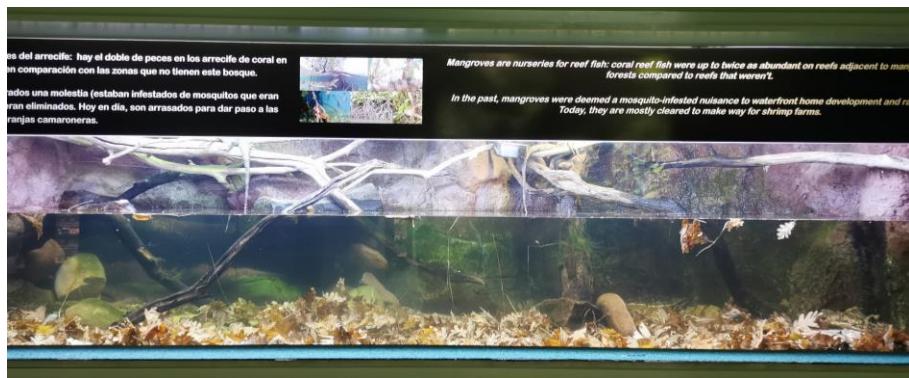
**Anexo 4.** Macho nº1 (arriba) cortejando a la hembra (abajo).



**Anexo 5.** Hembra en el nido de día y de noche.



## Anexo 6. Estanque del Acuario de Zaragoza.



## Anexo 7. Material para el control de los parámetros del agua.



**Anexo 8.** Registro de los controles de los parámetros del agua del estanque (los números en color rojo indican que es un valor inferior a esa cifra).

Fecha	pH	NO2 (mg/L)	Cl (mg/L)	NH4 (mg/L)	NH3 (mg/L)	KH/Alk dKH	meq/L	NO3- mg/L NO3	mg/L NO3-N	mmol/m3	PO4 ppm		
05/01/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	6.5	2.32	20	4.5	320	0.5		
11/01/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.1	2.18	30	6.8	480	0.5		
19/01/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	6.4	2.28	30	6.8	480	0.5		
26/01/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	6.1	2.18	50	11	810	0.5		
10/02/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	6.1	2.18	50	11	810	0.5		
16/02/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.4-6.7	2.28-2.39	30	6.8	480	0.5		
23/02/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	6.1	2.18	30	6.8	480	0.5		
09/03/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.1	2.18	50	11	810	0.5	se ponen hojas	
17/03/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.7	2.39	30	6.8	810	0.5		
23/03/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.1	2.18	30	6.8	480	1	descomposición hojas	
31/03/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.1-6.4	2.17-2.28	20	4.5	320	0.5		
08/04/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	6.1-6.4	2.17-2.28	20	4.5	320	0.5		
19/04/2022	8	0	0.02	0.5	0.009	7	2.50	30-50	6.8-11	480-810	0.1		
28/04/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	5.7-6.1	2.03-2.17	20	4.5	320	0.25		
09/05/2022	8	0	0.02	0	0.03	6.1	2.18	30	6.8	480	0.5		
18/05/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	5.4-5.7	1.93-2.03	20	4.5	320	0.5		
25/05/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	5.4	1.93	20	4.5	320	1		
09/06/2022	7.5	0	0.02	0	0.009	4.5-4.8	1.61-1.71	30	6.8	480	0.5		
25/06/2022	7.5	0	0.02	0.5	0.009	5.1-5.4	1.82-1.93	10	2.3	160	0.5		

**Anexo 9.** Medias mensuales de temperatura (°C) del agua de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.

