

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

---

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di laurea magistrale in BIOLOGIA MARINA

STUDIO PRELIMINARE  
SUL COMPORTAMENTO ACUSTICO  
DI *TRICHECHUS MANATUS*  
IN AMBIENTE CONTROLLATO  
PRESSO ACQUARIO DI GENOVA

Tesi di laurea in : Evoluzione ed adattamenti dei vertebrati marini

Relatore:

Prof. Fabbri Elena

Presentata da:

Biolchini Enrico

Correlatore:

Dott. Gnone Guido

III sessione

---

Anno Accademico 2009/2010

## **1. INTRODUZIONE**

### 1.1 INTRODUZIONE AL CASO STUDIO

### 1.2 BIOLOGIA DELLA SPECIE

#### 1.2.1 Tassonomia

#### 1.2.2 Evoluzione della specie

#### 1.2.3 Morfologia

#### 1.2.4 Anatomia e fisiologia

### 1.3 DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA ED ECOLOGIA

#### 1.3.1 Distribuzione

#### 1.3.2 Habitat

#### 1.3.3 Popolazione e stato di conservazione

### 1.4 ETOLOGIA DELLA SPECIE

#### 1.4.1 Dieta e alimentazione

#### 1.4.2 Riproduzione

#### 1.4.3 Comportamenti

#### 1.4.4 Comunicazione

## **2. MATERIALI E METODI**

### 2.1 LA VASCA

### 2.2 GLI ESEMPLARI

### 2.3 STRUMENTI PER LA RACCOLTA DATI

## **3. ANALISI DATI**

### 3.1 DATI COMPORTAMENTALI

### 3.2 DATI ACUSTICI

## **4. RISULTATI**

4.1 RISULTATI COMPORTAMENTALI

4.2 RISULTATI ACUSTICI

## **5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

5.1 FUTURI SVILUPPI DELLA RICERCA

## **6. BIBLIOGRAFIA**

## **7. APPENDICE 1**

## **8. RINGRAZIAMENTI**

# **1. INTRODUZIONE**

## **1.1 Introduzione al caso studio**

Questo progetto di ricerca si pone come obiettivo primario quello di accrescere le conoscenze relative al comportamento sociale ed acustico di *Trichechus manatus* o lamantino. Questa specie, che vive in zone sub-tropicali, non è presente nei nostri mari e in natura risulta essere a forte rischio di estinzione. Questi animali riescono a vivere e riprodursi anche in ambiente controllato e sono ospitati in numerosi acquari e zoo di tutto il mondo. Presso l'Acquario di Genova da quasi due anni vivono due esemplari di lamantino che saranno oggetto di questo caso studio. L'Acquario di Genova è una delle principali strutture europee per la salvaguardia, l'educazione e la ricerca in ambiente marino. La presenza presso questa struttura di due lamantini permette di poter sviluppare numerosi progetti di ricerca su questa specie. In questo caso si è deciso di procedere con uno studio preliminare del comportamento giornaliero di questi esemplari e di indagare le abitudini acustiche di questa specie. Si procederà poi con il comparare l'emissione di un segnale acustico con il contesto comportamentale nel quale viene prodotto. Poter osservare gli esemplari in ogni istante della giornata permette di poter relazionare il

comportamento con l'emissione di segnali; fatto che in ambiente naturale risulta praticamente impossibile. Ci si pone come obiettivo anche di confrontare i risultati osservati con quelli presenti in letteratura, che per *Trichechus manatus*, soprattutto in ambiente controllato, risultano avere ancora delle lacune. Tutto questo, considerando naturalmente le condizioni e il numero degli esemplari studiati, potrà aiutare a comprendere meglio le abitudini comportamentali ed acustiche di *Trichechus manatus* in ambiente controllato. In modo da facilitare le varie strutture in cui questi animali sono presenti a comprendere meglio il comportamento, le relazioni e la salute degli esemplari di questa specie.

## 1.2 Biologia della specie

Conoscere a pieno la biologia di una specie in tutti i suoi ambiti è il cardine fondamentale per uno studio incentrato a comprendere il comportamento sociale ed acustico di una specie. In questo capitolo saranno riportati gli aspetti principali riguardanti la biologia di *Trichechus manatus*.

### 1.2.1 Tassonomia

I lamantini fanno parte della classe dei Mammiferi, ordine Sireni, famiglia Trichechidae.

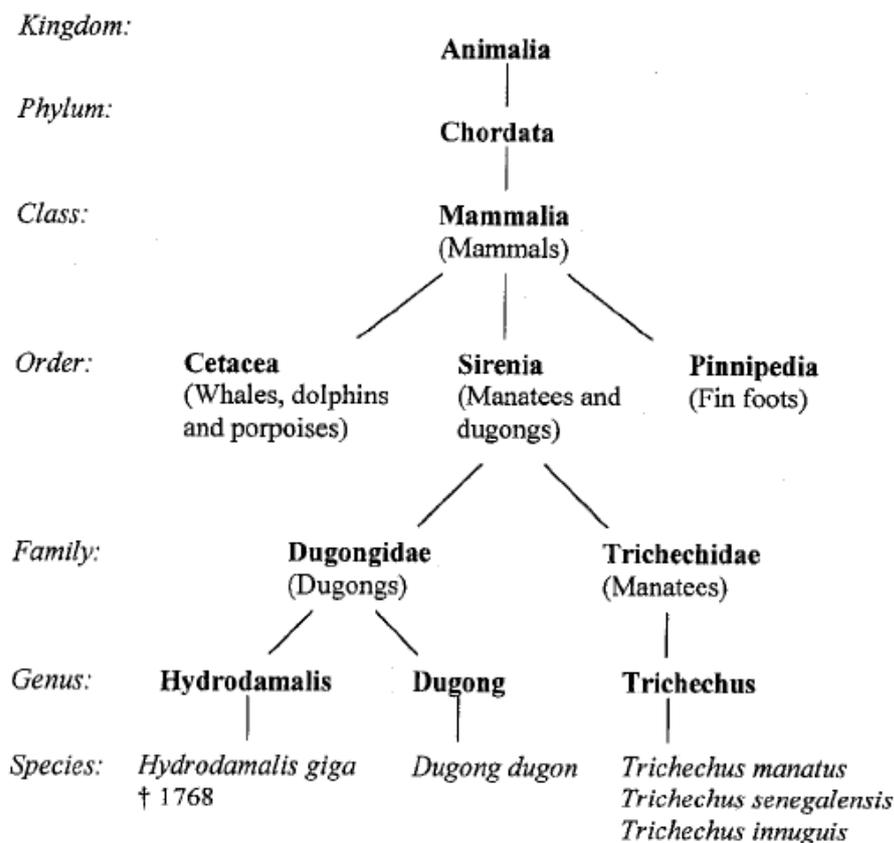


Figura 1. Classificazione delle specie di lamantino e dugongo (Arkive 2003; IUCN, 1986)

A questa famiglia appartengono 3 specie ancora presenti sul nostro pianeta: *Trichechus manatus*, *Trichechus senegalensis* e *Trichechus inunguis*. Altra famiglia dell'ordine dei Sirenidi, è quella dei Dugongidae alla quale appartengono il dugongo, *Dugon dugon*, e l'ormai estinto *Hydrodamalis giga*. Sono presenti due sottospecie di *Trichechus manatus*, una nota come "Florida manatee" o *Trichechus manatus latirostris*, e l'altra come "Antillean manatee" o *Trichechus manatus manatus* della quale fanno parte i due esemplari osservati in questo studio. In figura 1 è rappresentata la classificazione delle specie di lamantino e dugongo.

### **1.2.2 Evoluzione della specie**

I sireni si sono evoluti più di 60 milioni di anni fa da mammiferi terrestri quadrupedi; a dimostrazione di questo tipo di evoluzione vi è la presenza di piccole ossa nel bacino con una forma diversa nei maschi e nelle femmine (Fagone et al., 2000). Sono stati ritrovati i resti fossili di dozzine di generi diversi di Sireni, a testimonianza di quanto questo ordine fosse maggiormente diffuso rispetto ai giorni attuali (Dawson, 1967). I reperti fossili mostrano inoltre che lamantini e dugonghi convivevano nei Caraibi e nell'Atlantico occidentale, ma nel corso dell'evoluzione i lamantini hanno sostituito completamente i dugonghi in queste zone, probabilmente possedendo denti più resistenti

all'usura ed essendo in grado di sfruttare vegetali più robusti come fonte di alimentazione (Domning, 1982).

### 1.2.3 Morfologia

I lamantini ed i dugonghi sono gli unici mammiferi esclusivamente erbivori che vivono in mare; alcune specie di lamantino possono muoversi tra il mare e sistemi di acqua dolce, mentre altre specie vivono esclusivamente in ambienti di acqua dolce.

Le famiglie di Trichechidae e Dugongidae differiscono per una serie di caratteri esterni messi in evidenza nella Tabella 1 e in Figura 2.

<b>Trichechidae</b>	<b>Dugongidae</b>
Coda lobata simile ad un castoro	Coda bilobata simile ad una balena
Arti anteriori arrotondati, presenza di unghie	Arti anteriori appuntiti, assenza di unghie
Presenza di pieghe cutanee, superficie ruvida e spesso ricoperta di alche e balani	Assenza di pieghe cutanee, superficie relativamente liscia
Peli sul corpo lunghi e flessibili	Peli sul corpo corti e rigidi
Apertura dell'orecchio piccola e indistinta	Apertura dell'orecchio grande e facilmente visibile
Narici sulla punta del muso	Narici dietro la punta del muso
Denti incisivi assenti	Denti incisivi a zanna

**Tabella 1. Principali differenze tra le due famiglie**

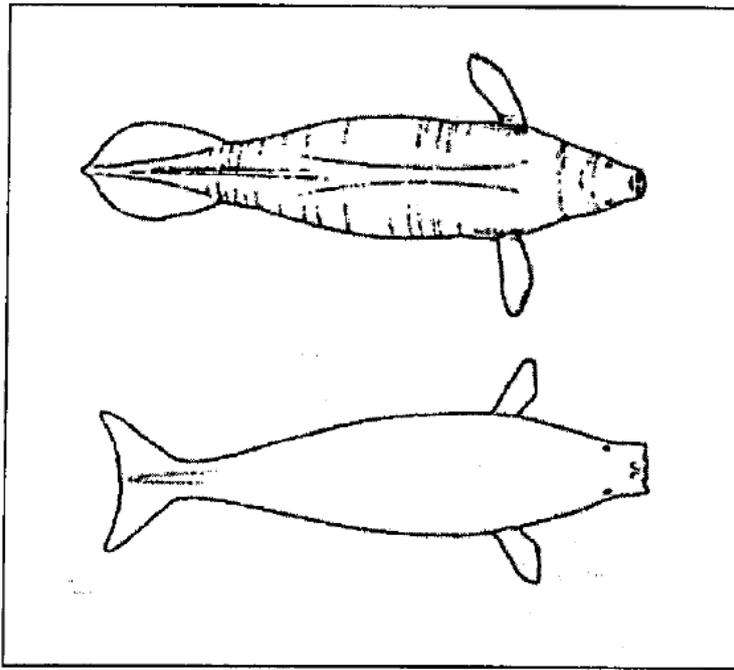


Figura 2. Differenze morfologiche tra un Lamantino (sopra) e Dugongo (sotto), visti dall'alto (Reeves et al., 1992).

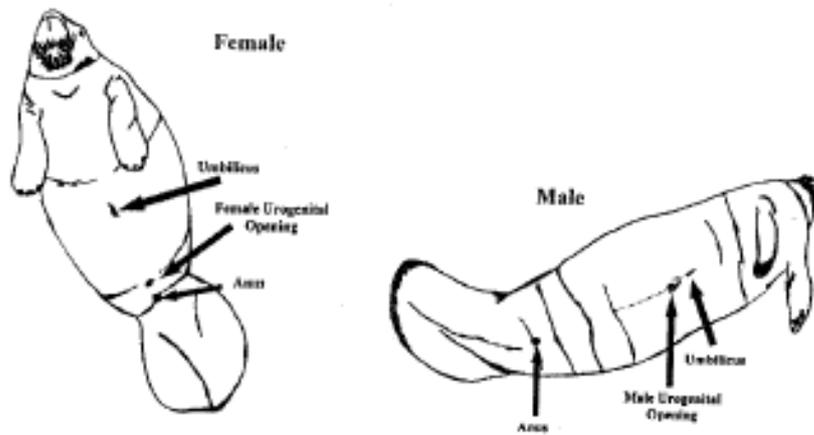
### **Trichechidae**

I lamantini sono animali lenti e non mostrano le caratteristiche abilità atletiche di altri mammiferi marini come delfini e foche; non possiedono una pinna dorsale e gli arti posteriori sono assenti.

Gli arti anteriori, definiti anche "paddles" o pagaie, sono mobili dopo la giuntura del gomito, mentre la parte alta dell'arto è fusa all'interno del fianco dell'animale. La coda è appiattita per la propulsione e il lobo di questa è sostenuto solo da una fila di vertebre caudali come nelle balene. Presentano una coppia di narici circolari posizionate sulla punta del muso. (Reeves et al., 1992). Le mammelle si trovano in posizione ascellare, appena sotto

gli arti anteriori delle femmine, permettendo così alle madri di trattenere i cuccioli in fase di allattamento con gli arti anteriori. Presentano una pelle particolarmente dura sulla cui superficie si possono facilmente osservare numerosissimi peli particolarmente utili all'animale come organi di senso. Il muso è tondeggiante e presenta una elevata densità di peli o setole anche in questo caso utili come organo di senso soprattutto durante la ricerca di cibo e l'alimentazione. Presentano due larghi lobi del labbro superiore che ricadono uno su ogni lato della bocca e possono essere mossi in maniera indipendente dall'animale durante l'alimentazione. Molto caratteristico risulta essere anche il mento ispido e pieno di setole anch'esso utilizzato come organo di senso. L'orecchio come in molti mammiferi marini non presenta un organo esterno al corpo, i canali uditivi si aprono in posizione arretrata rispetto agli occhi e sono difficilmente visibili a occhio nudo. Gli occhi di questi animali sono relativamente piccoli senza una palpebra ben definita e sono protetti da una forte secrezione lacrimale. (Reeves et al., 1992)

Tutti gli appartenenti a questa Famiglia presentano solo denti molariformi e mancano completamente di canini e incisivi, questa caratteristica li rende molto più efficienti nella masticazione della vegetazione. (Reep and Bonde, 2006)



**Figura 3. Posizione delle aperture uro-genitali nei due sessi**

La differenza tra i maschi e le femmine dal punto di vista morfologico, sta nella differente posizione delle aperture uro-genitali come mostrato in Figura 3; quella del maschio si trovano subito sotto l'ombelico, mentre nella femmina si trova vicino all'ano quindi in posizione più caudale. (Xavier università, 2001).

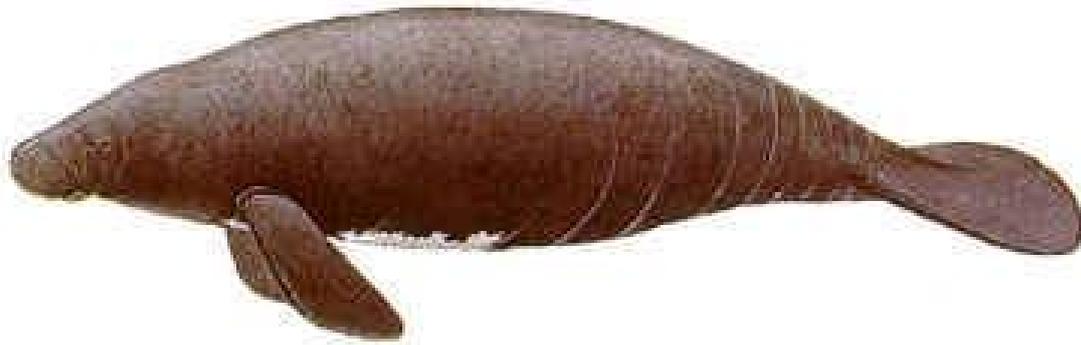
Le femmine inoltre presentano le ghiandole mammarie sotto le ascelle, ma queste sono difficilmente osservabili se non durante la fase di allattamento (Bush entertainment Cooperation, 1994b).

### **Specie presenti di Trichechidae**

#### **Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*)**

Questa specie vive principalmente nelle acque del Rio delle Amazzoni, la lunghezza massima documentata di questa specie

è leggermente inferiore ai tre metri di lunghezza e risulta essere quella più piccola rispetto alle altre specie di manati.



**Figura 4. *Trichechus inunguis***

Tuttavia risulta essere il più grande mammifero presente nel continente Sud-Americano con alcuni individui che possono raggiungere un peso di 400-450 kg; i piccoli alla nascita sono lunghi dagli 85 ai 105 cm con un peso attorno ai 10-15kg. Il corpo di questa specie risulta essere meno cilindrico e più fusiforme rispetto alle altre, questo probabilmente perché presenta un minor numero di costole ed una gabbia toracica più piccola (Waller et al., 1996).

La pelle di questa specie è molto liscia con alcuni peli sparsi lungo la superficie (Powell, 2002); i neonati presentano una pelle molto rugosa con numerose pieghe che verranno perse dopo alcune settimane dalla nascita (Waller et al., 1996). Il colore della pelle di questa specie va

dal grigio scuro al nero con la presenza di macchie bianche o rosate nella parte ventrale. Rispetto alle altre due specie Amazonian manatee non presenta unghie alla fine degli arti anteriori (Powell,2002).

**West-African manatee (*Trichechus senegalensis*)**

*Trichechus senegalensis* è la specie meno studiata tra i manati (Sirenian International, 2000), gli esemplari possono pesare anche 500 kg e gli adulti arrivare normalmente ad una lunghezza di 3-4 metri (Animal info, 1999a).



**Figura 5. *Trichechus senegalensis***

La pelle di questa specie è ruvida e presenta la caratteristica peluria di questa famiglia, il colore può variare dal grigio scuro al marrone e questo dipende dal tipo di alghe che ricoprono la schiena di questi animali. Questa specie presenta le unghie alla fine degli arti anteriori, ed è più snella con un muso più piccolo rispetto al West-Indian manatee (Powell,2002). Questa specie vive lungo le aree costiere, in lagune estuarine, in grandi

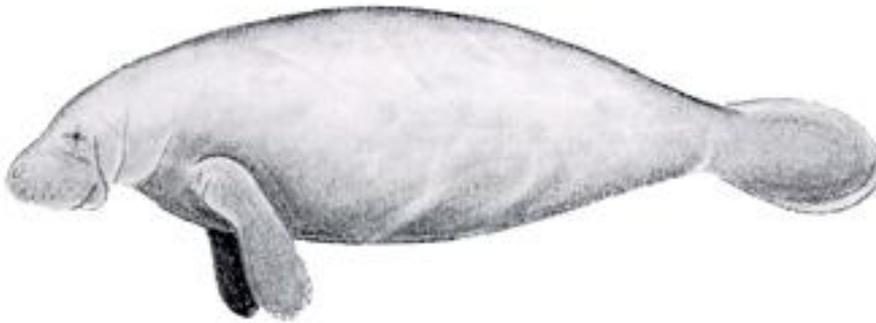
fiumi con un range di salinità dal salmastro al dolce, laghi di acqua dolce ed anche lungo il corso superiore di alcuni fiumi. L'alimentazione di questa specie dipende maggiormente dai vegetali che sporgono o emergono vicino alla superficie, piuttosto che a quelli presenti sui fondali. La popolazione in alcuni fiumi dipende direttamente dai vegetali che crescono fuori dall'acqua e nelle aree estuarine si nutrono esclusivamente di mangrovie (Animal Info,1999a).

**West-Indian manatee** (*Trichechus manatus*)

Forse è questa la specie più nota e comune di lamantino ed è proprio quella oggetto di questo studio; è anch'essa una specie completamente acquatica e può vivere sia in acqua dolce che salmastra che salata (U.S. Fish and Wildlife Service, 1999). In media gli esemplari adulti sono lunghi dai 3 ai 3,5 metri e possono pesare attorno ai 500kg, ma alcuni individui di grandi dimensioni possono arrivare ai 4 metri di lunghezza per 1600kg di peso. I neonati di questa specie possono misurare un metro o più e pesare attorno ai 30 kg, gli esemplari maschi e femmine sono simili in taglia e aspetto (Reeves et al., 1992).

La pelle degli esemplari di questa specie è ruvida anche con numerosi peli lungo la superficie, hanno una colorazione grigia, marrone o verdastra a seconda del tipo di alghe che ricoprono il loro dorso. In molti casi la

pelle di questa specie è segnata da graffi e cicatrici causate dallo scontro con natanti, che in molti casi possono causare anche ferite mortali a questi esemplari che vivono in zona con forte impatto antropico. Inoltre presentano le tipiche unghie alla fine degli arti anteriori, facilmente visibili. (Powell,2002)



**Figura 6. *Trichechus manatus***

#### **1.2.4 Anatomia e Fisiologia**

##### **Tegumento**

Il tegumento di *Trichechus manatus* è formato da tre strati ben definiti: lo strato esterno o epidermide, uno strato mediano il derma ed uno strato di grasso più profondo l'ipoderma. Tutto questo rappresenta lo strato di confine tra l'animale e l'ambiente acquatico che lo circonda e interviene nella galleggiabilità dell'animale. La struttura dell'epidermide dei mammiferi marini è formata da strati

multipli di epitelio squamoso formato da 3-5 parti, per lo più 3, chiamati: strato basale, strato spinoso e strato corneo. Lo strato più esterno dell'epidermide, lo strato corneo, è formato da strati di cellule appiattite, solide e cheratinizzate che rendono la pelle di questi animali impermeabile all'acqua. Nel derma sono presenti follicoli piliferi e ghiandole sebacee, mentre mancano nei Sireni le ghiandole sudoripare. Questo strato è composto da un denso tessuto connettivo irregolare ben vascolarizzato e contenente cellule adipose che aumentano in numero con la profondità e diventano un tutt'uno con l'ipoderma. Lo strato di ipoderma o "blubber" è un tessuto connettivo lasso di cellule adipose intercalate da bande di collagene; questo strato presenta pochi collegamenti con il sottostante strato di tessuti muscolari. Il grasso ipodermico nei sireni ha funzione isolante per compensare la quasi totale assenza di peli persi durante l'evoluzione dai mammiferi marini (Romero, 2005).

Le vibrisse nei lamantini sono sparpagliate sulla superficie corporea, ma diventano più dense e robuste sul muso ed attorno alla bocca (Romero, 2005). Queste vibrisse inviano continui segnali al cervello durante la ricerca del cibo ed in ogni istante della vita di un lamantino, sono uno dei maggiori organi di senso di questa specie. Il disco orale, ovvero quella regione tra la bocca e il naso dei lamantini, contiene circa 600 vibrisse che vengono

utilizzate durante l'alimentazione. Nel resto del corpo si possono individuare altre 3000 vibrisse che sono sparpagliate lungo tutta la superficie corporea e rappresentano un senso tattile molto sviluppato capace di identificare e localizzare uno spostamento d'acqua. (Reep and Bonde, 2006)

### **Sistema respiratorio**

I lamantini necessitano di trattenere a lungo il respiro quando sono sott'acqua, per questo gli esemplari più adulti possono restare in immersione anche per più di 20 minuti. Abitualmente però il lamantino risale in superficie per respirare ogni due o tre minuti, la durata delle apnee varia a seconda dell'attività che l'animale sta svolgendo. Quando l'animale respira solitamente fa emergere fuori dal pelo dell'acqua solo le piccole narici e per pochi secondi (Powell, 2002). I lamantini sono in grado di ricambiare il 90% dell'aria contenuta nei loro polmoni ad ogni respiro, una quantità enorme se paragonata a quella umana che non supera il 10% (Brook van Meter, 1989).

I polmoni del lamantini sono unici e differiscono da quelli degli altri mammiferi; hanno una forma appiattita e allungata e si estendono orizzontalmente sul dorso degli animali fino quasi alla zona anale. Altra differenza rispetto a molti mammiferi è la posizione dei polmoni che in questi animali si trovano lungo la spina dorsale invece

che nella gabbia toracica. Possono misurare un metro o più negli adulti, avere una larghezza di 20cm ed uno spessore di 5 cm. Oltre a provvedere alla respirazione i polmoni aiutano questi animali nel controllare la galleggiabilità; essendo allungati lungo il corpo distribuiscono la forze di galleggiamento lungo tutto questo, permettendo così all'animale di effettuare fluttuazioni orizzontali. Questa disposizione permette ai lamantini di minimizzare le differenze di pressione tra le varie parti del polmone (Save the manatee club, 1981a).

Un aspetto insolito dei polmoni dei lamantini è il fatto che ogni polmone possiede una propria membrana, chiamata emi-diaframma, nel caso un polmone od una membrana venissero danneggiati, questa anatomia permetterebbe al polmone sano di funzionare in maniera quasi indipendente dall'altro (Powell, 2002).

Un lamantino è in grado di salire e scendere attraverso la colonna d'acqua in maniera molto efficace, questo è in parte dovuto alla modificazione della lunga cavità polmonare di questi mammiferi che si estende come abbiamo detto per tutta la parte dorsale; gli stessi polmoni presentano una grande cavità per l'aria al loro interno. Si pensa che contraendo e rilassando muscoli volontari, il lamantino possa aumentare o ridurre il proprio volume polmonare per salire o scendere nella colonna d'acqua. (Waller et al., 1996).

## **Apparato digestivo**

Come già detto i lamantini presentano solo denti molari indispensabili per tritare la vegetazione di cui si nutrono. Per compensare l'usura dei denti causata dalla masticazione dei vegetali, sono in grado di perdere i denti vecchi e rimpiazzarli con nuovi (U.S. Fish and Wildlife Service, 1999). Questo processo di sostituzione dei denti è abbastanza lento con un accrescimento di un millimetro al mese; i lamantini solitamente usano 30 o più molari nell'arco della loro vita (U.S. Fish and Wildlife Service, 1999).

L'apparato digestivo del lamantino (Fig.7) è simile nella struttura a quello del cavallo; entrambi effettuano una fermentazione nello stomaco grazie a batteri che digeriscono la cellulosa nella parte posteriore dell'intestino. L'apparato digestivo di questi animali è adattato a digerire cibi ricchi di fibre e poveri di proteine; per questi fattori i lamantini sono degli efficienti erbivori in grado di estrarre più dell'80% dei materiali digeribili di una pianta (Brook van Meter, 1989).

I lamantini presentano una combinazione inusuale di tratti, raramente visti in altri mammiferi. Uno di questi è una ghiandola accessoria digestiva, chiamata ghiandola cardiaca, in comunicazione con lo stomaco. Questa ghiandola produce acido cloridrico, enzimi digestivi e muco che

ricopre il cibo ingerito proteggendo la membrana interna del sistema digestivo dall'abrasione (Reep and Bonde, 2006).

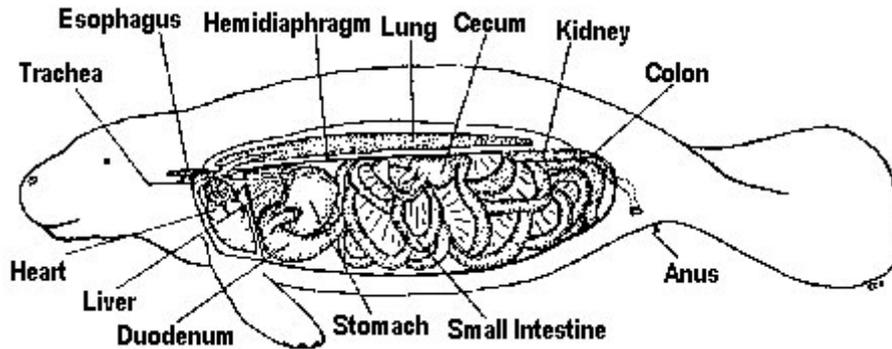


Figura 7. Apparato digerente di *Trichechus manatus*

Nel duodeno, localizzato subito dopo lo stomaco, si trovano larghe tasche nelle quali viene trattenuto il cibo non digerito che arriva dallo stomaco. Sembra che il cibo passi piuttosto rapidamente dall'intestino tenue e si vada ad accumulare nell'intestino crasso. Alla giuntura tra questi due intestini vi è l'allargamento del cieco, che rappresenta un importante sito di produzione degli acidi grassi volatili e di digestione della cellulosa ad opera di micro-organismi. I lamantini assorbono la maggior parte dei nutrienti nell'intestino crasso rispetto al tenue e consumano cibo di bassa qualità, ma con alta quantità di fibre e con un basso contenuto calorico e di proteine. Per massimizzare l'efficienza nell'estrazione dei nutrienti il transito del cibo nell'apparato digerente è molto lento e può arrivare anche a sei o sette giorni (Reep and

Blonde,2006).I lamantini risultano essere molto efficienti nella digestione della cellulosa se paragonati agli altri erbivori. Questo è probabilmente da attribuire al lento passaggio del cibo lungo l'apparato digestivo, alla larghezza del corpo di questi animali ed al più basso contenuto di lignina nella vegetazione acquatica rispetto a quella terrestre.

La digestione di elevate quantità di vegetali è accompagnata dalla produzione di abbondanti quantità di gas; il diaframma di questo animale è in grado di comprimere il gas nell'intestino e permettere al lamantino di controllare la propria galleggiabilità senza un apparente movimento muscolare (Brook van Meter,1989).

### **Sistema Cardiovascolare**

I lamantini hanno una frequenza cardiaca bassa se paragonati ai mammiferi terrestri; hanno una frequenza di 50/60 battiti al minuto (Save the manatee club, 1981b). Sono in grado di rallentare il battito cardiaco durante le fasi di apnea o se sono costretti a rimanere in immersione (Powell,2002); è stato osservato che la frequenza cardiaca può scendere sotto i 30 battiti al minuto durante lunghe immersioni (Save the manatee club, 1981b).

## **Apparato Genitale**

L'ambiente acquatico con le sue caratteristiche termiche rappresenta una sfida per i tratti riproduttivi del lamantino. Come molti mammiferi marini il maschio mantiene il pene all'interno del corpo nella sacca scrotale, così facendo mantiene al sicuro questo apparato durante il nuoto, ma incorre in un potenziale problema dovuto all'accumulo di calore. Lo sperma maturo necessita di una temperatura ambientale non troppo calda per mantenersi vitale, ed il posizionamento degli organi riproduttivi all'interno del corpo porta lo sperma vicino a temperature critiche per la sua vitalità. Per compensare questo i lamantini possiedono una fitta rete di vasi sanguinei tra le strutture di superficie e i testicoli. In questo modo il sangue che arriva ai testicoli è appena stato raffreddato dal contatto con la superficie esterna e questo mantiene i testicoli nel giusto range di temperatura. Al tempo stesso le femmine di lamantino possiedono un adattamento simile per proteggere i organi genitali dall'ipotermia (Reep and Bonde, 2006).

I maschi di lamantino possiedono grandi vescicole seminali, che compensano la piccola dimensione dei loro testicoli e la produzione di grandi volumi di fluidi seminali. Questo tratto può essere associato al basso tasso metabolico di questi animali, infatti la produzione di liquidi seminali è

metabolicamente meno dispendiosa rispetto alla produzione di sperma (Reep and Blonde, 2006).

### **Reni**

La struttura anatomica del rene dei sirenidi differisce da quello dei pinnipedi e dei cetacei. Il rene di *Trichechus manatus* possiede una superficie lobata senza veri e propri reniculi e presenta diversi grandi lobi con una corteccia continua. Le notevoli differenze nell'anatomia renale tra le varie specie di lamantini suggerisce che queste variazioni morfologiche siano in relazione ai diversi habitat in cui le specie si sono adattate (Ortiz, 2001).

Le caratteristiche morfologiche, la disposizione degli organi interni e il sistema scheletrico di questa specie sono messe in evidenza nella figura sottostante (Figura 8).

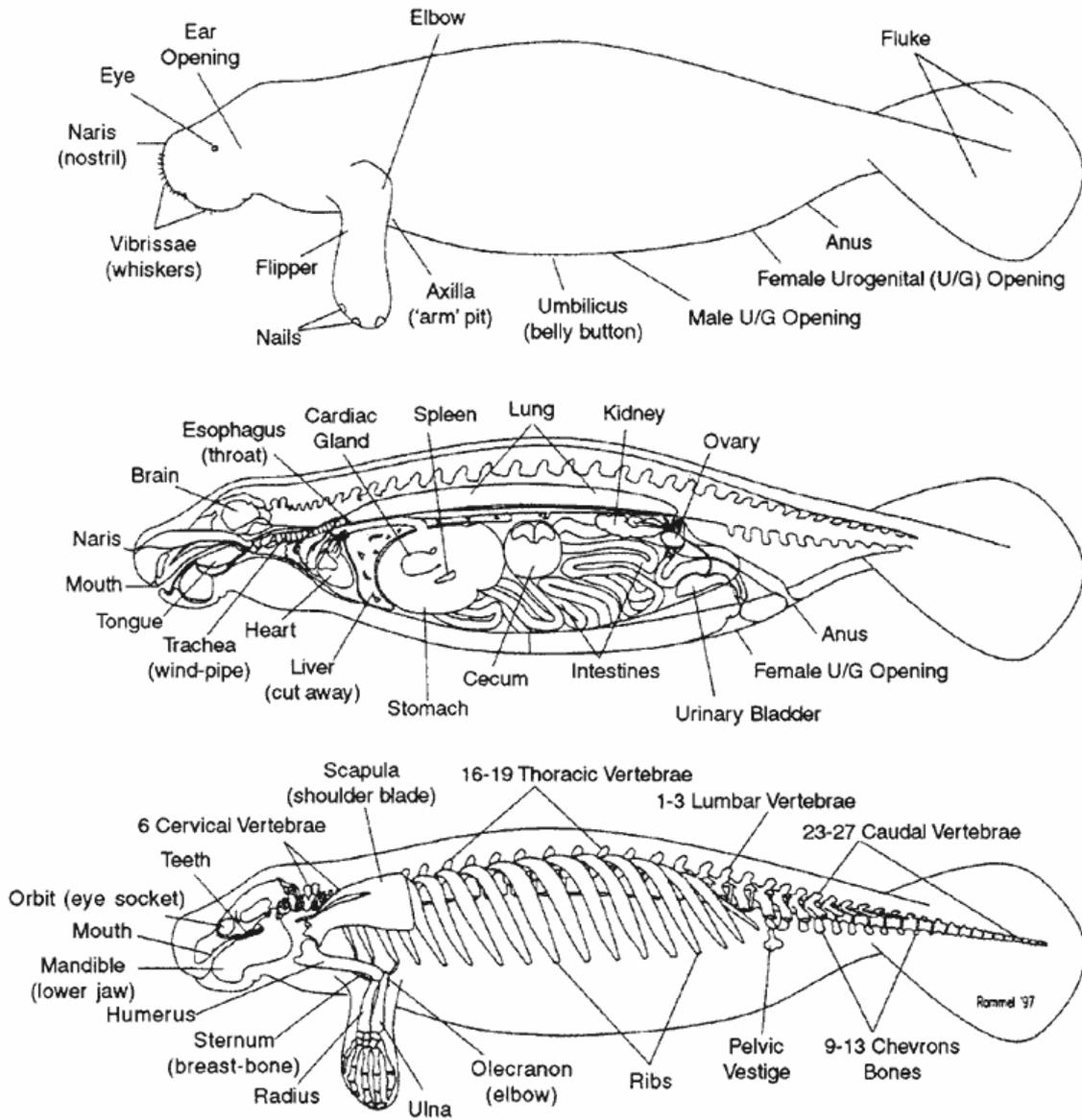


Figura 8. Anatomia di lamantino (Xavier università, 2001)

## **Termoregolazione**

I lamantini sono animali tipicamente tropicali ben adattati agli ambienti caldi in cui vivono, che mal sopportano abbassamenti di temperatura nel loro ambiente. La "zona termica" di un animale è il range di temperature nel quale non deve utilizzare un metabolismo attivo per accumulare o disperdere calore; per *Trichechus manatus* il limite inferiore della zona termica è di 20-23°C, in contrasto con quello di tursiope, foche e leoni marini di 8-15°C. Questa particolare zona termica fa capire come i lamantini abbiano una scarsa tolleranza per le acque fredde e spiega la loro attiva ricerca di zone con acque calde nel periodo invernale. Gli adulti sono però in grado di sopportare acque leggermente più fredde con un range di 19-20°C, incrementando il proprio metabolismo, ma questo non si osserva negli esemplari giovani (Reeves et al., 1992).

Anche la pelle dei lamantini possiede proprietà in grado di aiutare questi animali nel regolare la temperatura corporea; con l'invio di sangue attraverso i vasi sanguinei più vicini alla superficie corporea, questi animali possono rilasciare il calore corporeo durante i mesi caldi. Al contrario durante i mesi invernali sono stati osservati lamantini che esponevano il proprio dorso fuori dalla superficie dell'acqua alla luce dei raggi solari per cercare di immagazzinare calore. Essendo *Trichechus manatus* un mammifero dalle grandi dimensioni, disperde

nell'ambiente circostante grandi quantità di calore interno rispetto a mammiferi di più piccola taglia. La temperatura interna di *Trichechus manatus* a riposo è di 36°C ed inizia a manifestare segnali di stress termico da basse temperature con la prolungata esposizione ad acque con temperature inferiori ai 20°C.

### **Osmoregolazione**

*Trichechus manatus* può spostarsi da ambienti di acqua dolce all'ambiente marino senza alcun effetto negativo per l'organismo. Questa specie non consuma volontariamente acqua salata, nei periodi di carenza di cibo il fabbisogno di acqua dell'organismo viene soddisfatto dalla produzione di acqua metabolica, come nei pinnipedi e nei cetacei. Risulta essere molto elevato invece il consumo di acqua dolce che porta un conseguente calo di concentrazione ionica e osmotica. I lamantini che vivono in natura in un ambiente di acqua dolce, presentano valori di osmolarità del plasma e concentrazione di elettroliti molto simile agli esemplari che vivono in natura o in cattività ma in acque salate. Questo ha portato a concludere che, gli esemplari che in natura vivono in ambiente di acqua dolce, hanno accesso a risorse saline, rappresentate o da escursioni in ambiente marino o dati dal consumo di vegetazione acquatica, con un sufficiente contenuto di

sali. Al tempo stesso è stato osservato che animali mantenuti in ambiente controllato sempre in acqua dolce possono essere suscettibili di iponatriemia (diminuzione della concentrazione plasmatica di sodio al di sotto di 136 mEq/l causata da un eccesso di acqua rispetto al soluto) (Ortiz,2001). Lo spessore midollare del rene di *Trichechus manatus* suggerisce che questo animale sia in grado di concentrare la propria urina ad una osmolarità superiore rispetto all'acqua di mare. Nello stesso modo quando l'animale si trova in acqua salata e mantiene la sua normale dieta ingerendo grandi quantità di lattuga (contenente molta acqua) come fonte di acqua dolce, non vi sono motivi per cui l'animale debba concentrare la propria urina (Ortiz, 2001).

### **Udito**

L'udito dei lamantini è simile a quello degli altri mammiferi marini, sono in grado di recepire suoni distanti più di cento metri. I componenti uditivi del sistema nervoso centrale sono ben sviluppati ed includono nervi auditori periferici. Questi convogliano il segnale all'orecchio interno e alle regioni del cervello che processano l'informazione sonora (Reep and Bonde, 2006). *Trichechus manatus* sente le frequenze che vanno da 0,5 kHz ai 38 kHz, con una maggiore sensibilità attorno ai 16-18 kHz; presentano un rapido declino nella sensibilità al di

sotto dei 2 kHz e al di sopra dei 25 kHz (Reep and Bonde, 2006).

## **Vista**

*Trichechus manatus* presenta occhi di piccole dimensioni coperti da una palpebra circolare in grado di contrarsi e chiudere completamente l'occhio. Il nervo ottico, che trasmette il segnale visivo al cervello, è di ridotte dimensioni così come anche i muscoli oculari e i nervi che controllano il bulbo oculare risultano piccoli. La regione del cervello che processa le informazioni visive risulta essere di ridotte dimensioni. Tutto questo è dovuto alle condizioni ambientali nelle quali questi animali si sono evoluti; ambienti con acque torbide in cui la vista non risulta essere molto affidabile (Reep and Bonde, 2006). I lamantini presentano una condizione piuttosto rudimentale dove non si ritrovano gruppi di cellule gangliari e la concentrazione è piuttosto bassa. Questo può essere dovuto ad un adattamento per la visione a breve distanza, l'unica permessa dalle acque torbide. Osservazioni comportamentali suggeriscono che questi animali soffrono di miopia (Reep and Bonde, 2006). Al tempo stesso la struttura interna dell'occhio rivela la presenza di due diversi tipi di coni e bastoncelli, il che porta a concludere che i lamantini vedono a colori (Powell, 2002).

## **Olfatto**

I lamantini presentano tessuti olfattivi sulle piccole ossa nasali interne e probabilmente possiedono un certo senso dell'olfatto; la capacità di discriminazione degli odori è in gran parte sconosciuta.

## **Gusto**

La lingua dei lamantini contiene poche papille gustative e non vi sono evidenze di papille gustative localizzate in altre parti dell'apparato digerente dell'animale (Powell, 2002; Reep and Bonde, 2006). Osservazioni sul campo hanno evidenziato come alcuni animali salgano in superficie per bere acqua dolce e come siano presenti in alcuni soggetti preferenze alimentari sicuramente basate sul gusto (Reep and Bonde, 2006).

## **Tatto**

*Trichechus manatus* è un animale molto tattile (Powell, 2002); la presenza di vibrisse lungo tutto il corpo permettono a questi animali di conoscere in ogni istante l'ambiente che li circonda. Grazie agli arti anteriori che possiedono una forte motilità e risultano essere quasi arti presili, questi animali sono in grado di indagare l'ambiente circostante anche grazie a questi arti. Inoltre la mobilità del disco orale e la presenza delle 600

vibrisse, permette a questi animali di tastare il cibo e gli oggetti, abilità molto utile durante la ricerca del cibo (Reep and Bonde, 2006).

### **Longevità**

Stimare la longevità di questi animali in ambiente naturale risulta essere particolarmente complicato visto che il metodo principalmente usato per gli altri mammiferi marini risulta non essere applicabile. Come abbiamo già visto i denti più vecchi e usurati di questi animali vengono costantemente rimpiazzati quindi una stima di longevità basata su questo parametro non risulterebbe attendibile. Uno dei metodi utilizzati per questo tipo di stima consiste nell'analisi dell'accrescimento delle ossa dell'orecchio. Studi su queste ossa hanno messo in evidenza la presenza di strati di accrescimento che persistono per tutta la vita dell'animale e possono quindi essere utilizzati come indicatori di età per questa specie. Utilizzando questa tecnica sono stati analizzati esemplari con un'età superiore ai 50 anni di vita (Brook van Meter, 1989), ed è stato stimato che questi animali possano vivere al massimo 60-70 anni in natura (Powell, 2002). Visto che molti degli animali presenti in ambiente controllato provengono da quello naturale è difficile stimare l'età di questi soggetti. Sono presenti casi di animali in ambiente

controllato con più di 40 anni e nei prossimi anni le stime potrebbero aumentare.

### 1.3 DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA ED ECOLOGIA

#### 1.3.1 Distribuzione

*Trichechus inunguis* vive esclusivamente lungo il corso del Rio delle Amazzoni quindi strettamente relegato in un ambiente di acqua dolce. *Trichechus senegalensis* ha come areale di distribuzione le coste dell'Africa occidentale, dove può popolare anche il tratto iniziale di alcuni fiumi (Powell, 2002; Animal info, 1999a).



Figura 9. Distribuzione delle tre specie di lamantino e dugongo

*Trichechus manatus* occupa sicuramente un areale più ampio rispetto alle altre specie, possedendo due sottospecie che popolano zona confinanti ma ben distinte l'una dall'altra. Il Florida manatee vive lungo le coste della Florida e occasionalmente si spinge più a nord fino al Connecticut e più a sud lungo il Golfo del Messico; l'altra sottospecie

Antillean manatee ha il proprio areale lungo le coste del Centro e Sud America, vive anche in prossimità delle isole Antille, di Cuba, della Giamaica e di Porto Rico. In figura viene mostrato l'areale di distribuzione di queste specie.

### **1.3.2 Habitat**

*Trichechus inunguis* vive esclusivamente nelle acque dolci del bacino del Rio delle Amazzoni e può occasionalmente discendere il corso del fiume fino a zone salmastre; questa specie presenta una distribuzione a patch lungo tutto l'enorme bacino di questo fiume e si concentra soprattutto nelle zone ricche di nutrimento come le foreste allagate e zone ricche di mangrovie. Le zone in cui questo animale non vive sono quelle più buie, probabilmente un adattamento dal passato per evitare zone con una elevata pressione di caccia. Questa specie, ancor più delle altre, è molto reticente ed elusiva nei confronti degli umani che tutt'ora in alcune zone del Sud America cacciano questi animali come fonte di sostentamento. (IUCN, 1986). Al contrario invece *Trichechus senegalensis* è una specie che presenta una maggiore variabilità di habitat spostandosi frequentemente dalle zone costiere lungo il corso dei fiumi dell'Africa Occidentale (Powell, 2002; Animal info, 1999a). *Trichechus manatus* è in grado di sopportare ampie variazioni di salinità e si muove frequentemente tra habitat marini e zone di acque dolci; vive principalmente in zone costiere

poco profonde, lungo il corso di fiumi, estuari e canali. Considerando il basso tasso di metabolismo e l'assenza di uno spesso strato di grasso corporeo isolante, risulta chiaro come questa specie prediliga ambienti tropicali e sub tropicali caldi. Negli Stati Uniti questa specie si concentra attorno alla Florida nei mesi invernali mentre in quelli estivi migra più a nord della Virginia e più a ovest della Luisiana; il range complessivo di questa specie si estende dai Caraibi lungo le coste orientali dell'America Centrale fino alle coste settentrionali del Sud America a nord del Brasile (University of Michigan Museum of Zoology, 1995). Questa specie è in grado di vivere in acque limpide o melmose, solitamente con ridotte profondità attorno ai 1-2 metri; durante i suoi spostamenti questa specie può frequentare anche acque più profonde ma generalmente non si spinge in zone con una profondità superiore ai 5 metri. Questi animali possono coprire grandi distanze spostandosi in acque con una profondità adeguata e con correnti non troppo forti.

### **1.3.3 Popolazione e stato di conservazione**

Fin dai tempi antichi questi animali sono stato cacciati da parte delle popolazioni native delle zona costiere e fluviali, questo ha portato sicuramente a degli effetti negativi sulle popolazioni di lamantini. Lo sfruttamento di questa "risorsa" è aumentato e peggiorato nei tempi più

recenti con l'introduzione delle moderne tecniche e strumentazioni di caccia; queste specie sono state intrappolate, arpionate e fatte saltare con la dinamite in tutto il loro areale di distribuzione, per la loro pregiata carne, la loro pelle e l'olio che ne veniva estratto. Gli habitat costieri di questi animali sono zone che hanno subito negli ultimi secoli un forte impatto antropico con profonde modificazioni dell'habitat, un incremento del traffico di natanti ed un generale degrado delle condizioni ambientali. Questa situazione è avvenuta in Florida con serie conseguenze per la popolazione di lamantini della zona, si è riscontrato un alto tasso di mortalità nella popolazione di questa zona a causa soprattutto delle ferite riportate in seguito allo scontro con natanti. Anche se la piccola popolazione di lamantini è protetta dallo Stato (Florida Manatee Sanctuary Act of 1973), la pressione data dal traffico nautico in queste zone continua ad aumentare; la registrazione di natanti ai registri è aumentata di circa sette volte tra gli anni 1960 e 1990 in Florida (Weller et al., 1996). *Trichechus manatus* è protetto dalla legge in molti stati dove vive: in Guyana dal 1956, in Honduras dal 1959, in Brasile dal 1967, in Venezuela dal 1978 e a Panama dal 1967. Vista la cattiva applicazione delle leggi in alcuni paesi sono ancora presenti fenomeni di bracconaggio su questi animali (Reeves et al., 1992).

### ***Trichechus inunguis***

Popolazione stimata : inferiore ai 10.000 esemplari

IUCN Red List: Vulnerabile

L'inserimento di questa specie nella lista rossa come Vulnerabile, si basa sul riscontrato declino della popolazione negli ultimi 90 anni, dovuto principalmente ai livelli di caccia ancora in corso, in concomitanza con l'incremento accidentale di morte nei cuccioli, con cambiamenti climatici ed un conseguente degrado e perdita d'habitat (IUCN,1986).

### ***Trichechus senegalensis***

Popolazione stimata: inferiore ai 10.000 esemplari

IUCN Red List: Vulnerabile

Il numero di minacce a cui questa specie è sottoposta, in particolare catture accidentali e caccia, continua ad aumentare ed ha portato alla quasi totale scomparsa di questa specie da alcune aree e regioni; la povertà crescente, la mancanza di cibo e la mancata applicazione delle leggi nazionali ha portato ad un considerevole aumento del livello di caccia. Inoltre la distruzione nei tratti costieri delle foreste di mangrovia, la costruzione di sbarramenti e dighe ha portato ad una notevole perdita

d'habitat di questa specie. Vi sono stime che testimoniano una diminuzione di popolazione del 30% negli ultimi 90 anni (IUCN,1986).

***Trichechus manatus***

Popolazione stimata : inferiore ai 10.000 esemplari

IUCN Red List: Vulnerabile, In via di Estinzione

Per questa specie l'inserimento nella Lista Rossa è dovuto alla stima corrente di esemplari adulti che risulta essere inferiore ai 10.000 esemplari, stima basata considerando entrambe le sottospecie, poiché è previsto un declino stimato attorno al 10% nei prossimi 90 anni; tutto questo dovuto alla perdita d'habitat, a fattori antropici, alla caccia nei paesi del Sud America e ai continui scontri con l'elevato numero di natanti soprattutto negli stati del Centro America ed in Florida.

## 1.4 ETOLOGIA DELLA SPECIE

### 1.4.1 Dieta e alimentazione

I lamantini si nutrono di una vastissima varietà di fanerogame marine e piante di acqua dolce. Non sono animali strettamente erbivori, in natura sono stati osservati mentre si nutrivano di pesci rimasti intrappolati nelle reti e di lumache che vivono sui vegetali dei quali si nutrono (Powell, 2002).

*Trichechus manatus* non è un erbivoro ruminante, si nutre principalmente di vegetali sommersi, galleggianti o sospesi a poca distanza dalla superficie acquatica. Si nutre principalmente delle sei seguenti specie di piante "sommerse": *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria neotropicalis*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Ruppia maritima* e *Diplanthera crassipes* (Hartman, 1979). Nelle varie zone del suo habitat questa specie può avere variazioni nelle preferenze alimentari, ed è stato osservato mentre si nutre anche di numerosissime altre specie in base alla loro abbondanza nell'ambiente. *Trichechus manatus* mangia circa 60 diverse specie di piante presenti nelle acque della Florida ed in alcuni casi anche specie contenenti tossine, che non sembra causino problemi a questa specie. In alcune occasioni sono stati osservati esemplari che in parte si spiaggiavano volontariamente per

raggiungere piante presenti sulle rive (Waller et al., 1996). Questa specie in generale tende a nutrirsi di ogni tipo di vegetale presente nell'ambiente che lo circonda, passando dalla piante di acqua dolce lungo i fiumi, alla vegetazione delle zone salmastre, fino alle fanerogame marine lungo le zone costiere. Nella sua alimentazione rientrano anche frutti e noci che cadono in acqua dalle piante sovrastanti. Un esempio di alimentazione secondaria è data da più o meno piccoli invertebrati che vivono sulla vegetazione acquatica e che vengono quindi ingeriti dai lamantini. Questi alimenti risultano essere un importante supplemento alla dieta prettamente vegetariana di questa specie (Powell, 2002; Reeves et al., 1992).

I lamantini effettuano lunghe sessioni di alimentazione quando si concentrano a brucare una sola specie di pianta; normalmente queste sessioni durano dai 30 ai 90 minuti, ma possono continuare per più di due ore quando gli animali sono molto affamati (Hartman, 1979). *Trichechus manatus* utilizza dalle sei alle otto ore al giorno per alimentarsi, ed è in grado di ingerire vegetali dal 4% al 9% del suo peso corporeo ogni giorno. Tutti questi dati si riferiscono ad esemplari osservati nel loro ambiente naturale, per quanto riguarda gli esemplari osservati in questo caso studio la durata delle sessioni di alimentazione, il tempo speso e la quantità di cibo ingerita verranno analizzate e

prese in considerazione nei capitoli successivi. I vegetali vengono afferrati e strappati dalle labbra dell'animale che presentano rinforzi laterali, per poi essere triturati all'interno della bocca dai forti molari. L'analisi dei contenuti stomacali dimostra come queste piante siano ben masticate dall'animale. I lamantini si nutrono nella parte superficiale della prateria di piante, ed in alcuni casi strappano dal sedimento con i loro arti anteriori l'intera pianta; considerando che la maggior parte della biomassa e dei carboidrati si concentrano nella parte basale. Solitamente queste animali si cibano nelle zone più marginali e superficiali delle praterie di vegetali, in modo da avere a disposizione le zone più profonde e nascoste come via di fuga in caso vengano disturbati o minacciati. *Trichechus manatus* non compete con altri erbivori per le risorse alimentari, considerata la loro estrema flessibilità nella scelta dell'alimento (Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969). I Sireni utilizzano le loro labbra mobili, provviste di cuscinetti ispessiti sui lati, per spostare nella parte posteriore della bocca il cibo. Nella parte inferiore del muso presentano molte file di lunghe setole indurite, chiamate vibrisse, inserite in piccole cavità da cui ogni vibrissa sporge durante l'alimentazione. In questo modo le varie vibrisse intrappolano e facilitano lo spostamento del cibo nella parte posteriore della bocca dove la lingua lo

direziona lungo le file di potenti molari, tutto questo rappresentato in figura 10 (Powell,2002).

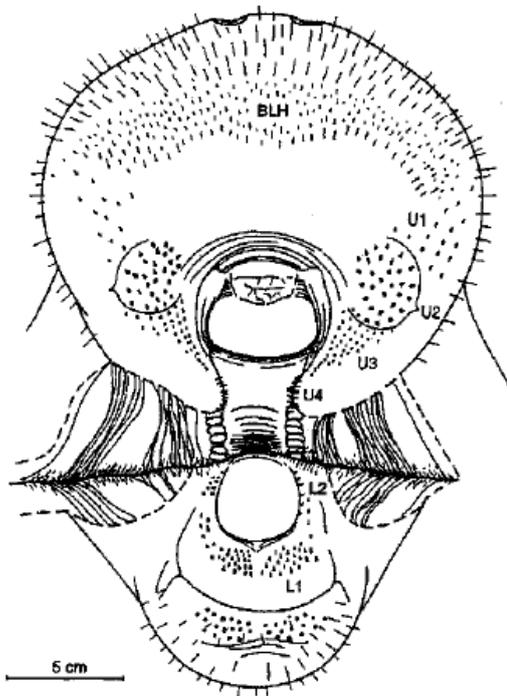


Figura 10. Apparato orale di lamantino, in evidenza gruppi di setole sul labbro superiore (U1-U4), sul labbro inferiore (L1-L2) e peli più fini (BLH) presenti nel disco orale.

I cuccioli di questa specie si alimentano principalmente di latte materno e solo raramente mangiano la vegetazione, come alghe e piante, il periodo di cure parentali e di allattamento dura circa dagli uno ai due anni (Powell, 2002). Il latte di *Trichechus manatus* contiene più grassi, sali e proteine rispetto al latte di mucca e soprattutto

non contiene lattosio (Brook van Meter, 1989). Quando i piccoli si alimentano di vegetali, lo fanno per periodi più brevi e meno intensamente degli adulti, in molti casi devono aspettare che la propria madre finisca di alimentarsi (Hartman, 1979).

#### **1.4.2 Riproduzione**

*Trichechus manatus* ha una sex ratio di 1:1 e presenta un basso tasso riproduttivo; i maschi raggiungono la maturità sessuale tra i due ed i tre anni (Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969; Brook van Meter, 1989), mentre le femmine la raggiungono tra i tre e i quattro anni (Powell, 2002). Le femmine possono partorire già a quattro cinque anni di età, ma difficilmente riusciranno ad accudire il piccolo a quest'età (Hartman, 1979; Reeves et al., 1992). Riusciranno a portare a termine una gravidanza con successo e a crescere il proprio cucciolo ad un'età compresa tra i sei e dieci anni (Brook van Meter, 1989).

L'accoppiamento degli esemplari si può osservare in natura durante tutte le stagioni e non vi sono stagioni per il parto ben definite (Reeves et al., 1992). Al tempo stesso sono stati osservati picchi nella produzione di sperma principalmente da marzo a novembre; solo il 20% degli adulti mostravano una produzione di sperma tra dicembre e febbraio (Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969).

In Florida il parto e lo svezzamento sono stati osservati principalmente in primavera quando le condizioni energeticamente sfavorevoli dei mesi freddi non sono presenti. Con questa strategia riproduttiva le femmine possono evitare che lo stress energetico causato dal parto avvenga in periodi invernali con carenza di cibo e acque fredde (Powell, 2002).

*Trichechus manatus* si riproduce molto lentamente e per questo deve mantenere un alto tasso di sopravvivenza della prole. Il periodo di gestazione dei lamantini è di 12-13 mesi e le femmine solitamente partoriscono un solo piccolo per ogni gestazione. L'intervallo nella femmina tra due gestazioni può variare dai due ai cinque anni, nel caso in cui il cucciolo muoia nei primi mesi la femmina può avere una nuova gestazione quando non sono ancora trascorsi due anni da quella precedente. Se si considera un intervallo medio tra le gestazioni di 3 anni, ed una fase riproduttiva della femmina di 36 anni, si può dedurre che ogni femmina di *Trichechus manatus* può partorire circa 12 piccoli durante il suo ciclo vitale (Brook van Meter, 1989).

I neonati di *Trichechus manatus* possono misurare da 1,2-1,4 metri e pesare fino a 30kg (Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969), nuotano muovendo esclusivamente gli arti anteriori ed apprendono l'utilizzo della coda come strumento per la locomozione solo nei giorni successivi

alla nascita. L'allattamento avviene in acqua quando la madre rimane ferma in superficie o sul fondo ed il piccolo afferra le mammelle e si alimenta per più di due minuti. I piccoli iniziano a nutrirsi della vegetazione alcune settimane dopo la nascita, alternando l'allattamento al grazing fino alla completa maturazione, diventando così sempre meno dipendenti dal latte materno.



**Figura 11. Allattamento di un cucciolo di *Trichechus manatus***

I cuccioli continuano ad essere dipendenti dalla madre per più di due anni e possono rimanere in contatto con la madre anche per lunghi periodi finito lo svezzamento. Questo permette di incrementare il tasso di sopravvivenza poiché il piccolo apprende i percorsi migratori, la localizzazione delle risorse alimentari e i rifugi invernali (Powell, 2002; Nabor and Patton 1989). Nel caso in cui un piccolo rimanga orfano di madre, è stato osservato che un'altra

femmina può prendersene cura fino all'età adulta (Hartman, 1979).

### **1.4.3 Comportamento**

Il comportamento dei lamantini può essere suddiviso in 3 grandi categorie che si possono riassumere in Attività, Inattività e Alimentazione. Durante le fasi di Attività questi animali possono avere comportamenti aggressivi, respirare, avere contatti con altri individui, immergersi, nuotare e molti altri. I comportamenti di riposo sul fondo ed in superficie rientrano nella categoria di Inattività. Infine tutti i comportamenti di alimentazione si inseriscono nella categoria Alimentazione (Horikoshi-Beckeett and Schulte, 2006).

*Trichechus manatus* ha un comportamento generalmente variabile. Si possono osservare fasi di alimentazione, riposo, nuoto e socializzazione che non mostrano sostanziali differenze dal giorno alla notte. Le fasi di alimentazione avvengono in periodi con una durata di 1-2 ore per un totale di 6-8 ore giornaliere. I comportamenti di socializzazione dei lamantini sono molto variabili, ma risultano essere più concentrati nei periodi invernali quando gli animali si ritrovano in grandi gruppi nelle zone di rifugio con acque più calde. In generale *Trichechus*

*manatus* spende la maggior parte della propria giornata alla ricerca di cibo.

In *Trichechus manatus* si riscontrano due tipiche posizioni di riposo, o sospeso a pelo d'acqua o sdraiato sul fondale. In entrambi i casi gli animali si trovano in uno stato di sonnolenza con gli occhi chiusi ed il corpo immobile. Quando si riposano questi animali possono essere soggetti alla deriva in quanto mantengono completamente inerme il loro corpo alla corrente e agli spostamenti. Per questo motivo in condizioni di acque turbolente tenderanno a riposarsi sul fondo, anziché in superficie, dove il moto turbolento ha minore intensità. Quando *Trichechus manatus* riposa sul fondo solitamente rimane sdraiato appoggiando sul fondale il muso, il ventre e la coda; le pinne vengono solitamente tenute lungo i fianchi o piegato sotto al petto dell'animale. Non sono state riscontrate in natura preferenze sui luoghi di riposo di questi animali che possono riposarsi su diversi tipi di sub-strati inclusi sabbia, fanghi, pietrisco e distese di vegetali (Hartman, 1979).

I lamantini aprono le proprie narici solo per pochi secondi per respirare, nel momento esatto in cui raggiungono la superficie e altrettanto precisamente le richiudono nel momento in cui tornano ad immergerle. Quando vengono disturbati durante questa attività, i lamantini

interrompono la sequenza respiratoria e si spostano, apparentemente senza aver riempito di aria i propri polmoni. Dopo di che tornano in superficie dopo breve tempo per completare la sequenza respiratoria (Hartman, 1979). Un esemplare adulto di *Trichechus manatus* è in grado di sostituire il 90% dell'aria presenti nei propri polmoni con ogni respiro (Powell, 2002; Waller et al., 1996). Per un lamantino adulto la durata media di un atto respiratorio è di 3.8 secondi, mentre per i piccoli è di 2.5 secondi. Gli adulti possono effettuare apnee anche di 16-18 minuti, i piccoli invece al massimo per 4.5 minuti. Questi animali tendono ad avere immersioni che in media durano dai due ai tre minuti, che possono aumentare quando l'animale si riposa e diminuire quando è in attività (Powell, 2002).

La stabilizzazione in acqua dei lamantini dipende dalla forma allungata del corpo, dalla posizione dorsale dei polmoni e dalle pesanti ossa, che permettono a questo animale di avere un assetto neutrale di galleggiamento nella colonna d'acqua. La maggior parte delle attività di nuoto dei lamantini sono compiute solamente da ondulazioni dorso-ventrali del corpo e della coda, che funge anche da timone. Sono in grado di sterzare, ruotare e direzionarsi con un semplice movimento della coda. Gli arti anteriori sono utilizzati principalmente per curvare, ma possono essere impiegati anche per compiere movimenti più precisi

come correzioni della rotta, per stabilizzare l'assetto, per orientarsi e afferrare il cibo durante l'alimentazione. Durante i momenti di riposo o alimentazione sul fondo i lamantini utilizzano queste pinne come unica risorsa di movimento e per bilanciarsi; sono stati osservati mentre "camminano" lungo il fondo spingendosi alternativamente con le due pinne (Hartmann, 1979; Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969). Il nuoto di *Trichechus manatus* viene generato principalmente da movimenti della coda che viene spinta verso l'alto e verso il basso da potenti colpi. Quando cambiano la direzione durante il movimento la coda agisce come un timone ruotando orizzontalmente sul suo asse, le pinne vengono invece utilizzate per rallentare e aiutarsi nei cambiamenti di direzione. Durante il nuoto veloce gli arti anteriori vengono tenuti raccolti ai lati del corpo per migliorare l'idrodinamicità (Waller et al., 1996). La velocità del nuoto di questi animali dipende strettamente dall'attività che stanno svolgendo, con un range che va dai 2 ai 25 km/h. Normalmente mantengono una velocità di 2-3 km/h nel nuoto, durante gli spostamenti arrivano ad avere velocità di 5-10 km/h e in caso di pericolo o paura possono arrivare ai 20-25 km/h. Gli scatti compiuti da questa specie in caso di paura o pericolo sono di breve durata, mediamente dai 20 ai 30 metri e non superano mai i 100 metri (Hartmann, 1979; Reeves et al., 1992).

I lamantini non hanno predatori naturali, ma tutti i membri all'ordine dei Sireni sono stati cacciati come fonte di cibo da molte popolazioni, specialmente nell'emisfero meridionale; tutt'ora rimane presente il rischio di bracconaggio e di caccia per la sussistenza in alcune zone di questo emisfero (IUCN, 1986; Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969). In parte la caccia di questi animali è anche dovuta alle credenze e alle leggende popolari e dei marinai, che hanno sempre identificato in questi animali la figura mitologica della sirena. Queste leggende e le credenze popolari hanno portato ad una caccia non legata esclusivamente ai bisogni alimentari di quelle popolazioni.

*Trichechus manatus* vive in gruppi sociali con scarsa associazione, con le maggiori interazioni sociali che avvengono solo durante l'accoppiamento (Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969). Sono stati osservati gruppi molto numerosi, soprattutto nelle vicinanze dei siti invernali con acque calde. Ma nella maggior parte dei casi gli esemplari di questa specie vivono solitari o in piccoli gruppi effimeri. I lamantini sono attratti dalle acque dolci, da zone con abbondanti risorse alimentari, da aree favorevoli per il riposo e con poco disturbo da parte dell'uomo; possono quindi trovarsi densità maggiori di individui vicino a queste risorse condivise. Il più forte legame sociale in questa specie si sviluppa tra la madre e

il suo cucciolo durante tutto il periodo di crescita, non si nota però nessun tipo di unità familiare tra la femmina, il maschio e il loro piccolo (Powell,2002).

#### **1.4.4 Comunicazione**

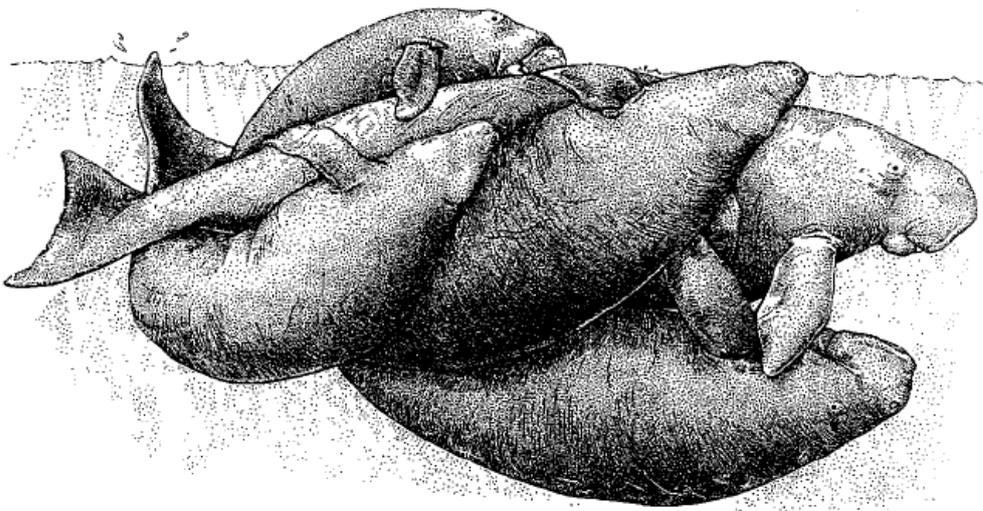
Gli esemplari di *Trichechus manatus* comunicano attraverso la produzione di suoni, la vista, il gusto e il tatto. Nonostante la mancanza di un orecchio esterno e le piccole dimensioni delle aperture uditive, questi animali hanno un notevole udito. Alcuni studi suggeriscono che i lamantini sono in grado di udire suoni troppo bassi per essere recepiti dall'orecchio umano. Le madri sono in grado di rispondere ai segnali emessi dai propri cucciolo a più di 60 metri di distanza, e gli adulti sono stati osservati mentre rispondono a segnali prodotti a più di 50 metri di distanza (Hartman, 1979; Brook van Meter, 1989). I lamantini emettono una varietà di segnali che sotto l'acqua non sono udibili dall'orecchio umano. Questi segnali vengono utilizzati per la comunicazione e non vi sono prove che vengano utilizzati per l'ecolocalizzazione o per la navigazione.

I vocalizzi giocano un ruolo fondamentale nel mantenere i contatti tra gli adulti e tra le madri e i loro piccoli; vengono utilizzati per mantenere i contatti durante l'alimentazione e gli spostamenti soprattutto nelle acque

torbide. In natura sono state riscontrate rapidi segnali quando un gruppo scappa da un'area, o quando arriva un nuovo esemplare. Le informazioni di questi segnali sono trasmesse variando il tono, il volume e la durata dei segnali (Brook van Meter, 1989; Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, 1969).

Le uniche associazioni in gruppi di *Trichechus manatus* si hanno nei periodi riproduttivi composti da una femmina in estro e da un numero variabile di maschi. In questi gruppi, che possono durare anche per settimane, possono essere presenti 20 o più maschi per ogni singola femmina; la composizione di questi gruppi è variabile e non tutti i maschi rimangono nel gruppo per l'intero periodo. Sono stati osservati atteggiamenti di pseudo-omosessualità negli esemplari maschi in natura. Questi comportamenti comprendono forti interazioni fisiche con frequenti strofinamenti oro-genitali, ano-genitali, e genitali-genitali; tutti questi atteggiamenti fanno parte di "giochi-combattimenti" che servono per creare una sorta di gerarchia nei gruppi riproduttivi e durante l'accesso alle risorse alimentari. Viene così a formarsi una sorta di gerarchia nei gruppi di accoppiamento in cui i maschi che risulta essere più deboli sessualmente, dopo essersi confrontati con gli altri maschi, lasciano questi gruppi; in questo modo si va a definire quali individui possono

fare parte del gruppo e quali avranno maggiori vantaggi per il successivo accoppiamento. Questi fattori portano quindi ad avere gruppi con un numero sempre variabile di individui, ed individui sempre diversi. Questi gruppi di accoppiamento sono in costante movimento con la femmine che cerca di eludere i vari pretendenti del gruppo, i maschi cercano in ogni modo di persuaderla nuotando sotto di essa, girandola con la forza e spingendola per avere una posizione di vantaggio durante l'accoppiamento recettivo a tutti gli effetti.



**Figura 12. Rappresentazione della fase di accoppiamento**

Quindi si avranno continui gruppi di maschi che contemporaneamente si avvicinano e avvinghiano alla femmina e tentano di rimanere nella posizione più vantaggiosa per la copula; la femmina dopo settimane di inseguimenti permetterà ai maschi ancora presenti nel gruppo di

accoppiarsi con lei. A questo punto la femmina si posizionerà vicino alla superficie e permetterà al maschio di posizionarsi sotto di lei; il maschio nuoterà sotto la femmina solitamente morderà la zona dei genitali femminili, ed a quel punto con il pene estroflesso procederà alla copula. Durante questa fase gli altri maschi morderanno e abbracceranno la femmina su tutti i lati per trattenerla in quella posizione; così facendo ogni maschio procederà ad accoppiarsi con la femmina dopo gli altri, con intervalli inferiori al minuto. Questi accoppiamenti multipli permettono un maggior successo riproduttivo in questa specie, ma al contempo rendono necessari test genetici per identificare la paternità di ogni cucciolo.

## **2. MATERIALI E METODI**

Questo studio è stato svolto presso l'Acquario di Genova, dove da circa due anni sono ospitati due esemplari di *Trichechus manatus* arrivati dallo Zoo di Norimberga. Questa struttura considerando l'elevato numero di specie presenti, la grandezza delle zone espositive e il numero di affluenze annuali, ricopre un ruolo molto importante a livello Europeo nell'educazione, nella ricerca e nella salvaguardia dell'ambiente marino e di numerose specie animali. Per effettuare questo tipo di ricerca si è deciso di svolgere un periodo di osservazioni preliminari. In questo periodo si sono volute contemporaneamente osservazioni dirette dei comportamenti e registrazioni acustiche dei segnali emessi in vasca. Grazie a questa fase preliminare sono state create le varie categorie comportamentali ed acustiche che saranno utilizzate durante l'analisi dei dati. In seguito sono stati effettuati turni per la raccolta dati vera e propria che hanno permesso di monitorare i comportamenti e i segnali di nostro interesse.

### **2.1 La vasca**

All'interno dell'Acquario di Genova, i due esemplari vivono in una vasca riservata esclusivamente a loro, nella quale sono state ricreate le caratteristiche chimico-fisiche del loro ambiente naturale. La vasca ha forma rettangolare con

una lunghezza di 15,5 metri una larghezza di 14,90 metri ed una profondità dell'acqua di 3 metri. Al suo interno gli allestimenti rocciosi sono costituiti da cemento armato, cemento riportato e vetroresina. Il fondo è costruito in cemento riportato, modellato per riprodurre un fondale sabbioso. Le pareti laterali costruite in cemento sono state ricoperte da specchi, mentre il lato da cui il pubblico osserva la vasca è in metacrilato. Nella parte superiore è presente un'area asciutta di 47 m<sup>2</sup>, che facilita le operazioni di manutenzione in vasca, le sessioni di addestramento e l'alimentazione degli animali. La vasca ha un volume complessivo di 550 m<sup>3</sup>, con una superficie di 75 m<sup>2</sup>, il sistema di filtrazione utilizzato in questa vasca è del tipo 4-10 FT DIA SAND 200m<sup>3</sup> per filtro. Questo permette un ricircolo dell'acqua che viene trattata con ozono, in 50 minuti. Per mantenere un ambiente sano, un sub 2-3 volte effettua lavori di pulizia e manutenzione all'interno della vasca. Vengono asportati i residui alimentari che non sono stati trattenuti dal sistema di filtraggio e si accumulano sul fondo e tra le rocce. La temperatura dell'aria è mantenuta tra i 25-27°C, mentre quella dell'acqua tra i 26-28°C; i valori degli ORP in vasca sono compresi tra 350-450 mV e quelli in torre tra i 500-600mV. Nella tabella 1 sottostante, sono riportati i principali valori monitorati quotidianamente in vasca

<b>(0 ppt)</b>	<b>&lt;0,1 (ppm)</b>	<b>&lt;1 (ppm)</b>	<b>&lt;200 (ppm)</b>	<b>&lt;15 (ppm)</b>	<b>&lt;10 (°d)</b>	<b>&lt;200 (ppm)</b>	<b>&lt;6 mg/l</b>	<b>&lt;2000</b>	<b>&lt;100</b>
<b>Sal.</b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>N-NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	<b>KH</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>COT</b>	<b>COF</b>

Tabella 1. Principali valori rilevati in vasca

## 2.2 Gli esemplari

Presso l'Acquario di Genova vivono due esemplari maschi di *Trichechus manatus*, nati e cresciuti in ambiente controllato presso lo Zoo di Norimberga. I due esemplari sono stati chiamati Pepe e Husar, ed hanno rispettivamente 12 e 7 anni. Misurano circa 3 metri di lunghezza e pesano più di 300kg, ma il loro peso dal momento dell'arrivo in Acquario è in costante aumento. Questi esemplari vivono dal momento della nascita in un ambiente controllato e sono sempre stati mantenuti in acqua dolce presso tutte le strutture che li hanno ospitati. Per quanto riguarda le loro abitudini alimentari, risultano essere naturalmente

dipendenti dall'uomo quindi il loro comportamento è influenzato in parte da questi fattori. Durante le osservazioni di questo caso studio, gli esemplari sono stati alimentati nell'arco di tutta la giornata in 3-4 pasti principali cercando di lasciare sempre del cibo all'interno della vasca. Ogni giorno vengono dati circa 70kg di vegetali divisi nei vari pasti principali, che vengono lasciati all'interno della vasca fino al giorno successivo. Ogni mattina ripulendo i filtri e retinando i residui superficiali viene raccolto il disavanzo, viene quindi calcolata l'effettiva quantità ingerita dagli animali e l'apporto calorico giornaliero che risulta essere in media di 13300 Kcal giornaliero. La dieta di questi esemplari è composta da diversi tipi di vegetali che variano anche nell'arco delle settimane.

<b>Insalata</b>	<b>Melanzane</b>	<b>Spinaci o Biete</b>
<b>70%</b>	<b>15%</b>	<b>15%</b>

Ogni tipo di alimento prima di essere immesso in vasca, viene accuratamente lavato e trattato, per eliminare ogni traccia di sporcizia, inquinanti o parassiti che vi si potrebbero nascondere. Nei periodi in cui sono state effettuate le osservazioni, gli animali effettuavano sessioni di addestramento al protocollo veterinario, per

poter effettuare prelievi e rilevazioni bio-mediche che aiutino a monitorare lo stato di salute e stress degli esemplari. Durante queste sessioni come ricompensa sono state date agli animali delle piccole pannocchie di mais.

### **2.3 Strumenti per la raccolta dati**

Considerando gli obbiettivi che ci siamo posti per questo studio, inizialmente si è dovuto stabilire come procedere con la raccolta dei dati, su quanti giorni effettuare le osservazioni e che strumenti utilizzare per questa. Inizialmente con una serie di osservazioni preliminari ho potuto studiare i comportamenti di questi esemplari, andando poi a identificare varie categorie comportamentali. Attraverso queste categorie è stata poi effettuata la raccolta dati; l'incidenza e le caratteristiche di ogni categoria saranno esplicate nel capitolo dei risultati. Procedendo così con la fase di raccolta dati, si è deciso di suddividere ogni giorno in 6 fasce orarie di 4 ore ciascuna.

Mattino	Pomeriggio	T-Pome	Sera	Notte	P-Matt
9-13	13-17	17-21	21-1	1-5	5-9

È stato quindi creato un calendario per i turni di osservazione, in modo tale che per ogni giorno venissero

rilevate 2 fasce orarie. Così facendo nell'arco di tre giorni si sono osservate le 24ore che fanno parte della nostra "giornata tipo" per un totale di 8 giornate. Con questo calendario è stata quindi svolta la raccolta dati, osservando direttamente i comportamenti minuti per minuto ed effettuando nel frattempo registrazioni acustiche in vasca. Per i dati comportamentali sono state costruite apposite tabelle nelle quali collocare il comportamento di ogni soggetto in ogni minuto di osservazione, a seconda delle varie categorie identificate. Per effettuare le registrazioni acustiche, è stato installato all'interno della vasca un cilindro cavo lungo circa 2 metri con un diametro di 20 centimetri, di materiale resistente all'acqua. Sul fondo del tubo sono stati praticati dei fori laterali per limitare la resistenza del materiale al passaggio dei segnali acustici. Un idrofono è stato calato e fissato all'interno del tubo fino all'altezza dei fori laterali sul fondo. L'idrofono è stato collegato con una prolunga formata da un cavo audio, ad un computer con il quale attraverso un software adatto a questo tipo di registrazioni, Audacity 1.3 beta, sono stati registrati tutti i segnali ed ogni suono emesso all'interno della vasca. Le registrazioni sono state eseguite in mono con un range di frequenza dai 100Hz ai 22kHz.

## **2.4 Strumenti per l'elaborazione**

I dati comportamentali raccolti come descritto nei paragrafi precedenti, sono stati riportati su tabelle Excel, riportando una tabella per ogni ora e per ogni animale. Per ogni giornata e per ogni fascia oraria, sono poi stati conteggiati il totale dei minuti impiegati in ogni attività dai due lamantini. I dati acustici invece sono stati analizzati con Adobe Audition 3.0 un software perfetto per l'analisi degli spettrogrammi dei segnali acustici. I dati registrati come "forme d'onda" sono stati convertiti da questo programma, in frequenze spettrali in bianco e nero, con una finestra Blackmann Harris con una risoluzione di 512bit ed un intervallo di 132dB. In questo modo il programma restituisce un'immagine spettrale della registrazione effettuata, che con gli opportuni ingrandimenti permette di visualizzare, oltre che di ascoltare, tutto quello che viene registrato. La successiva analisi dei dati, permetterà di visualizzare ed ascoltare i vari segnali prodotti e di raggrupparli, anche in base alle conoscenze bibliografiche, in diverse tipologie. Anche in questo caso con l'utilizzo di tabelle Excel sono poi stati effettuati conteggi relativi alle quantità totali e relative delle varie tipologie di segnali. Con l'utilizzo di Adobe Audition 3.0 per la creazione delle frequenze spettrali si sono potute evidenziare le caratteristiche dei

vari segnali con le quali si sono stabiliti i criteri per la creazione delle varie categorie di segnali acustici.

### **3. ANALISI DATI**

#### **3.1 Comportamentali**

Utilizzando le tabelle e gli strumenti precedentemente riportati, si è proceduto con l'analisi dei dati comportamentali per poter evidenziare le abitudini comportamentali dei due esemplari di *Trichechus manatus* studiati in questo progetto. Per fare questo, in ogni tabella oraria compilata durante l'intero periodo di osservazione, sono stati conteggiati i minuti spesi dai due soggetti per ogni categoria comportamentale. Sono poi stati calcolati i minuti effettivi dei vari comportamenti per ogni fascia oraria, sommando le varie fasce si è ottenuta la stima dei minuti giornalieri spesi in ogni comportamento. Questi calcoli, sono stati effettuati per tutte le otto "giornate tipo" in modo da poter effettuare un confronto tra eventuali differenze presenti nei vari giorni, e per poter calcolare una media complessiva dei minuti spesi. Per ogni giorno sono stati costruiti un grafico con le percentuali di minuti spesi in ogni comportamento, ed uno riguardante l'andamento dei pattern comportamentali nelle varie fasce orarie. Risulta necessario, per ottenere una visione d'insieme sulle abitudini di questi esemplari, la costruzione della "giornata tipo", che sarà costituita dalla media dei minuti spesi nell'arco degli otto giorni di osservazione. Per

questo ho calcolato la media dei minuti spesi in ogni attività per le varie fasce orarie degli otto giorni. Avendo a che fare con due esemplari di *Trichechus manatus*, con diversa età e abitudini, questi calcoli sono stati effettuati per le tabelle di entrambi gli individui, in questo modo da poter evidenziare eventuali differenze nelle abitudini comportamentali e nei momenti della giornata in cui questi vengono riscontrati.

### **3.2 Dati acustici**

Per l'analisi dei dati acustici abbiamo proceduto all'ascolto ed alla visualizzazione dell'immagine spettrale di tutte le 188 ore di registrazione, andando ogniqualvolta veniva identificato un segnale, ad attribuirlo alle varie categorie acustiche identificate. Una volta capita la categoria di appartenenza di un segnale, questa è stata annotata nel minuto esatto in cui il segnale è stato emesso. In questo modo, una volta terminata l'analisi delle registrazioni, è bastato conteggiare alla fine di ogni ora, di ogni giorno e sul totale delle giornate, il numero di ogni segnale emesso. Questo permetterà di avere il conteggio totale del numero di segnali emessi e una stima delle frequenze relative di ogni categoria. Durante l'analisi delle registrazioni acustiche si sono evidenziati segnali molto ravvicinati nel tempo, denominati da qui in avanti Segnali Accoppiati. Questi, oltre ad essere inseriti

nelle rispettive categorie di appartenenza, sono stati considerati in una categoria a parte per poter evidenziare la possibilità di una sorta di "dialogo" tra i due esemplari. Trovandoci ad analizzare i segnali emessi da due animali con caratteristiche praticamente identiche, è risultato impossibile attribuire con certezza la produzione di un segnale all'uno o all'altro di conseguenza tutte le considerazioni fatte terranno conto di questa premessa. Già a questo punto della ricerca ci si è resi conto che durante determinati comportamenti l'emissione di segnali è nettamente minore rispetto ad altri; quando entrambi gli esemplari mangiano contemporaneamente o riposano contemporaneamente la produzione acustica è praticamente assente, mentre quando entrambi o almeno uno dei due ha un comportamento che rientra nella categoria Swimming, vi è una maggiore produzione acustica. Per questo motivo nella fase successiva è stata effettuata una comparazione approfondita dei segnali acustici rispetto a questo determinato comportamento.

## **4. RISULTATI**

Procedendo come descritto nei capitoli precedenti all'elaborazione ed alla analisi dei dati, sono stati riscontrati risultati interessanti sia nella definizione della "giornata tipo" che nella tipicizzazione e contestualizzazione dei segnali acustici.

### **4.1 Risultati Comportamentali**

In seguito alle osservazioni preliminari sono state definite 6 categorie comportamentali alle quali sono stati attribuiti tutti i comportamenti osservati.

- **Resting**
- **Feeding**
- **Swimming**
- **Social interaction**
- **Sexual interaction**
- **Training**

Qui di seguito saranno presi in considerazione i vari patterns comportamentali e verranno chiariti i criteri di attribuzione di un comportamento ad una determinata categoria.

## Resting

In questa categoria rientrano tutti i comportamenti di riposo e inattività degli esemplari, dal sonno alla semplice immobilità sul fondale. Quando gli animali riposano sul fondale mantengono determinate posizioni solitamente completamente sdraiati sul fondale con gli arti anteriori raccolti sotto al corpo. Viste le piccole dimensioni degli occhi di *Trichechus manatus* non è quasi mai possibile capire quando l'animale li tenga aperti o chiusi. Per questo motivo differenziare i momenti di sonno completi da quelli di semplice riposo risulta impossibile.



**Figura 13. Tipica posizione di riposo degli esemplari**

Di conseguenza ogni volta che uno dei due soggetti mantiene un comportamento statico sul fondale, da pochi minuti a svariate ore, questo viene fatto rientrare in questa categoria di resting. Considerando le relativamente

brevi capacità di apnea di questa specie, quando i soggetti in fase di resting sul fondo, risalgono per respirare, vengono comunque considerati in un atteggiamento che rientra in questa categoria.

### Feeding

In questa categoria rientrano tutti i comportamenti di alimentazione dei due esemplari. Considerando le condizioni di mantenimento in questa struttura, dove il cibo viene posizionato e trattenuto nella stessa posizione nel dispenser di superficie, gli esemplari per la maggior parte della giornata non mostrano comportamenti di ricerca del cibo. Durante le ore notturno però, quando la quantità di cibo giornaliera presente nel dispenser è esaurita, i due soggetti ricercano i residui alimentari in superficie e sul fondale.



**Figura 14. Husar mentre si alimenta aiutandosi con gli arti anteriori  
a trattenere il cibo**

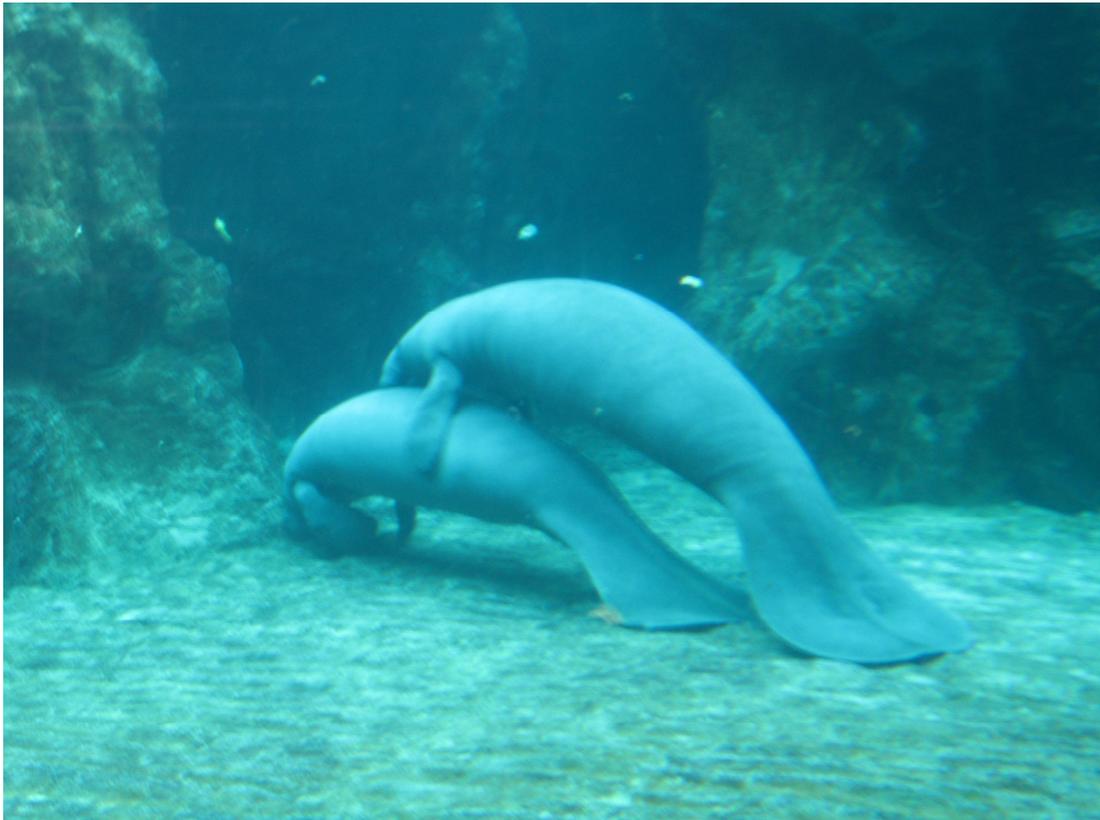
Un altro comportamento inserito in questa categoria è quello di selezione del cibo, vista le preferenze dimostrate dagli animali sono stati rilevati veri e propri comportamenti di cernita e ricerca di un alimento rispetto agli altri. Anche i rari atteggiamenti di coprofagia osservati nel periodo dello studio sono stati fatti rientrare in questa categoria di alimentazione più in generale.

## Swimming

In questa categoria rientrano tutti quei comportamenti di nuoto o comunque movimento dei due esemplari. Le principali modalità di movimento osservate sono due: il nuoto e gli spostamenti sul fondo della vasca. Durante il nuoto gli animali grazie alle potenti spinte della coda si muovono all'interno della vasca. Mentre in altri casi si spostano sul fondale poggiando e facendo leva alternatamente sugli arti anteriori. Come molti animali mantenuti in ambiente controllato, sia Pepe che Husar presentano un comportamento stereotipato facilmente identificabile in quanto: Pepe compie torsioni di 360° attorno al proprio asse durante il nuoto sempre attorno alla stessa struttura della vasca; mentre Husar nuota ad un ritmo regolare seguendo una traiettoria fissa. Considerando il tipo di comportamento stereotipato si è deciso di comprenderlo in questa categoria di Swimming. Quando l'animale passa da un comportamento di resting ad uno di feeding, il breve spazio percorso non viene considerato in questa categoria vista la chiara interpretazione del comportamento che rientra nelle fasi di alimentazione piuttosto che in quelle di moto. Per lo stesso motivo, come già descritto sopra, il moto degli atti respiratori non rientra in questo tipo di categoria.

## Social Interaction

Tutti i comportamenti sociali di Pepe ed Husar rientrano in questo pattern comportamentale. Come già esposto nell'introduzione, *Trichechus manatus* è un animale prettamente solitario in ambiente naturale, la convivenza in ambiente controllato tra due o più esemplari porta quindi ad un numero maggiore di interazioni tra i vari individui. Per questo sono numerosi i tipi di comportamenti osservati come spinte, abbracci e grooming che rientrano in questa categoria. Le spinte sono frequenti sia durante le fasi di alimentazione che durante quelle di nuoto. Il grooming, come in molte altre specie, è un comportamento sociale tipico nel quale un individuo ripulisce la pelle dell'altro dalle alghe e dalla pelle morta; per fare questo *Trichechus manatus* utilizza le setole presenti all'interno delle labbra.



**Figura 15. Fase di grooming nella quale Husar trattiene con gli arti Pepe mentre effettua la "pulizia" della zona dorsale**

Abbracciandosi durante questa fase gli animali sono facilitati nel mantenere la stabilità e nell'effettuare una pulizia reciproca più accurata. Sorge però un problema nel rilevare questi comportamenti che spesso risultano essere eventi puntiformi di breve durata. Per evitare una sovrastima di questi nel conteggio della "giornata tipo", vengono fatti rientrare come minuti spesi in questa categoria, solo quelli in cui per più della metà del minuto viene mantenuto uno dei comportamenti sopracitati.

## Sexual interaction

Le interazioni di tipo sessuale si differenziano dalle altre interazioni tra gli individui poiché risulta essere palese la componente sessuale di questi. Anche se gli individui studiati sono due maschi, come descritto nell'introduzione, in *Trichechus manatus* si osservano vari atteggiamenti pseudo-omosessuali. Contatti oro-genitali, ano-genitali e genitali-genitali si osservano anche in questi esemplari monitorati. Questi sono stati osservati per periodi più o meno lunghi nei quali sembra quasi di assistere ad un vero e proprio accoppiamento. Proprio come in natura, uno dei due soggetti abbracciando e nuotando sotto all'altro cerca di guadagnare la posizione migliore per la copula.



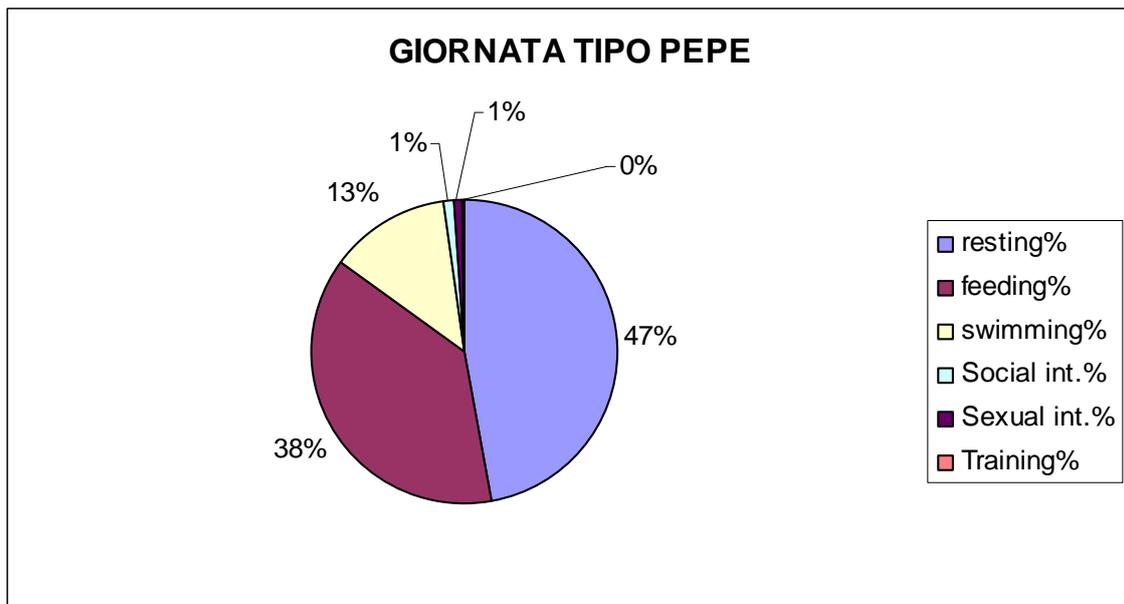
**Figura 16. Foto dei due esemplari durante un interazione sessuale**

In questo caso sono stati osservati tentativi di penetrazione anale, ma soprattutto atti in cui le fessure genitali dei due soggetti erano a stretto contatto e i due cercavano di estroflettere il pene in una sorta di prova di forza (Figura 16). Inoltre altri comportamenti che rientrano in questa categoria, sono quelli sessuali in cui non vi è una vera e propria interazione tra i due soggetti; sono stati osservati atti di masturbazione mediante oggetti o lo strofinamento del pene estroflesso sul fondale.

### Training

Qui rientrano i minuti utilizzati dai soggetti durante le fasi di addestramento da parte dell'uomo; come già detto questo addestramento è di tipo medico ed ha come obiettivo quello di mantenere l'animale vicino alla superficie per permettere controlli sulla salute dei soggetti ed effettuare eventuali prelievi di campioni. Durante queste fasi i soggetti oltre ad alimentarsi della ricompensa che viene data loro dagli addestratori, si muovono dalla superficie al fondo, intervallando questo a brevi momenti di nuoto nella vasca. Tutto questo periodo è stato considerato comunque facente parte questa categoria vista la chiara influenza umana sui comportamenti intrapresi in questi minuti di addestramento dai due animali.

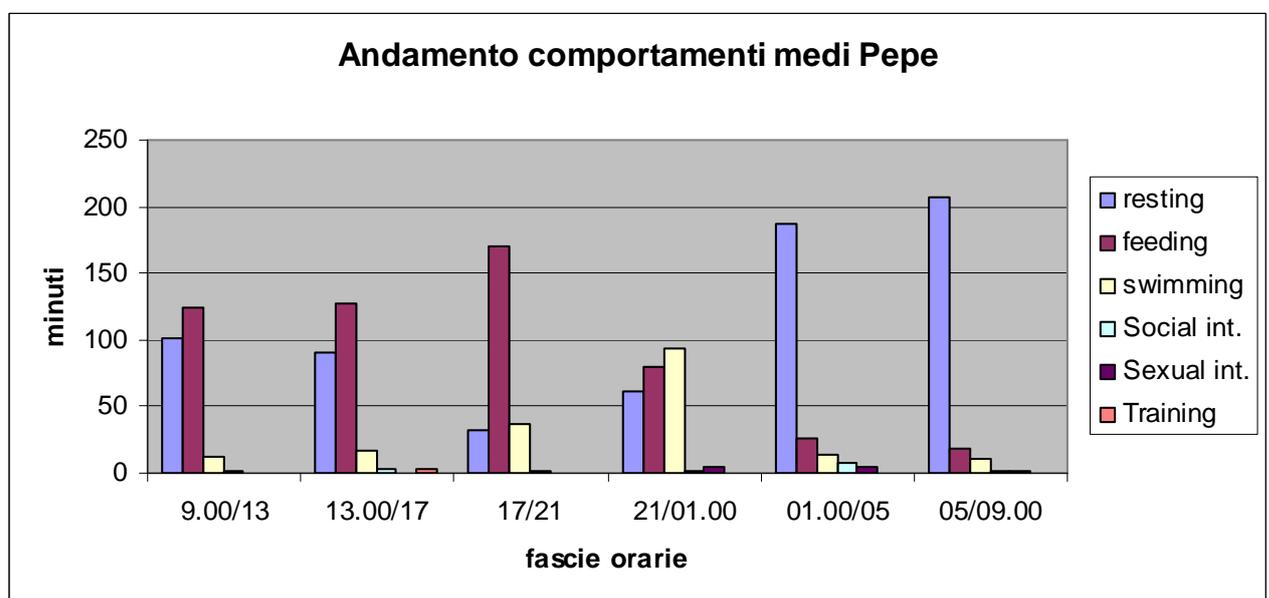
Con queste categorie comportamentali, rilevate e monitorate, sono state effettuate osservazioni comportamentali per 192 ore complessive. In questo modo si è potuti arrivare a descrivere le abitudini comportamentali dei due esemplari di *Trichechus manatus*. Per Pepe, come evidenziato nel grafico 1, si può notare come la sua "giornata tipo" sia dominata dai comportamenti di Resting che coprono il 47% della giornata con una media di minuti spesi per giorno di osservazione di 678,25.



**Grafico 1. Giornata media di Pepe**

I comportamenti di Feeding ricoprono il 38% della giornata con una media di 545 minuti per giorno di osservazione; mentre i comportamenti di Swimming solo per il 13% dei minuti di osservazione. Entrambi i tipi di interazione, sociale e sessuale, sono stati osservati solo nell'1% dei

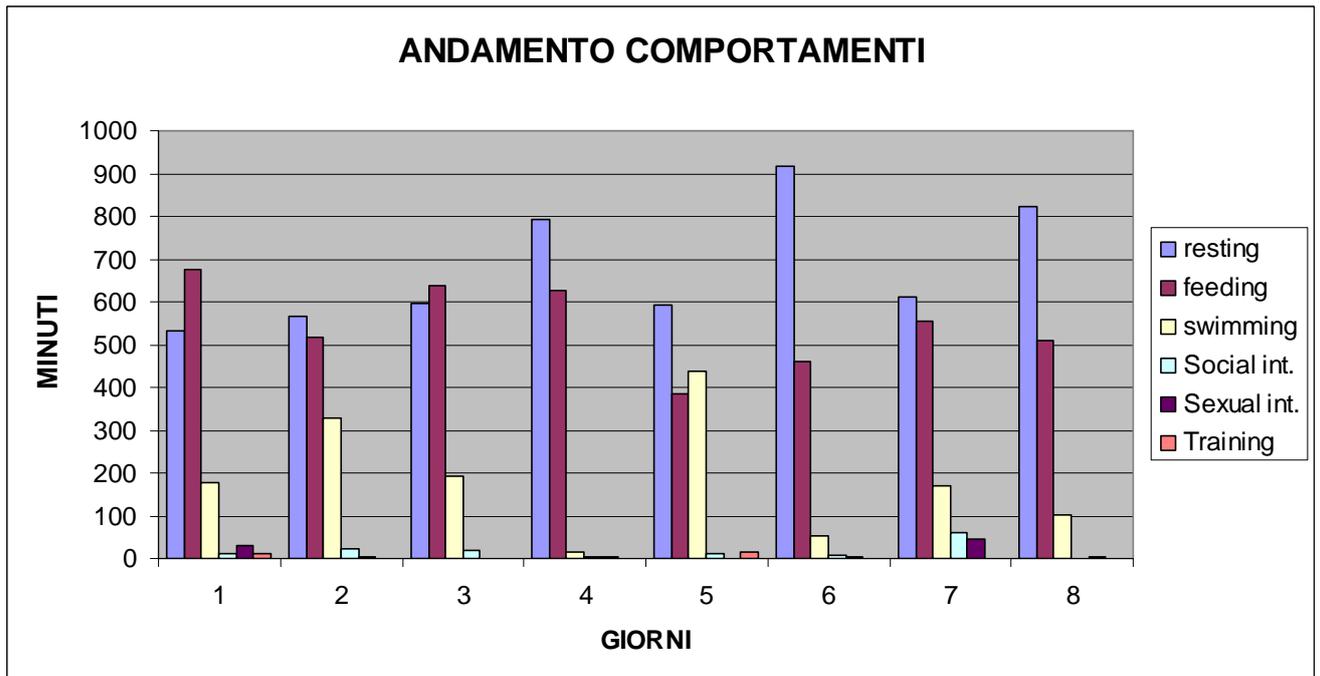
minuti totali, ed il Training, monitorato solo in 2 giornate di osservazione con una percentuale dello 0,2%. Grazie al tipo di osservazioni effettuate è stato anche possibile individuare l'andamento medio dei comportamenti di Pepe nell'arco della giornata. Come evidenziato nel grafico 2, i comportamenti di alimentazione di Pepe si concentrano principalmente dalle ore 9 alle ore 21 diminuendo gradualmente fino alla fine della giornata, ma rimanendo sempre presenti. I picchi maggiori di alimentazione si hanno dalle ore 17 alle 21 con una media di minuti spesi di 170 rispetto ai 240 minuti complessivi di quella fascia oraria.



**Grafico 2. Andamento comportamenti di Pepe nelle varie fasce orarie**

Si può notare come il Resting di Pepe occupi la quasi totalità dei minuti delle fasce notturne, in accordo con la

diminuzione quasi totale di ogni altra attività. Mentre la mattina riposa per circa la metà del tempo di osservazione, si nota un calo di questa attività dalle 17 alle 21 a vantaggio dell'alimentazione, per poi crescere dalle 21 all'1 fino a diventare predominante nelle ore notturne. I comportamenti di Swimming sono stati osservati con un andamento crescente nel corso della giornata, con un picco dalle ore 21 all'1 in cui comunque non superano il 50% dei minuti di osservazione, per poi diminuire drasticamente nelle ore notturne con valori medi tra i 10 ed i 14 minuti nell'arco dell'intera fascia oraria. Le interazioni sociali e sessuali occupano sempre una bassissima parte della giornata di Pepe, con quelle sessuali osservabili per lo più dalle 21 alle 5 del mattino e quelle sociali con un picco di 7 minuti medi dall'1 alle 5. Viene riscontrata anche una grande variabilità nelle varie giornate di osservazione, come evidenziato nel grafico 3, di Pepe.

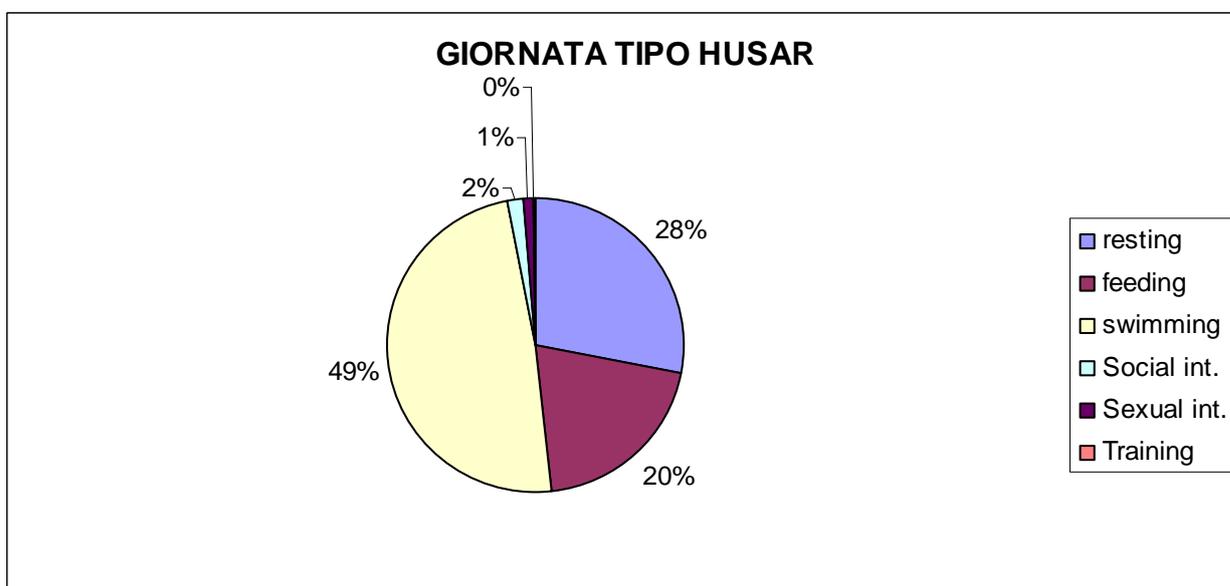


**Grafico 3. Comportamenti di Pepe nelle varie giornate di osservazione**

Vediamo come il riposo sia predominante in 6 giornate su otto e nelle altre due compaia comunque come una delle attività principali riscontrate. L'alimentazione rimane sempre presente con valori abbastanza simili in ogni giornata ad eccezione del giorno 5 in cui vediamo solo un 26% di tempo speso in alimentazione, in abbinato ad una crescita del nuoto che raggiunge il suo livello massimo del 30%. Swimming risulta essere il comportamento più altalenante nei vari giorni di osservazione fluttuando da un 1% al 30%. Anche le interazioni, che come già detto si riscontrano in percentuali medie molto basse, si sono osservate nelle varie giornate ma sempre con percentuali

inferiori all'1% e solo nel giorno 7 arrivano a percentuali attorno al 3-4%.

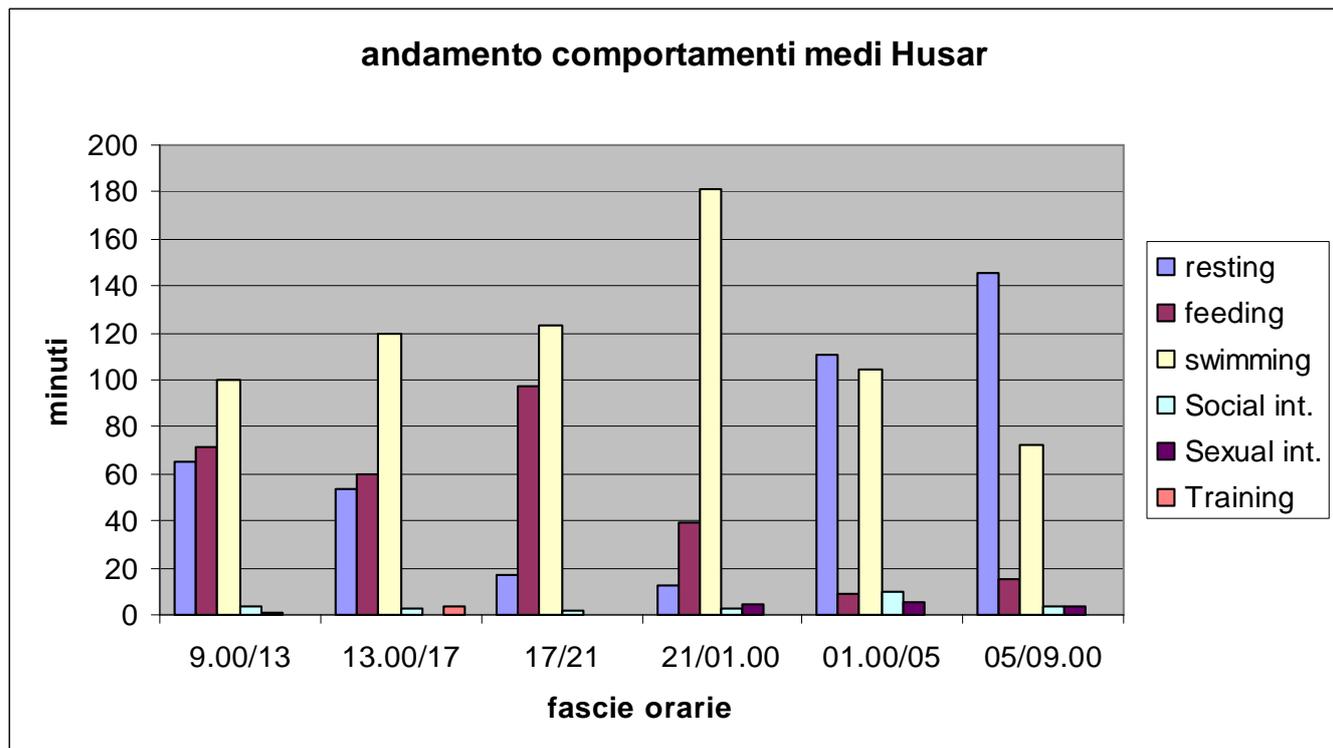
I risultati di Husar, risultano essere notevolmente diversi rispetto a quelli di Pepe, in quanto possiamo notare nel grafico 4 come il 49% della "giornata tipo" sia impiegato in comportamenti di Swimming con una media di 700 minuti spesi al giorno in queste attività.



**Grafico 4. Giornata media Husar**

Il riposo occupa il 28% della giornata e l'alimentazione "solo", se paragonata a quella di Pepe, il 20%; vi è quindi una netta differenza nelle giornate medie dei due esemplari. Anche le interazioni risultano essere leggermente superiori rispetto a quelle di Pepe, ma hanno sempre valori percentuali molto bassi compresi tra 1-2%. Naturalmente il Training, essendo effettuato allo stesso

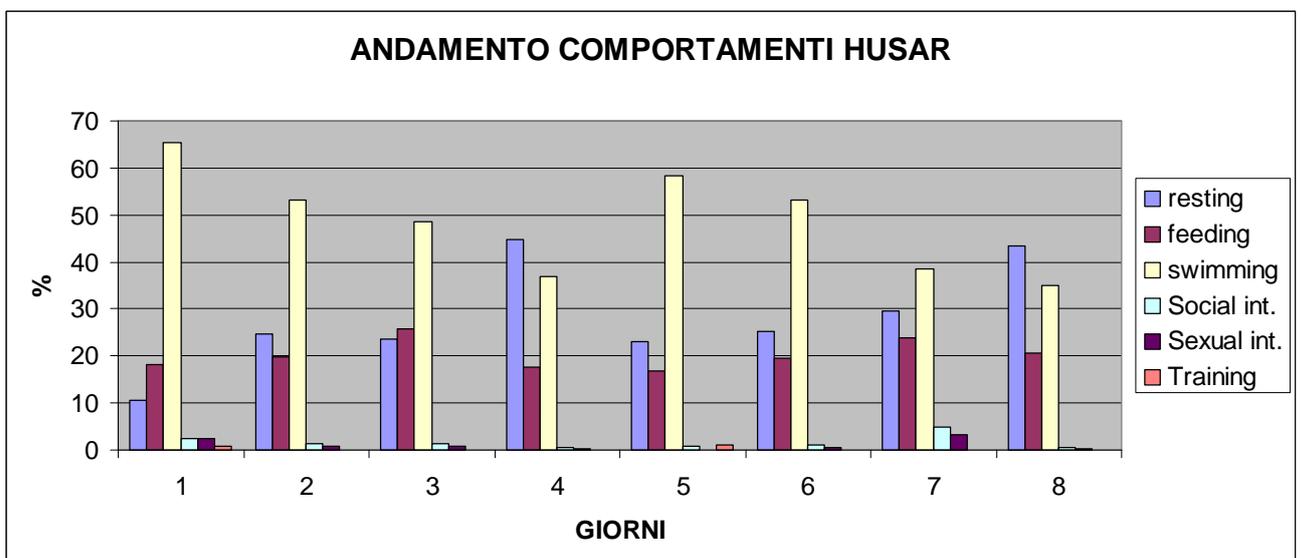
tempo su entrambi gli esemplari risulta avere gli stessi valori inferiori all'1%. Anche in questo caso si sono potuti osservare l'andamento medio dei comportamenti nelle varie fasce orarie come riportato nel grafico 5.



**Grafico 5. Andamento comportamenti di Husar nelle varie fasce orarie**

In questo caso si osserva come il nuoto sia sempre presente in ogni fascia oraria e risulta essere l'attività predominante dalle ore 9 all'1 con un andamento crescente ed un picco nella fascia oraria dalle 21 all'1, che poi diminuisce nelle ore notturne e viene superato, rimanendo comunque presente con alte percentuali, dal Resting. Questa categoria presente nelle ore del mattino e pomeriggio con percentuali dal 22% al 27%, diminuisce nelle serali con un

minimo del 5%, per poi aumentare in quelle notturne fino a diventare l'attività predominante. I comportamenti di alimentazione di Husar, risultano seguire la stessa dinamica di quelli di Pepe, concentrandosi principalmente nelle ore che vanno dalle 17 alle 21, considerando però che i minuti medi di Husar sono la metà di quelli di Pepe. Anche Husar si alimenta dalle 9 alle 17 con percentuali più o meno simili, mentre nelle ore notturne i valori diminuiscono proprio come per Pepe. In questo caso vediamo come i comportamenti sociali siano presenti nell'arco di tutta la giornata, sempre con basse percentuali, mentre quelli sessuali si concentrano dalle ore 21 alle ore 9. In questo caso notiamo sempre una variabilità tra i vari giorni di osservazione (Grafico 6) ma meno marcata rispetto a quella riscontrata in Pepe. Risulta evidente come rispetto a Pepe, l'alimentazione abbia percentuali simili nell'arco di tutte le giornate.



#### **Grafico 6. Comportamenti di Husar nelle varie giornate di osservazione**

Al tempo stesso il nuoto è l'attività predominante in 6 giornate su 8 e nelle altre due risulta comunque essere presente con percentuali tra il 36% e il 39%. Il riposo, presente in tutte le giornate monitorate, presenta una grande variabilità dal 10% del primo giorno al 44% del quarto giorno; risulta essere quasi sempre la seconda attività principale di Husar dopo il nuoto, ma quasi sempre più presente che l'alimentazione. I vari tipi di interazioni, sempre considerando la bassa percentuale in cui sono riscontrati, sono presenti nella totalità dei giorni di osservazione.

#### **4.2 Risultati acustici**

Passando adesso ad esporre i risultati delle registrazioni acustiche, bisogna ricordare le condizioni in cui queste sono state effettuate. Considerando la presenza di due esemplari nella vasca e l'impossibilità di effettuare registrazioni separate dei segnali emessi dai due individui, non si può arrivare ad attribuire con certezza la paternità di un segnale ad uno dei due animali. In questo senso quindi si dovrà tenere in considerazione che i segnali registrati sono stati emessi da due soggetti e quindi ogni tipo di risultato ottenuto riguarda entrambi i

soggetti dove non diversamente specificato. Nell'intero periodo di osservazione sono state eseguite registrazioni acustiche in vasca per un totale di 11280 minuti, nei quali sono stati registrati 9488 segnali con un numero medio di segnali al minuto di 0,84. Sono state create 10 categorie acustiche analizzando le seguenti caratteristiche: la lunghezza del segnale, la forma dello spettro e la frequenza di emissione. Le caratteristiche di ogni Tipo acustico sono riportate qui di seguito, mentre le immagini spettrali di ogni categoria sono riportate in Appendice 1.

- **Tipo A** (figura 17 App. 1) segnali con una lunghezza media di 0,32 secondi, ed una frequenza di emissione di 3000Hz, lo spettro di questi segnali è praticamente lineare presenta numerose armoniche fino ai 16000Hz, la caratteristica distintiva è la presenza di sub-armoniche che si distaccano dalle principali, creando un fischio molto caratteristico.
- **Tipo B** (figura 18 App. 1) presentano una lunghezza media di 0,19 secondi, anch'essi con frequenza di emissione di 3000Hz, presentano una immagine spettrale lineare poco marcata con una singola armonica localizzata attorno ai 10000Hz, sono segnali di bassissima intensità difficilmente udibili rispetto ai rumori di fondo.

- **Tipo C** (figura 19 App. 1) hanno una lunghezza variabile da 0,18 a 0,40 secondi, sono segnali il cui spettro è "divisi" in tre parti tutte lineari, quella iniziale di breve durata ed una frequenza di 4000Hz, la parte centrale è quella di maggiore durata con una frequenza di 3000Hz, ed una parte finale identica a quella iniziale con lunghezza praticamente identica e stessa frequenza. Lo spettro mostra la presenza di numerose armoniche che in questo caso possono arrivare oltre i 18000Hz; acusticamente è facile riconoscere questi segnali visto i chiari salti di frequenza che risultano essere anche udibili al primo ascolto.
  
- **Tipo D** (figura 20 App. 1) segnali con una lunghezza media di 0,32 secondi, hanno una rappresentazione spettrale lineare con frequenza di 3000Hz, caratteristica distintiva è la spaziatura presente sia acusticamente che spettralmente sul segnale principale, una sorta di pausa nel segnale che divide la prima parte più breve da una seconda più lunga. In questi segnali possono essere più o meno presenti delle armoniche fino ai 16000Hz.

- **Tipo E** (figura 21 App. 1) hanno una lunghezza media di 0,19 secondi, sono segnali con una lieve modulazione nella frequenza per cui anche lo spettro risulta essere modulato partendo da una frequenza si 3000Hz fino a superare i 4000Hz. Questi segnali possono presentare armoniche visibili fino ai 20000Hz e si riconoscono molto bene visto la chiara modulazione di frequenza che può essere facilmente udita.
  
- **Tipo F** (figura 22 App. 1) sono segnali ben distinguibili ma al tempo stesso con un'alta variabilità, hanno una lunghezza che varia da 0,18 a 0,35 secondi. Tutti i segnali che rientrano in questo tipo presentano un salto iniziale nella frequenza di emissione, il segnale parte lineare con frequenza di 3500Hz e dopo breve tempo ha un salto che lo porta sempre ad essere lineare ma ad una frequenza di 2800Hz. La durata del segnale e l'altezza, in termini di frequenza, del salto presentano variabilità ma vengono rappresentati tutti in questa categoria vista la chiara differenza rispetto al Tipo C, avendo frequenze diverse e non presentando il "salto" finale, e rispetto a tutti gli altri segnali.

- **Tipo G** (figura 23 App. 1) presentano una lunghezza media di emissione di 0,19 secondi ad una frequenza di poco inferiore ai 3000Hz, l'immagine spettrale è data da tre linee brevissime, quasi dei punti. I segnali di questo tipo acusticamente si discostano molto dai precedenti, sembrano essere una lieve vibrazione, quasi un trillo.
- **Tipo H** (figura 24 App. 1) con lunghezza media di 0,38 secondi, coprono una frequenza di 3000-3500Hz. Sono segnali vibrati non modulati, nel cui spettro appare una linea con vibrazioni di frequenza nel range definito; acusticamente sono nettamente diversi da ogni altro tipo di segnale sembrando dei fischi ben vibrati con una intensità ben marcata.
- **Tipo I** (figura 25 App. 1) presentano una lunghezza variabile da 0,3 a 0,4 secondi, con una frequenza di 3000Hz, l'immagine spettrale è lineare con la presenza di armoniche fino ai 18000Hz. Questi sono i segnali più lineari da ogni punto di vista ed in alcuni casi presentano nella parte iniziale un picco di intensità.

- **Tipo J** (figura 26 App. 1) in questi segnali con una lunghezza media di 0,28 secondi ed una frequenza di 3000Hz, risulta un'immagine spettrale lineare con un'interruzione esattamente a metà del segnale, che si riscontra anche in tutte le armoniche visibili che arrivano ad una frequenza di 18000Hz; sia visivamente che acusticamente sono ben distinti da tutti gli altri proprio per queste caratteristiche.

Con l'assegnazione di ogni segnale a queste categorie si sono quindi calcolati e riportati qui di seguito, il numero di segnali attribuiti ad ogni categoria.

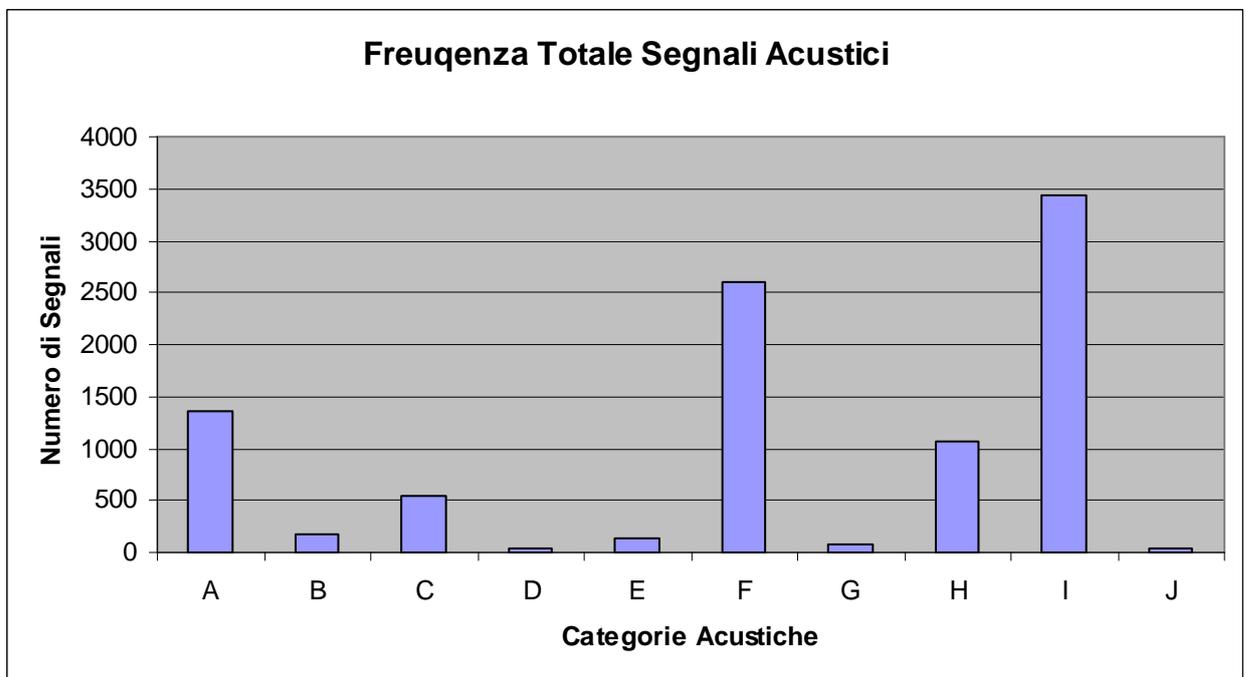


Grafico7. Numero di segnali delle varie categorie acustiche

La maggior parte dei segnali registrati appartiene quindi a cinque categorie riportate qui di seguito insieme al numero di segnali ed alla percentuale rispetto al totale.

Tipo A	Tipo C	Tipo F	Tipo H	Tipo I
1356 (14%)	546 (6%)	2598 (27%)	1070 (11%)	3445 (36%)

Insieme queste categorie contengono il 95% dei segnali registrati in vasca durante il periodo di osservazione. Le restanti cinque categorie contengono il 5% dei segnali e rispettivamente sono:

Tipo B	Tipo D	Tipo E	Tipo G	Tipo J
1,9%	0,5%	1,5%	0,8%	0,3%

All'interno del totale dei segnali registrati sono stati individuati, durante l'analisi dati, segnali molto ravvicinati tra loro che vengono definiti da qui in avanti "segnali accoppiati" individuati 904 volte. In questi segnali accoppiati si nota una estrema variabilità nel tipo di segnali presenti, in quanto si riscontrano tutte le possibili combinazioni, ovvero 110, tra le varie categorie. Un solo tipo di combinazione risulta essere presente con maggiore frequenza nelle registrazioni, ovvero quando i segnali accoppiati appartengono il primo al Tipo F che

precede un segnale di Tipo I. Questa combinazione si riscontra il 48% delle volte rispetto al totale dei segnali accoppiati. Le rimanenti 109 possibili combinazioni sono state registrate pochissime volte, in alcuni casi anche solo una, durante l'intero periodo dello studio. Andando poi ad analizzare il contesto nel quale un segnale acustico viene prodotto, ci si è resi presto conto che la stragrande maggioranza dei segnali sono stati registrati quando almeno uno dei due soggetti aveva un comportamento che rientrava nella categoria Swimming. Quando entrambi gli esemplari si riposano sul fondo, o si alimentano contemporaneamente, non si registrano praticamente segnali all'interno della vasca. Al tempo stesso durante le interazioni tra Pepe e Husar, non si sono registrati numerosi segnali ne tantomeno si sono evidenziate tipologie predominanti o tipiche. Si nota però che nei segnali emessi durante le interazioni di tipo sessuale o sociale, sono segnali con una immagine spettrale più marcata, indice di una maggiore intensità del segnale. Considerando questi risultati appare chiaro come la maggior parte delle emissioni siano state registrate quando almeno uno dei due esemplari stava nuotando. Nel totale delle osservazioni i due esemplari nuotano, assieme o singolarmente, per 7080 minuti, e sono stati registrati segnali in 4548 minuti rispetto al totale delle registrazioni. A questo punto si è cercato di capire se vi

fossero differenze nelle emissioni di segnali quanto i due soggetti nuotavano assieme, o singolarmente.

<b>Tot min P+H Sw</b>	<b>Tot min P Sw+Acu</b>	<b>Tot min H Sw+Acu</b>	<b>Tot min P+H Sw+Acu</b>	<b>Tot min con Acu</b>	<b>Tot P+H Sw+Acu (F+I)</b>
<b>1340</b>	<b>1319</b>	<b>3402</b>	<b>1214</b>	<b>4548</b>	<b>316</b>

È stato calcolato che Pepe ed Husar hanno nuotato nello stesso momento per 1340 minuti e nel 91% di questi è stato registrato almeno un segnale acustico. Pepe ha nuotato per 1474 minuti totali di cui 134 minuti ha nuotato da solo. Al tempo stesso Husar ha nuotato per 5606 minuti di cui 4266 da solo. È stato rilevato per Pepe che nell'89% dei minuti in cui nuota, vi è stata la produzione di almeno un segnale acustico in un minuto. Mentre per Husar invece solo nel 61% dei minuti di nuoto è stato riscontrato almeno un segnale. Considerando, come esposto in precedenza, che la maggior parte dei segnali acustici vengono registrati durante il nuoto degli animali, sono stati presi in considerazione il numero di segnali accoppiati F+I. Si può notare che durante il nuoto contemporaneo di Pepe ed Husar si sono registrati 316 segnali accoppiati di questo tipo che rappresentano il 73% delle registrazioni di questi segnali. Per individuare l'eventuale produzione di questi segnali da parte di un soggetto piuttosto che l'altro, sono stati presi in considerazione il numero di segnali F o I prodotti mentre uno dei due esemplari aveva un comportamento di tipo

Swimming mentre l'altro no. In questo modo il 49% dei segnali di tipo I, sono stati registrati mentre Husar aveva comportamento Swimming da solo. Mentre il 2% quando era Pepe a compiere questa attività in solitaria.

<b>P Sw AL + Acu I</b>	<b>H Sw AL + Acu I</b>
<b>64</b>	<b>1686</b>
<b>P Sw AL + Acu F</b>	<b>H Sw AL + Acu F</b>
<b>122</b>	<b>826</b>

Al tempo stesso il 32% dei segnali di tipo F sono stati registrati nei minuti in cui Husar nuotava da solo e il 5% quando era Pepe a svolgere questa attività.

## 5.DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I dati riportati nel capitolo precedente mostrano con precisione le abitudini comportamentali di questi esemplari di *Trichechus manatus* che come già evidenziato presentano nette differenze nei comportamenti della loro "giornata tipo". Pepe divide la sua giornata circa a metà tra comportamenti attivi (alimentazione, nuoto e interazioni) e di riposo. Risulta essere più attivo durante le ore del giorno con percentuali simili tra la mattina e il pomeriggio; nelle ore serali il nuoto e l'alimentazione sono i comportamenti più presenti. Nelle ore notturne il riposo diventa l'attività dominante di questo esemplare. Pepe sembra avere un ciclo giornaliero di comportamenti concentrando le attività durante il giorno, intervallate da momenti di riposo, e riposandosi nella quasi totalità dei minuti notturni. Husar al tempo stesso presenta una differenza sostanziale in quanto per il 72% del suo tempo ha comportamenti di attività e solo nel 28% delle osservazioni riposa. Risulta chiaro dai grafici del capitolo precedente la maggiore attività soprattutto nelle ore notturne di questo esemplare. Significativo è il dato nettamente inferiore del tempo speso per l'alimentazione da Husar rispetto a Pepe. A differenza di Pepe non si nota un netto ciclo giornaliero, rimanendo molto più attivo durante

le ore notturne nelle quali si riducono i comportamenti di alimentazione di entrambi. L'aspetto in comune nei due soggetti risultano essere le fasce orarie in cui maggiormente si alimentano, questo probabilmente dovuto alla disponibilità di cibo in vasca. Considerando che dalle ore 17 alle ore 8 del mattino non viene inserito nuovo cibo in vasca, si nota solitamente che una volta finito l'alimento nelle ore serali i due soggetti hanno comportamenti molto diversi. Pepe inizia lunghe fasi di riposo, mentre Husar alterna queste fasi a lunghe sessioni di nuoto. Questo tipo di andamento nei comportamenti potrebbe collegarsi con la somministrazione del cibo che influisce sui comportamenti soprattutto nelle ore notturne. Il nuoto di questi esemplari viene considerato come un comportamento stereotipato, in quanto risulta essere composto da movimenti ripetitivi in cui gli animali compiono lo stesso percorso nella vasca per lunghi periodi. In entrambi gli esemplari questo comportamento ricopre oltre il 95% della categoria Swimming. Visti i diversi valori di questi comportamenti nei due esemplari, si può concludere che Husar risulta essere più incline a questo comportamento stereotipato rispetto a Pepe. Per quel che riguarda l'emissione di segnali acustici da parte dei due esemplari, dobbiamo sempre tenere in considerazione l'impossibilità di assegnare con esattezza un determinato segnale ad un individuo piuttosto che all'altro. Visto

l'elevato numero di ore di registrazione e l'ancor più elevato numero di segnali registrati, si è potuta riscontrare un'enorme variabilità di segnali con la creazione di 10 categorie che raccolgono segnali con caratteristiche simili. Come esposto nel capitolo precedente sono 5 le categorie acustiche in cui rientrano la maggior parte dei segnali. Possiamo concludere che questi esemplari di *Trichechus manatus*, come riportato anche in letteratura (Mann et al., 2006), possiedono un vasto repertorio acustico presentando segnali molto diversi tra loro anche all'interno di una stessa categoria. Le variazioni nelle caratteristiche di questi segnali è in relazione all'età, al sesso ed alla grandezza di questi animali (Sousa-Lima et al., 2008). Viste le premesse fatte in questo studio, ovvero l'impossibilità di effettuare registrazioni separate dei due soggetti e la non sicura assegnazione della paternità di un segnale questo tipo di caratterizzazione dei segnali è risultata impossibile in questa ricerca. Andando ad analizzare il contesto nel quale un segnale viene prodotto, visti i risultati ottenuti si può concludere che la produzione di segnali acustici è strettamente correlata al comportamento tenuto dai due lamantini. Questi esemplari non producono praticamente segnali durante le fasi di riposo ed alimentazione, la maggior parte dei segnali è stata registrata quando almeno uno dei due soggetti aveva comportamenti di Swimming.

Quindi la maggiore quantità di comunicazione acustica tra i due esemplari viene osservata quando almeno uno dei due sta nuotando, indipendentemente dal comportamento dell'altro. Importante è anche il dato riguardando i "segnali accoppiati" che come abbiamo visto risultano essere prevalentemente di due tipologie ben definite. Si nota come durante il nuoto di entrambi gli esemplari siano state registrate entrambe le tipologie acustiche F ed I, con percentuali molto diverse per i due esemplari. Considerando la diversa quantità di minuti spesi dai due esemplari, si può concludere che sia Pepe che Husar producono entrambi i segnali e non si evidenziano preferenze per un tipo di segnale da parte di un individuo. I segnali sono stati anche paragonati alla classificazione effettuata da Mann nel suo caso studio sulla "Dinamica non lineare nei vocalizzi di lamantini" (Mann et al., 2006), dove la suddivisione è stata effettuata in base alle caratteristiche di linearità o non-linearità dei segnali. Suddividendo i Tipi Acustici del nostro studio secondo le caratteristiche individuate da Mann si sono individuate le seguenti percentuali:

Dinamica lineare	Dinamica non-lineare	Sub-armoniche	Bifonazione	Salti di Frequenza	Caos-deterministico
43%	57%	14%	1,5%	27%	18%

Paragonare i nostri risultati al caso studio di Mann, viste le differenti condizioni di contorno, non porta a nessuna conclusione utile ai fini dello studio. A tutto questo va ad aggiungersi la considerazione precedente sul comportamento stereotipato, che porta a concludere che per questi due esemplari la produzione di segnali acustici è strettamente associata a comportamenti stereotipati.

In conclusione con questo progetto di ricerca si sono potute evidenziare le abitudini comportamentali di questi due esemplari di *Trichechus manatus* che dimostrano avere notevoli differenze nelle attività giornaliere. Abbiamo evidenziato come siano attivi sia durante il giorno che durante la notte in relazione alle condizioni di mantenimento e alla presenza di cibo in vasca. Questi esemplari producono un'elevata quantità di segnali di diverso tipo con caratteristiche molto diverse gli uni dagli altri. Aspetto fondamentale risulta essere il contesto di emissione dei segnali che rimangono prevalentemente collegati ai comportamenti Attivi,

alimentazione e soprattutto alla categoria Swimming. Interpretando questo comportamento come stereotipato, ed essendo associato a questo una alta produzione acustica ci si domanda se: con una diminuzione di tale comportamento diminuirebbe anche l'emissione dei segnali? Se la produzione acustica è così fortemente collegata al nuoto, l'esemplare che presenta percentuali maggiori di questo comportamento sarà il responsabile della produzione della maggior parte delle emissioni? Con i dati in nostro possesso non possiamo rispondere con certezza a queste domande, ma probabilmente visti i risultati ottenuti entrambe le domande potrebbero avere una risposta positiva.

### **5.1 Futuri sviluppi della ricerca**

Sono numerose le possibilità per future ricerche di questo tipo su questa specie, considerando l'esiguo numero di lavori presenti in letteratura. Sarebbe molto interessante poter effettuare registrazioni in diversi periodi nel corso degli anni per poter identificare un eventuale modifica nelle abitudini comportamentali e delle caratteristiche acustiche con la crescita degli animali. Sarebbe molto interessante e al tempo stesso produttivo, impostare una ricerca cercando di migliorare la parte di raccolta dati, effettuando registrazioni acustiche sugli esemplari separatamente per poter così attribuire esattamente ogni

segnale ad un individuo e quindi poter indagare più approfonditamente il contesto nel quale vengono emessi. Al tempo stesso sarebbe interessante studiare le stesse abitudini comportamentali ed acustiche in un diverso contesto sociale, ad esempio in un gruppo con anche una femmina, per evidenziare le caratteristiche durante le fasi di accoppiamento, il parto, l'allattamento e lo svezzamento. Spero in futuro di poter proseguire con questo tipo di ricerca per poter accrescere le conoscenze su *Trichechus manatus* che a livello di ambiente controllato presentano ancora alcune lacune.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Bengtson, J.L. 1981. Ecology of manatees (*Trichechus manatus*) in the St. Johns River, Florida. Ph.D. Dissertation, University of Minnesota. 126 pp.
- Bengtson, J.L. 1983. Estimating food consumption of free-ranging manatees in Florida. *Journal of Wildlife Management* 47(4):1186-1192.
- Best, R.C. 1981. Foods and feeding habits of wild and captive Sirenia. *Mammal Review* 11(1):3-29.
- Buckingham, C.A., L.W. Lefebvre, J.M. Schaefer and H.I. Kochman. 1999. Manatee Response to Boating Activity in a Thermal Refuge. *Wildlife Society Bulletin* 27(2):514-522.
- Dawson, M.R. 1967. Fossil history of the families of recent mammals, order Sirenia. Page 45 in S. Anderson and J.K. Jones, Jr. (eds.) *Recent Mammals of the world. A Synopsis of Families.* Ronald Presso Co., New York. 453 pp.

- Deutsch, C.J., J.P. Reid, R.K. Bonde, D.E. Easton, H.I. Kochman, and T.J. O'Shea. 2000. Seasonal movements, migratory behaviour, and site fidelity of West Indian manatees along the Atlantic coast of the United States as determined by radio-telemetry. Work Order Number 163. Florida Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, U.S. Geological Survey and University of Florida.
  
- Domning, D.P. 1980. Feeding position preferences in manatees. *Journal of Mammalogy* 61(3):544-547.
  
- Domning, D.P. 1982. Evolution of manatees: a speculative history. *Journal of Paleontology*. 56(3):599-619.
  
- Domning, D.P. and L.C. Hayek. 1986. Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Marine Mammal Science* 2(2):87-144

- Etheridge, K., G.B. Rathbun, J.A. Powell and H.I. Kochman. 1985. Consumption of aquatic plants by the West Indian manatee. *Journal of Aquatic Plant Management* 23:21-25.
  
- Gomes, F.A., J.E. Vergara-Parente and S.F. Ferrari 2008. Behaviour Patterns in Captive Manatees (*Trichechus manatus manatus*) at Itamaraca Island, Brazil. *Aquatic Mammals* 34(3):269-276.
  
- Hartman, D.S. 1974. Distribution, status and conservation of the manatee in the United States. National Technical Information Service. PB81-140725. Springfield, Virginia. 246 pp.
  
- Hartman, D.S. 1979. Ecology and Behavior of the Manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. The American Society of Mammalogists, Special Publication No.5.153 pp.
  
- Hoenstine, R. 1980. Manatees from the past- fossils found in Florida. *Florida Conservation News* 15(6):16-17.

- Husar, S.L. 1977. The West Indian manatee (*Trichechus manatus*). U.S. Fish & Wildlife Service, Wildlife Research Report 7.22pp.
  
- Irvine, A.B. 1983. Manatee metabolism and its influence on distribution in Florida. *Biological Conservation* 25:315-334.
  
- Mann D.A., T.J. O'Shea and D.P. Nowacek. 2006. Nonlinear Dynamics in Manatee Vocalizations. *Society for Marine Mammalogy, Marine Mammal Science* 22(3):548-555.
  
- Marmontel, Miriam. 1995. Age and Reproduction in Female Florida Manatees. In *Population Biology of the Florida Manatee*, edited by O'Shea, et al.
  
- Miksis-Olds J.L. and P.L. Tyack. 2008. Manatee (*Trichechus manatus*) vocalization usage in relation to environmental noise levels. *Journal of Acoustical Society of America* 125(3):1806-1815.

- O'Shea, T.J. 1986. Mast foraging by West Indian Manatees (*Trichechus manatus*). Journal of Mammalogy 67(1):183-185.
  
- Oritz, R.M. 1994. Water Flux and Osmoregulatory Physiology of the West Indian Manatee (*Trichechus manatus*). M.S. Thesis. Texas A&M Univeristy. College Station, TX.
  
- Powell, J.A. 1978. Evidence of carnivory in manatees (*Trichechus manatus*). Journal of Mammalogy 59(2):442.
  
- Powell, J.A. and G.B. Rathbun. 1984. Distribution and abundance of manatees along the northern coast of the Gulf of Mexico. Northeast Gulf Science 7(1):1-28.
  
- Reynolds, J.E. 1981. Behavior patterns in the West Indian manatee, with emphasis on feeding and diving. Florida Scientist 44(4):233-242.
  
- Reynolds, John E., III. 2000. Personal communication. Eckerd College. St. Petersburg, FL.

- Sousa-Lima R.S., A.P. Paglia & G.A.B. da Fonseca. 2002. Signature information and individual recognition in the isolation calls of Amazonian manatees, *Trichechus inunguis*. Association for the Study of Animal Behaviour Journal 63:301-310.
  
- Sousa-Lima R.S., A.P. Paglia & G.A.B. da Fonseca. 2008. Gender, Age, and identity in the isolation Calls of Antillean Manatees (*Trichechus manatus manatus*). Aquatic Mammals 34(1):109-122.
  
- Snipes, R.L. 1984. Anatomy of the cecum of the West Indian manatee, *Trichechus manatus* (Mammalia, Sirenia), Zoomorphology 104:67-78.
  
- Twiss, J.R. and R.R. Reeves. 1999. Conservation and Management of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington and London. Pp. 267-295.
  
- U.S. Fish and Wildlife Service. 1995. Florida Manatee Recovery Plan. Second Revision. U.S. Fish and Wildlife, Atlanta, G.A. 160pp.

## 7. APPENDICE 1

IMMAGINI DELLA VISUALIZZAZIONE DELLE FREQUENZA SPETTRALE  
DELLE VARIE CATEGORIE ACUSTICHE

TIPO A

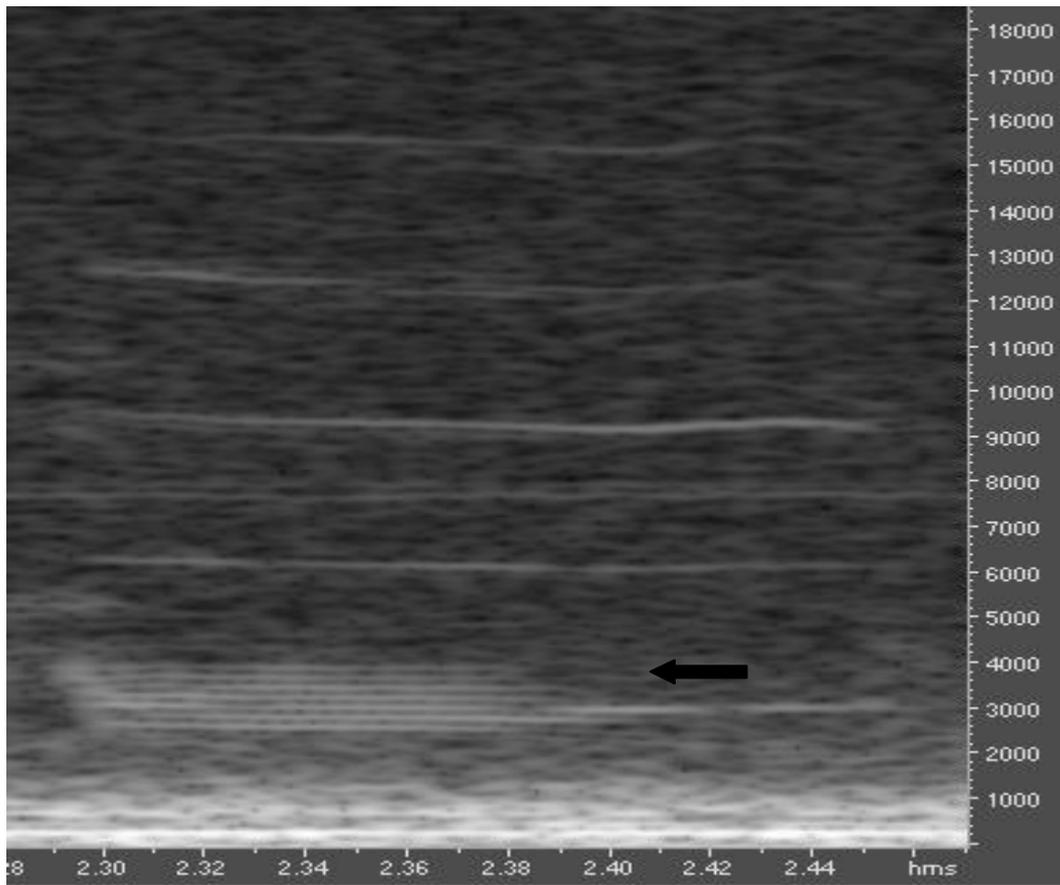
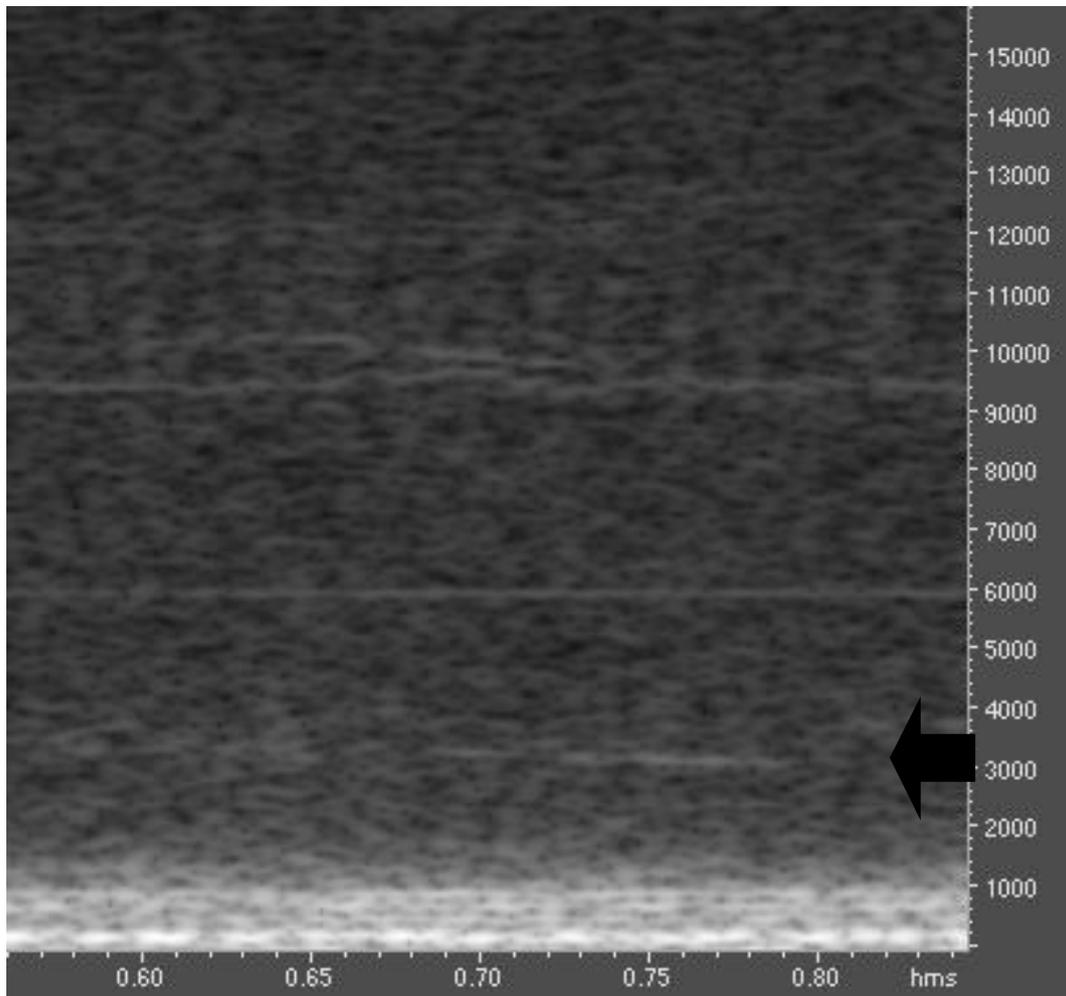


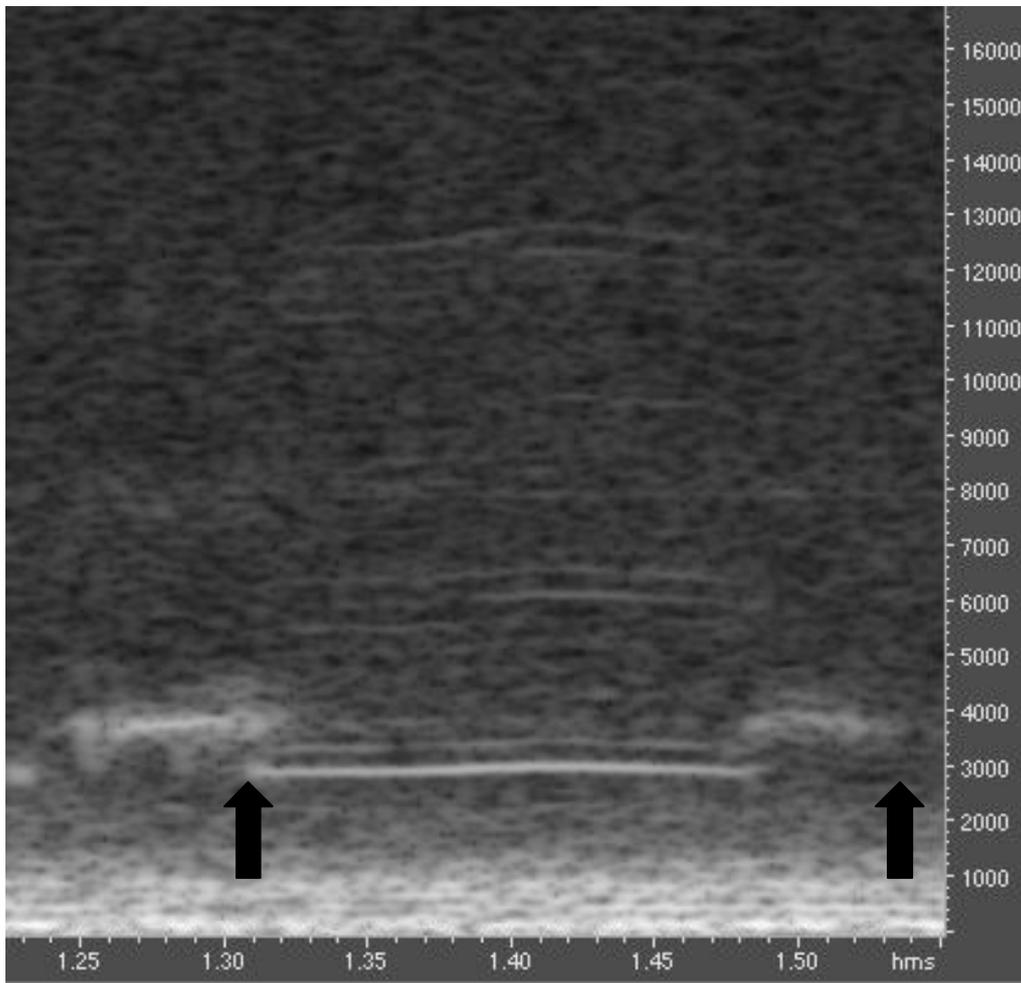
FIGURA 17

**TIPO B**



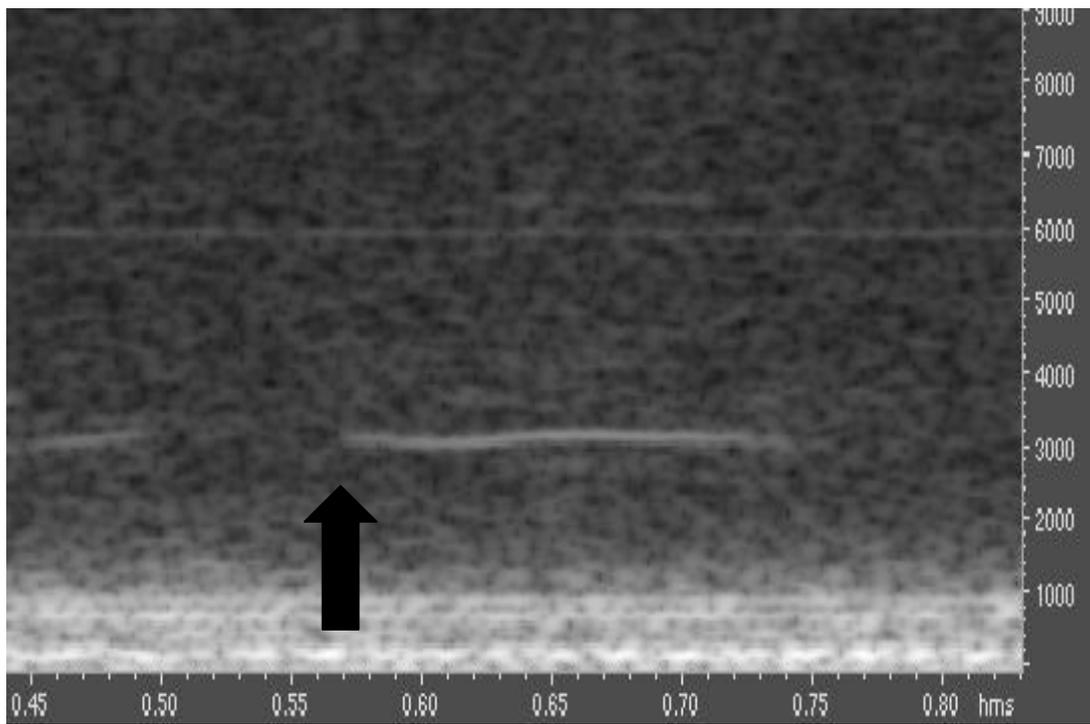
**FIGURA 18**

**TIPO C**



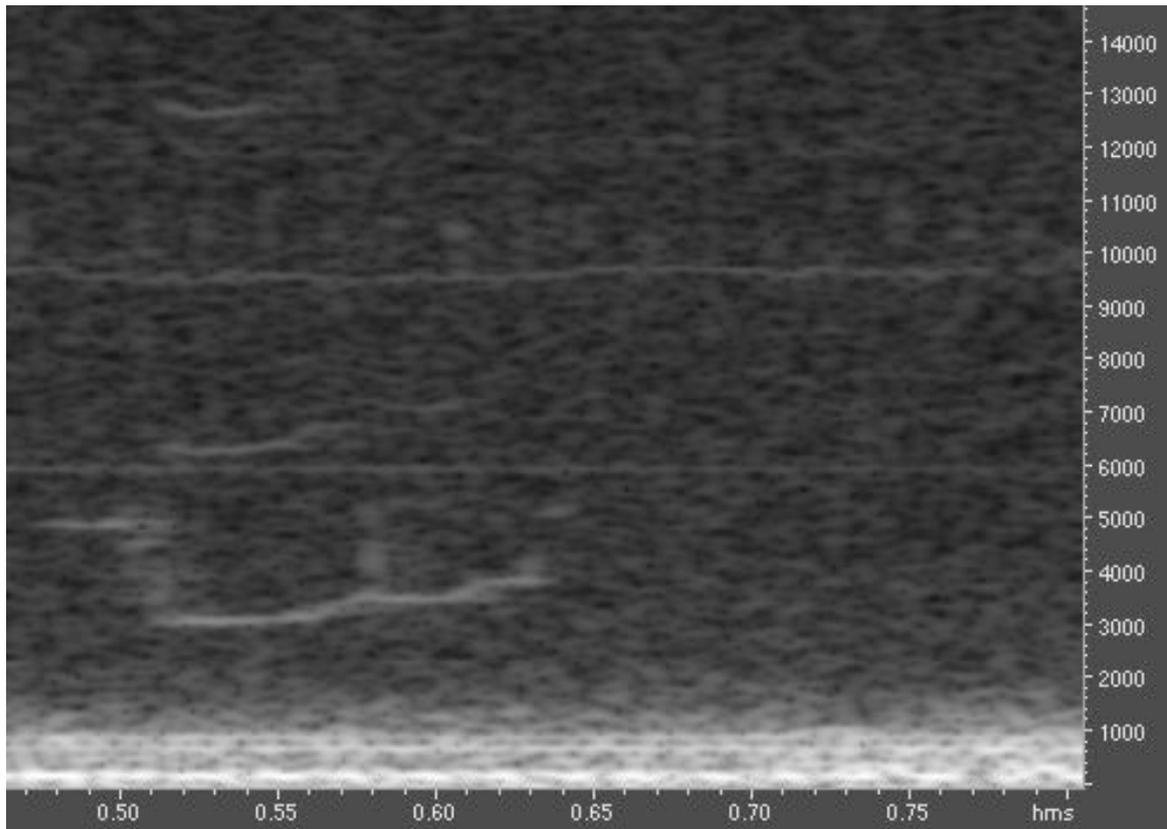
**FIGURA 19**

**TIPO D**



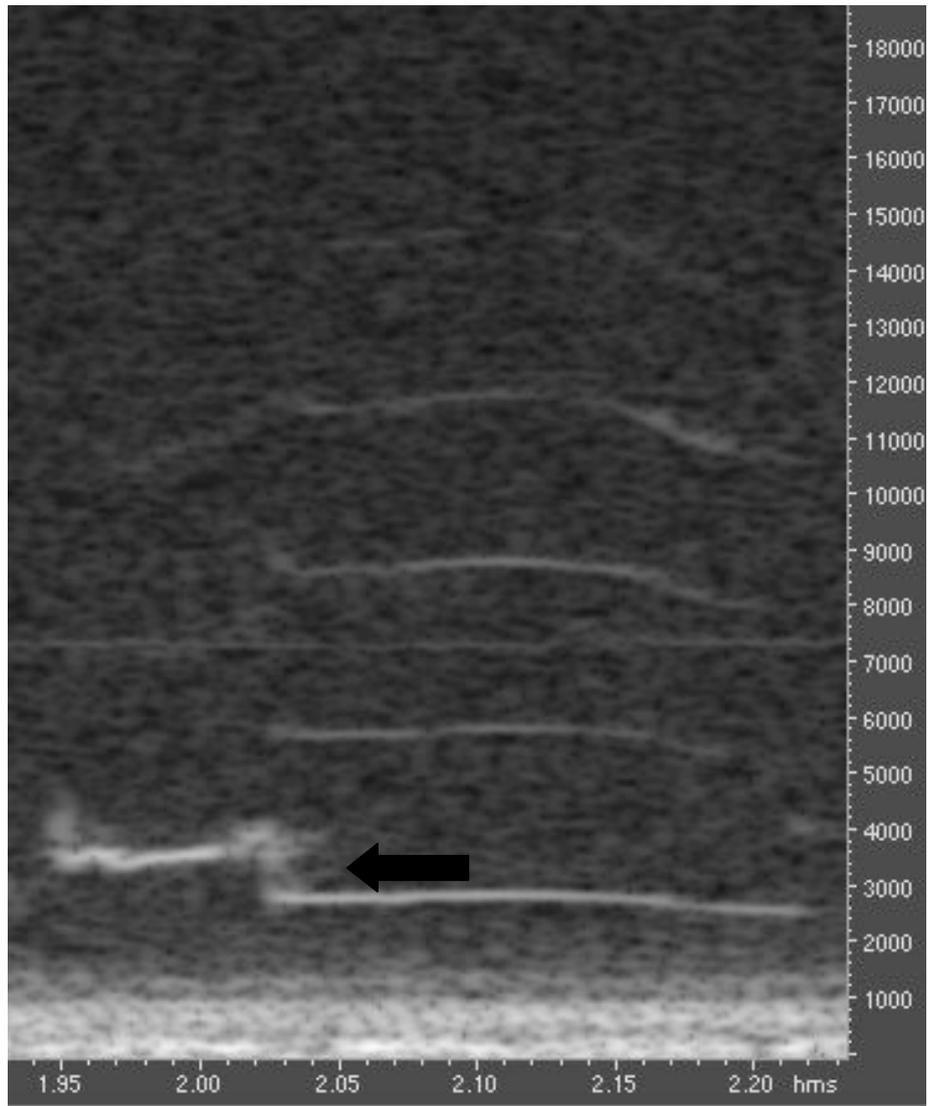
**FIGURA 20**

**TIPO E**



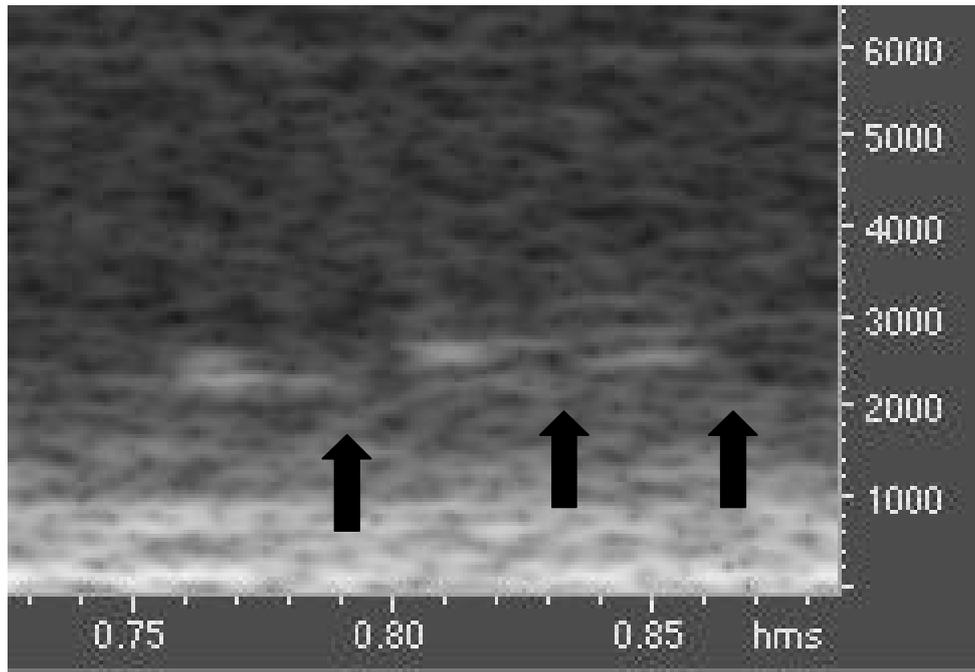
**FIGURA 21**

**TIPO F**



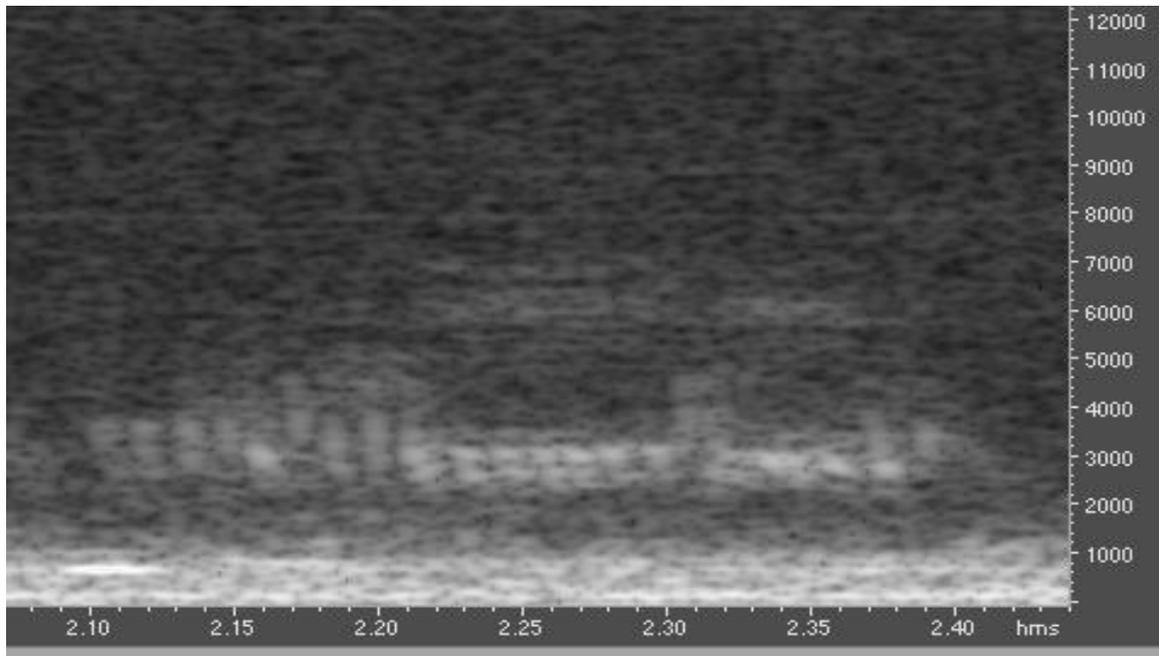
**FIGURA 22**

**TIPO G**



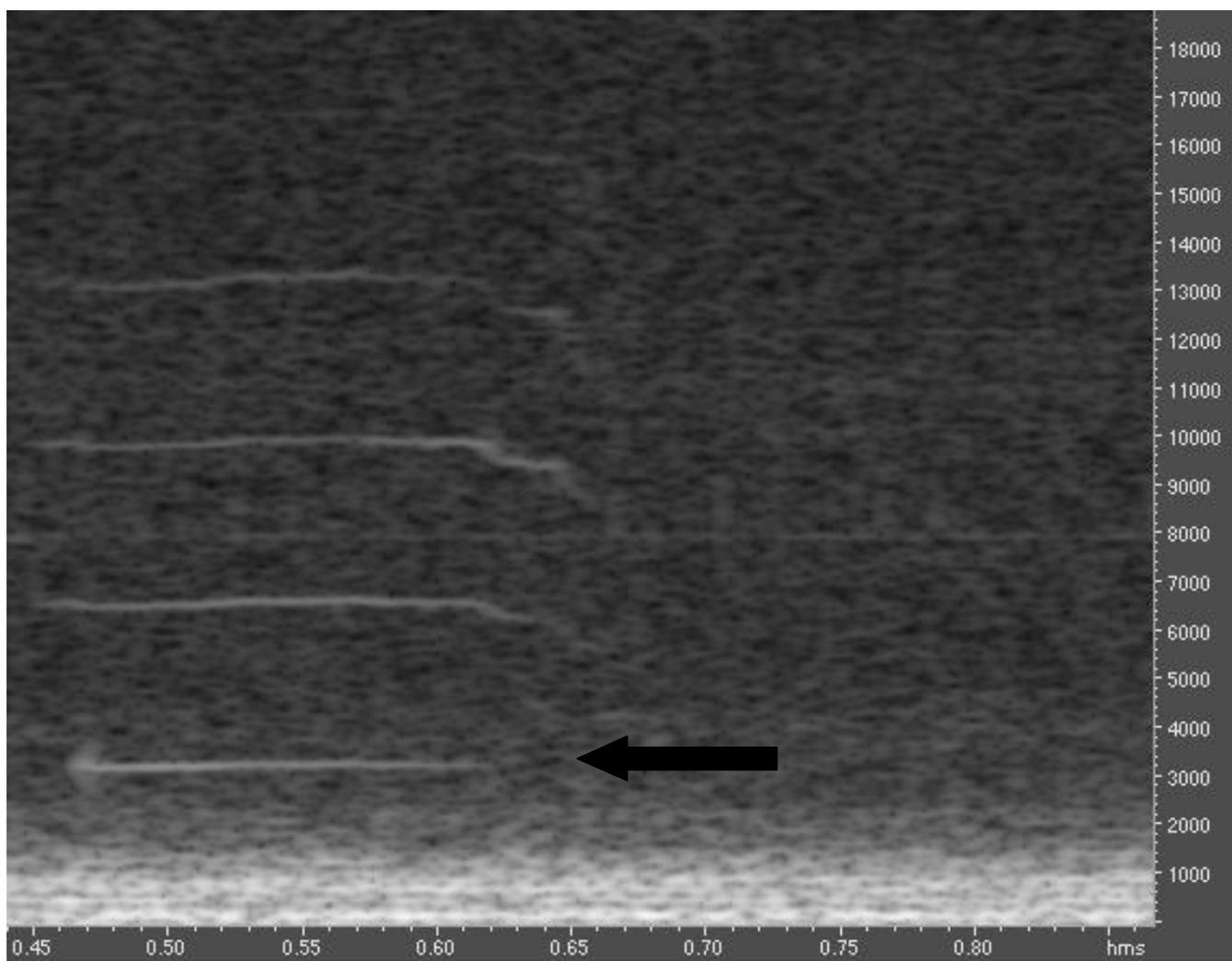
**FIGURA 23**

**TIPO H**



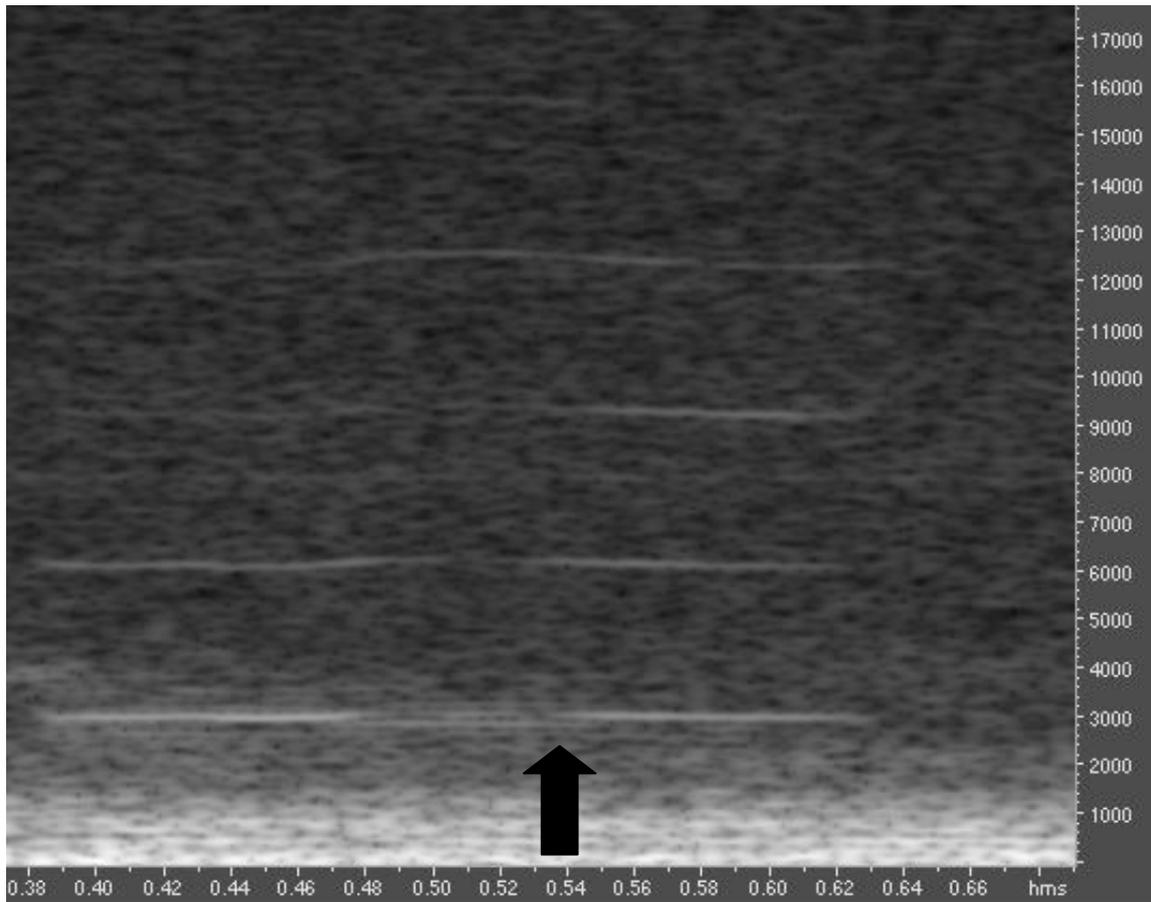
**FIGURA 24**

**TIPO I**



**FIGURA 25**

**TIPO J**



**FIGURA 26**

## **8. Ringraziamenti**

Dall'inizio del mio corso di studi, ho sempre desiderato diventare un biologo marino. Quando da piccolo i miei genitori mi portarono all'Acquario di Genova, al ritorno affermai "da grande voglio lavorare con il mare, voglio fare il biologo marino". Ho sempre lottato e mi sono sempre impegnato per questo e finalmente ho realizzato questo mio sogno. Voglio ringraziare tutte le persone che mi hanno permesso di arrivare fino a qui.

I miei genitori che hanno sempre creduto in me ed hanno assecondato le mie passioni, appoggiandomi in ogni mia scelta. Vi ringrazio per avermi sempre dato la possibilità di studiare per avermi capito nei momenti più difficili, perché nonostante tutto siete sempre stati al mio fianco.

Massimo che è sempre stato al mio fianco, nei giorni più difficili di stress, nei giorni felici e brutti ho sempre potuto contare su di te, grazie.

Chiara la migliore amica di una vita, sempre presente; Federico il migliore amico, sempre pronto a capirmi; Azzurra, Niccolò, Sara L., Maurizio, Valentina (uolli), Karin, Francesca (cina), Sara & Mattia, Elisa & Sauro e tutti quelli che mi potrei essere dimenticato, tutti gli amici che da più o meno tempo sono al mio fianco.

I miei compagni di università: Serena, Federica, Nicola, Roberto, Vincenzo, Marco, Rossella, Letizia e tutti gli

altri; con i quali ho condiviso gli anni più intensi della mia vita.

Tutti i docenti universitari dai quali ho potuto apprendere le nozioni che mi hanno permesso di maturare e apprendere in ambito professionale; soprattutto la Professoressa Fabbri Elena che mi ha seguito in questo lavoro e tutte le ragazze del Laboratorio di Fisiologia e Biochimica Ambientale di Ravenna, Sara, Silvia e Paola, dove ho svolto un bellissimo Tirocinio che mi ha aiutato moltissimo in ambito formativo.

L'Acquario di Genova e tutte le persone che mi hanno permesso di svolgere questa bellissima esperienza. Guido Gnone che mi ha aiutato e assistito durante questo progetto; i ragazzi dell'ufficio ricerca scientifica, Fulvio, Alessia e Ottavia. Tutti gli acquaristi del settore MURA Carla, Alessandra, Fabio, Julien, Federica, Simone e Luca.

Sicuramente mi dimenticherò qualcuno, grazie davvero a tutti quelli che mi sono stati vicino, quelli che mi hanno aiutato, quelli che hanno reso possibile questo mio sogno.