



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

Le antiche balene non si nutrivano filtrando con i loro denti
Ancient whales did not filter feed with their teeth

Tesi di Laurea di:

Gramolini Riccardo

Docente Referente di:
Chiar.mo Prof.

Caputo Barucchi Vincenzo

Sessione Estiva

Anno Accademico 2020/2021

Abstract

L'origine delle balene (Misticeti), gli animali più grandi della Terra, è strettamente legata alla loro caratteristica strategia di alimentazione a filtro. A differenza dei loro moderni parenti, le arcaiche balene possedevano una dentatura adulta eterodonte e ben sviluppata. Come sono stati utilizzati questi denti e quale ruolo la loro funzione e la successiva perdita abbia giocato nell'emergere dell'alimentazione a filtro, è un mistero duraturo. In particolare, è stato suggerito che le elaborate corone dentali potrebbero aver reso possibile i primi Misticeti di filtrare con i loro denti post-canini in modo analogo alle foche mangiagranchi e leopardo viventi, facilitando così il passaggio alla filtrazione assistita da fanoni. Qui si evidenzia che i denti dei Misticeti arcaici sono affilati come quelli dei carnivori terrestri, dei pinnipedi raptoriali e degli Archeoceti, e quindi erano in grado di catturare e processare le prede. Al contrario, i post-canini delle foche leopardo e mangiagranchi sono marcatamente smussati e chiaramente inadatti all'alimentazione raptoriale. I risultati suggeriscono che i Misticeti non sono mai passati attraverso una fase di filtrazione a base di denti e che l'uso di denti e fanoni nelle prime balene non erano funzionalmente collegati. La continua selezione per l'acutezza dei denti nei Misticeti arcaici è spiegata al meglio da una strategia di alimentazione che includeva sia il morso che l'aspirazione, simile a quella della maggior parte dei pinnipedi viventi e, probabilmente, le primitive balene dentate (Odontoceti).

Introduzione

Tutte le specie di Cetacei, viventi e fossili, sono suddivise tra:

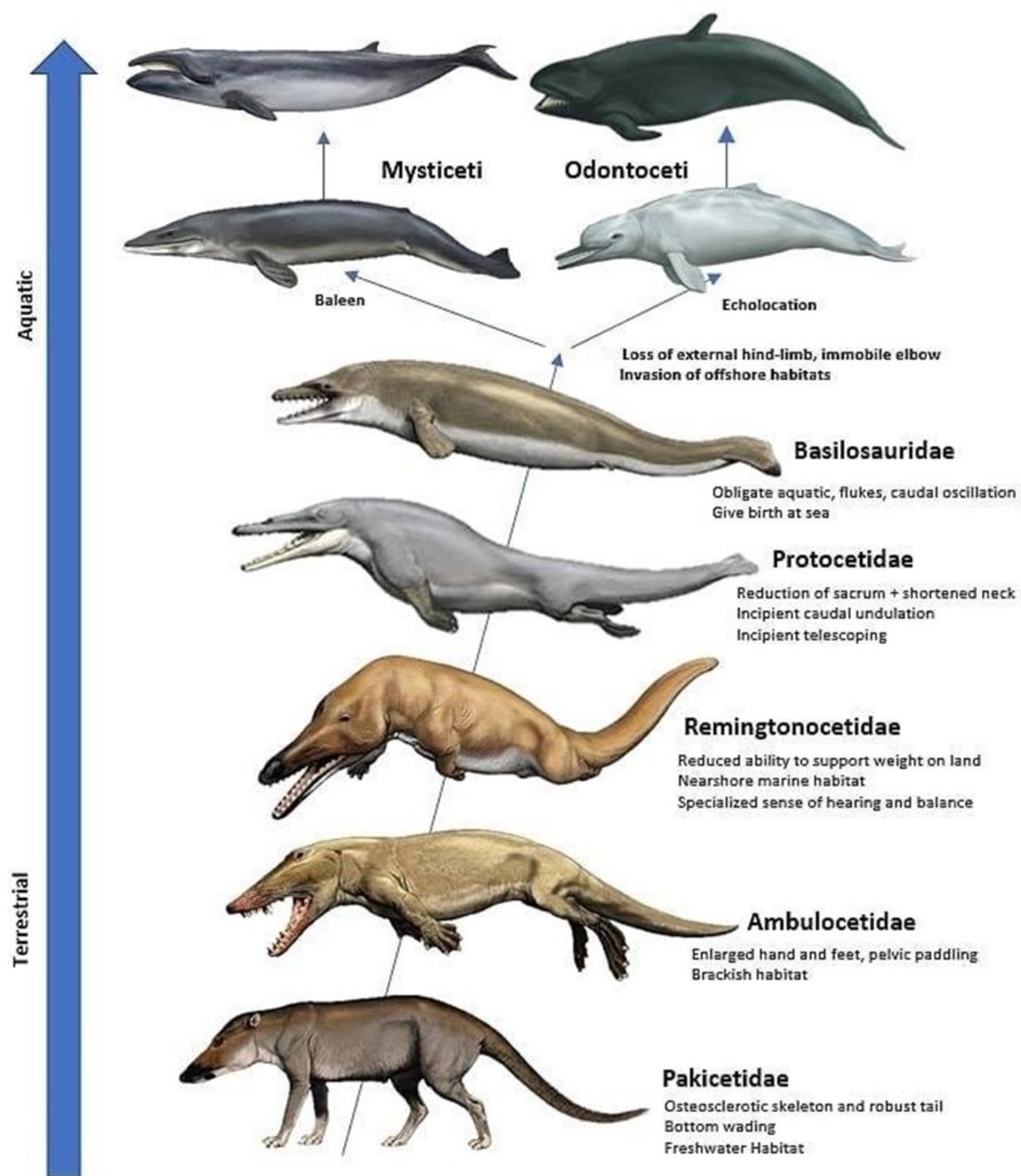
- Mysticeti (balene con fanoni)
- Odontoceti (balene dentate)
- Archeoceti (le antiche balene), estinti da circa 25 milioni di anni.

In generale, gli Archeoceti sono definiti dalla loro ritenzione di morfologie arcaiche, come:

1. arti posteriori ben sviluppati;
2. un piccolo numero di denti morfologicamente differenziati;
3. e legami relativamente stretti con la terraferma.

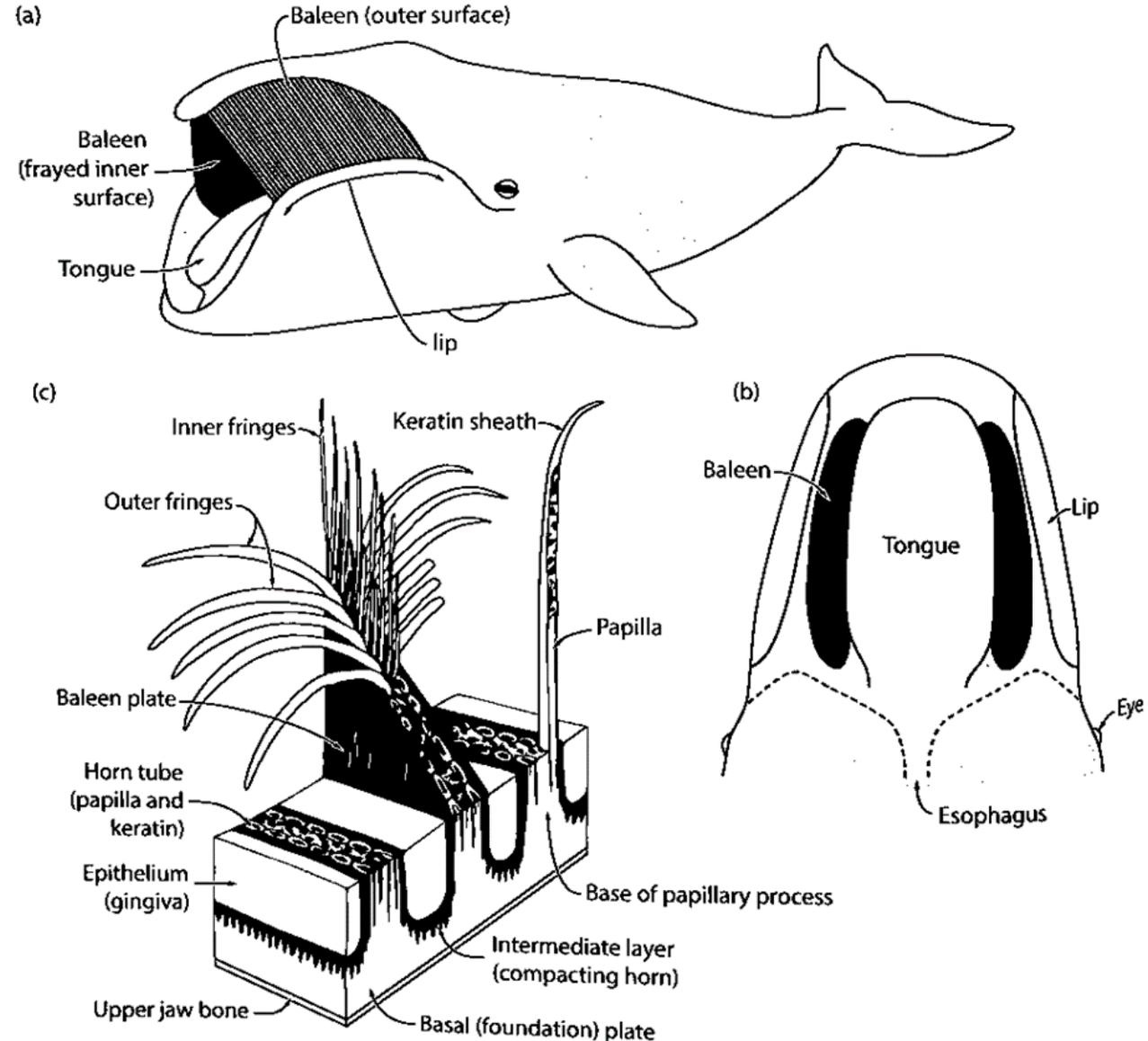
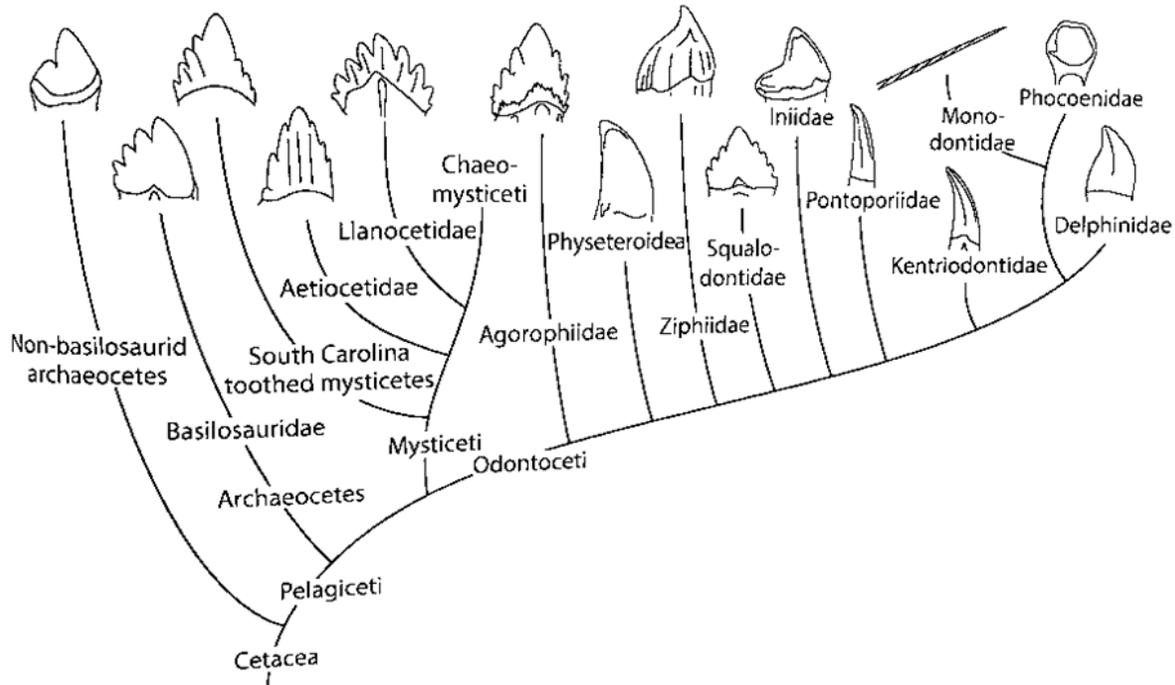
Al contrario, Mysticeti e Odontoceti sono:

1. completamente acquatici, con nessuna traccia esterna di arti posteriori;
2. incapaci di muoversi o sorreggere il proprio peso sulla terraferma;
3. e hanno subito una pronunciata riorganizzazione delle loro ossa facciali, per facilitare la respirazione.



Strutture per l'alimentazione

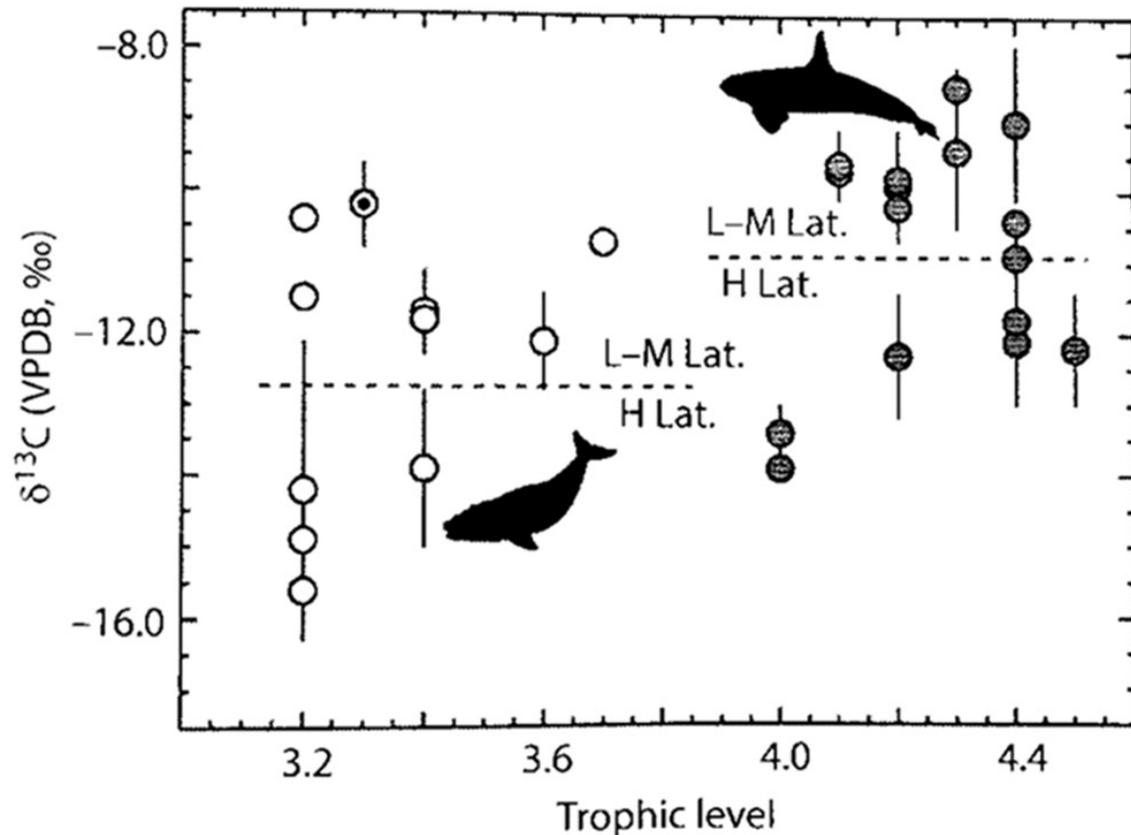
Per nutrirsi, i Cetacei adoperano due tipologie di strutture buccali: i denti, utilizzati dai loro antenati terricoli, in seguito dai loro antenati più evoluti verso una vita totalmente acquatica e dai moderni Odontoceti; e una novità evolutiva esclusiva dei Mysticeti, i fanoni.



Attitudini ambientali ed alimentari

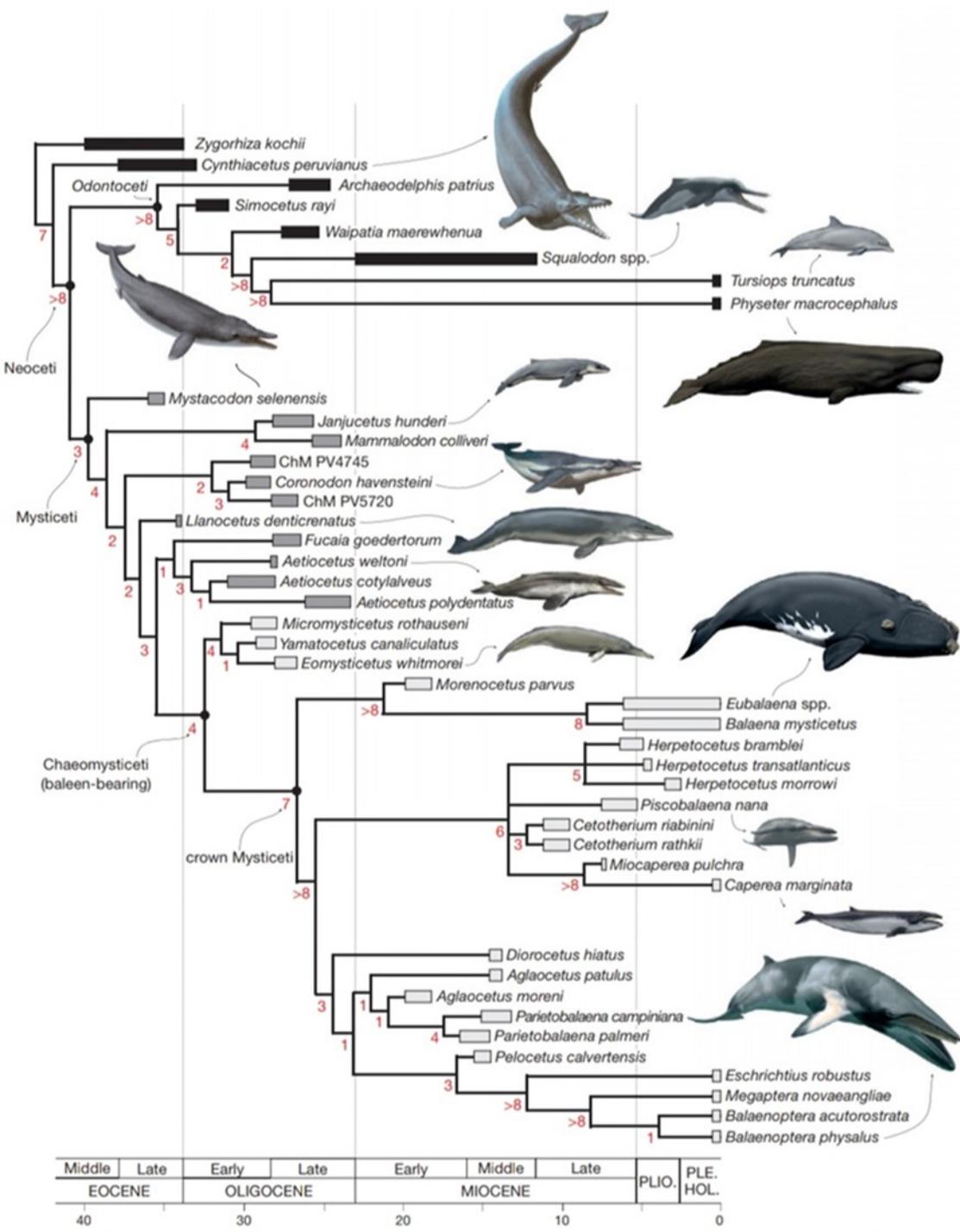
Le preferenze ambientali ed alimentari di una particolare specie fossile possono essere ricostruite da:

- dati stratigrafici e sedimentologici associati;
- presenza di denti, i quali sono assenti, ridotti o altamente semplificati in molti cetacei;
- morfologie dentarie, il consumo, micro-usure e marchi dentali;
- altre osservazioni relative all'anatomia funzionale, come l'abilità di ruotare la mascella oppure la stima della funzione muscolare e massima forza del morso attraverso la Finite Element Analysis;
- interpretazione dei rapporti isotopici stabili, in particolare quelli dell'ossigeno e del carbonio.



Evoluzione dei Mysticeti

Secondo le più recenti teorie sull'evoluzione dei Cetacei, questi animali si sono evoluti da progenitori terrestri e successivamente adattati alla vita acquatica. Si pensa che la loro evoluzione sia iniziata nel subcontinente indiano, dagli Artiodattili, circa 50 milioni di anni fa.

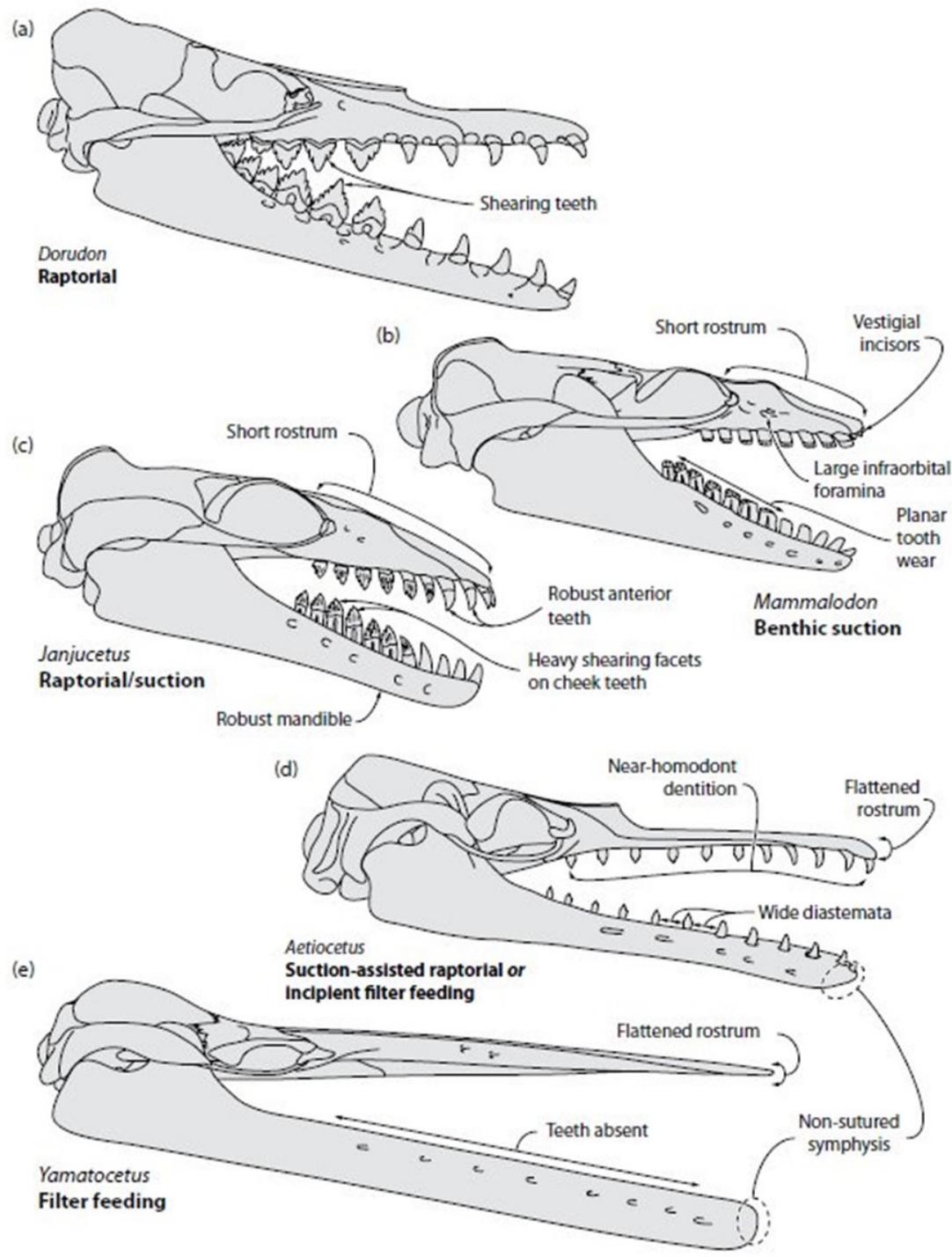


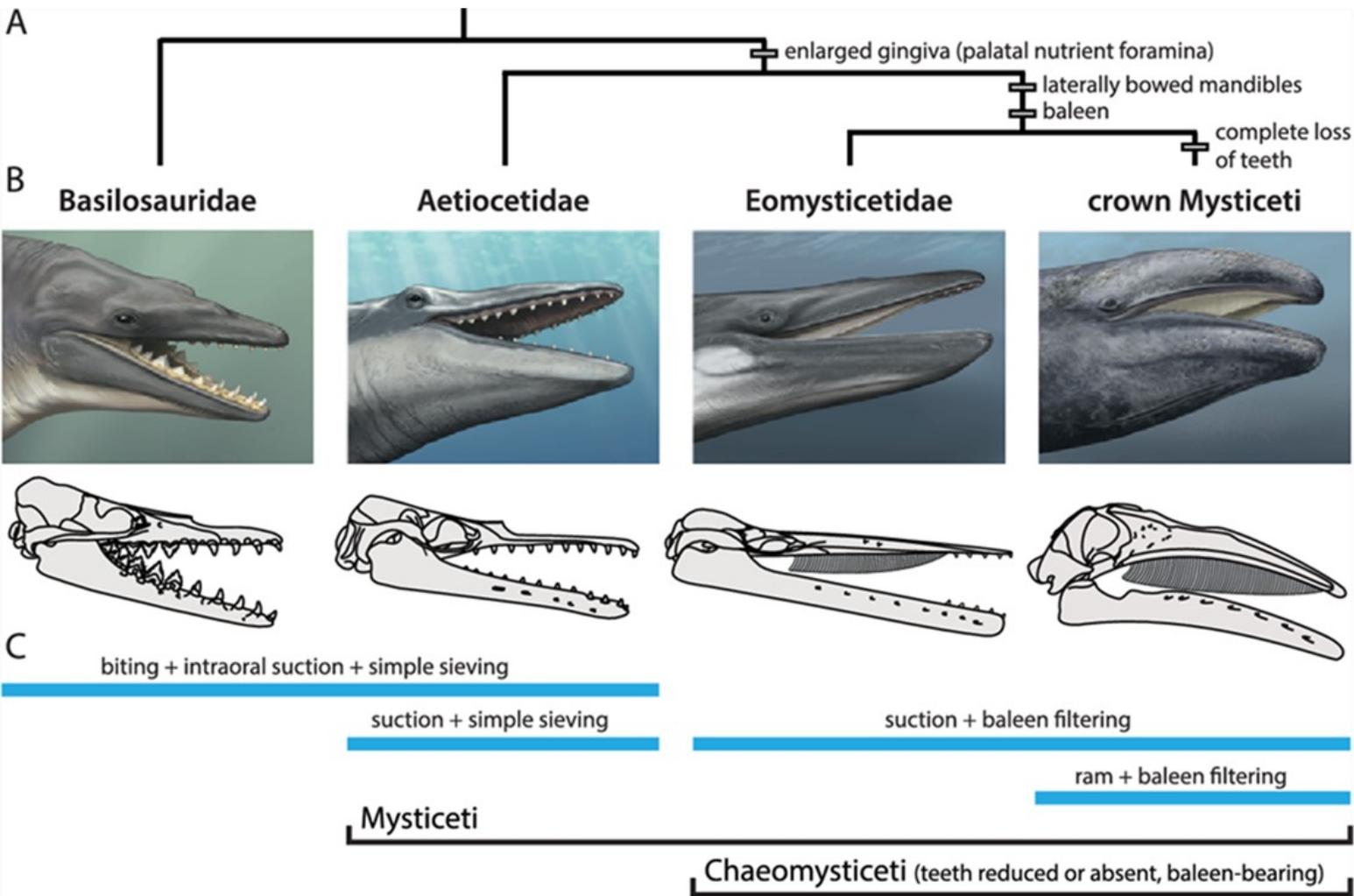
- Archeoceti
 - Pakicetidi
 - Ambulocetidi
 - Remingtonocetidi
 - Protocetidi
 - Pelagicti
 - Basilosauridi
 - Kekenodontidi
- Mysticeti
 - Mysticeti dentati
 - Mystacodon
 - Llanocetidi
 - Coronodon
 - Mammalodontidi
 - Aetiocetidi
 - Mysticeti senza denti

Le modalità di alimentazione e il dibattito sulla transizione da una bocca con denti ad una con fanoni dei Mysticeti arcaici

Le possibili modalità con cui si cibavano queste antiche creature sono:

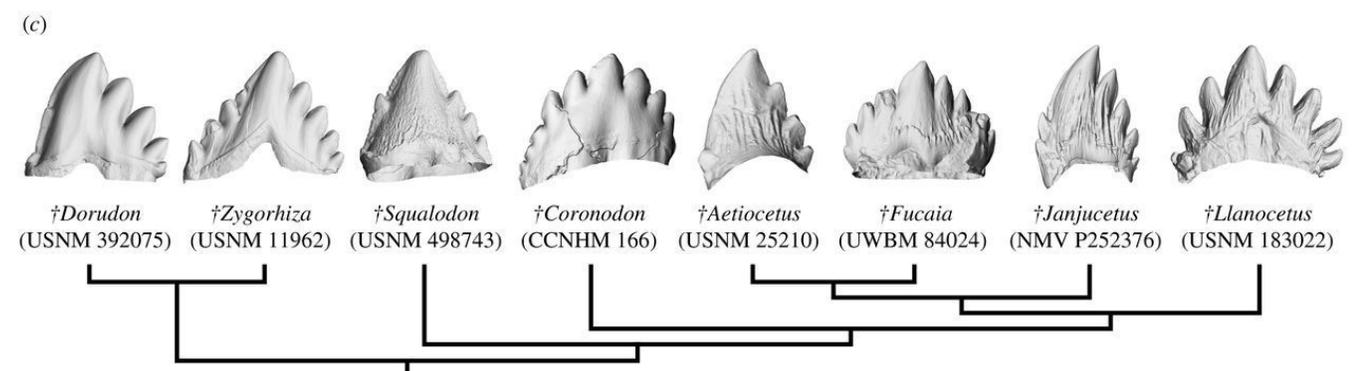
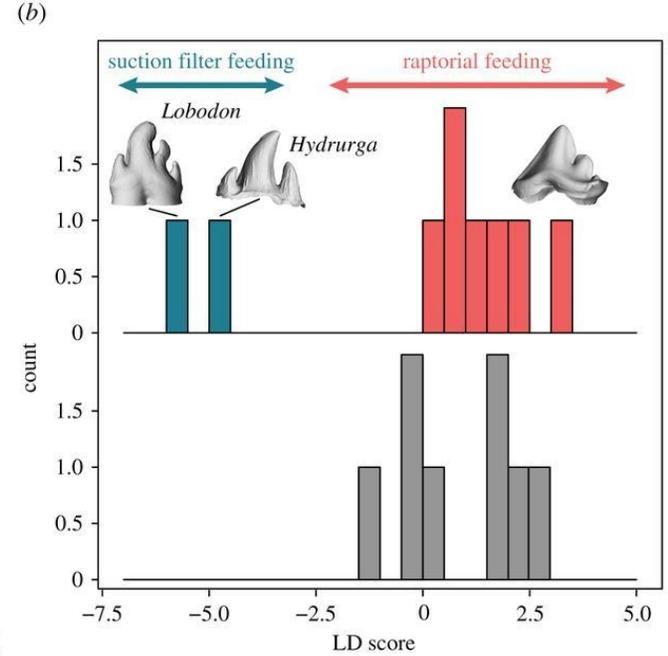
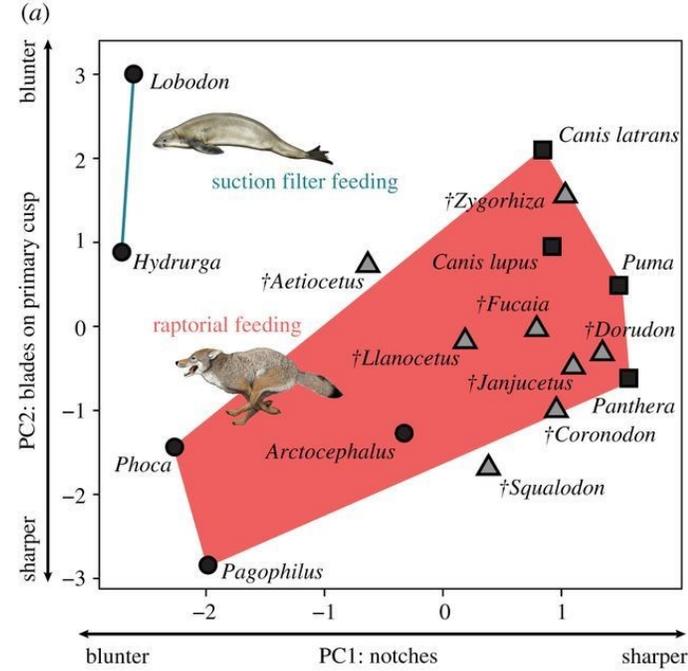
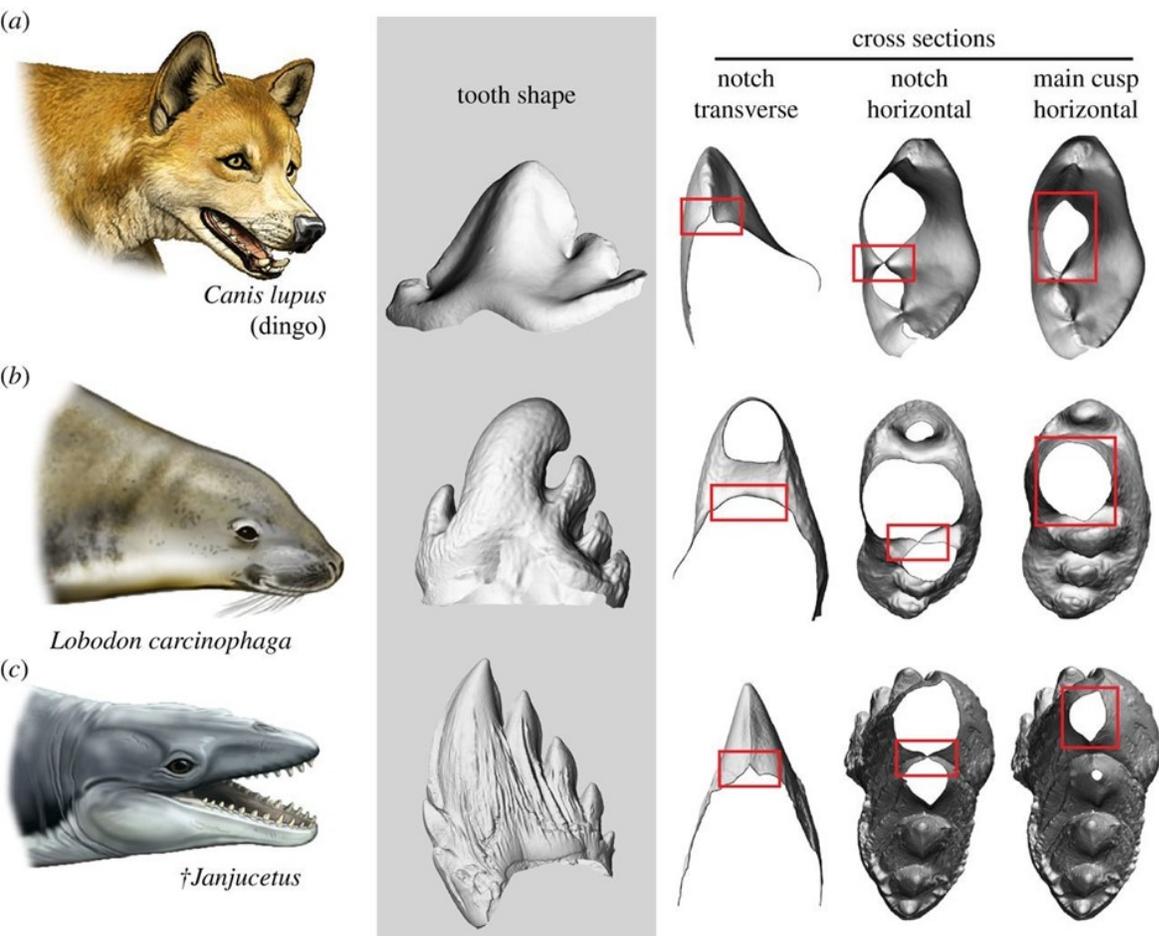
- la cattura raptorale, ossia tramite il morso;
- l'aspirazione, cioè tramite il risucchio di acqua e ciò che è al suo interno;
- la filtrazione dentale, ossia la setacciatura di acqua che passa attraverso i denti così da intrappolare il suo contenuto;
- e, infine, la filtrazione tramite i fanoni.





- Deméré et al. (2008) e Deméré & Berta (2008) hanno suggerito che i fanoni incipienti (proto-fanoni) sarebbero potuti essere presenti negli Aetiocetidi, interpretando i forami laterali sul palato di *Aetiocetus weltoni* e *A. cotylalveus* come forami nutritivi che riforniscono l'epitelio che produce i fanoni.
- Più recentemente, Marx et al. (2016b) hanno contestato l'interpretazione di Deméré & Berta (2008), sostenendo che gli Aetiocetidi erano privi di fanoni e, quindi, non alimentatori a filtro, ma piuttosto specializzati nell'aspirazione.

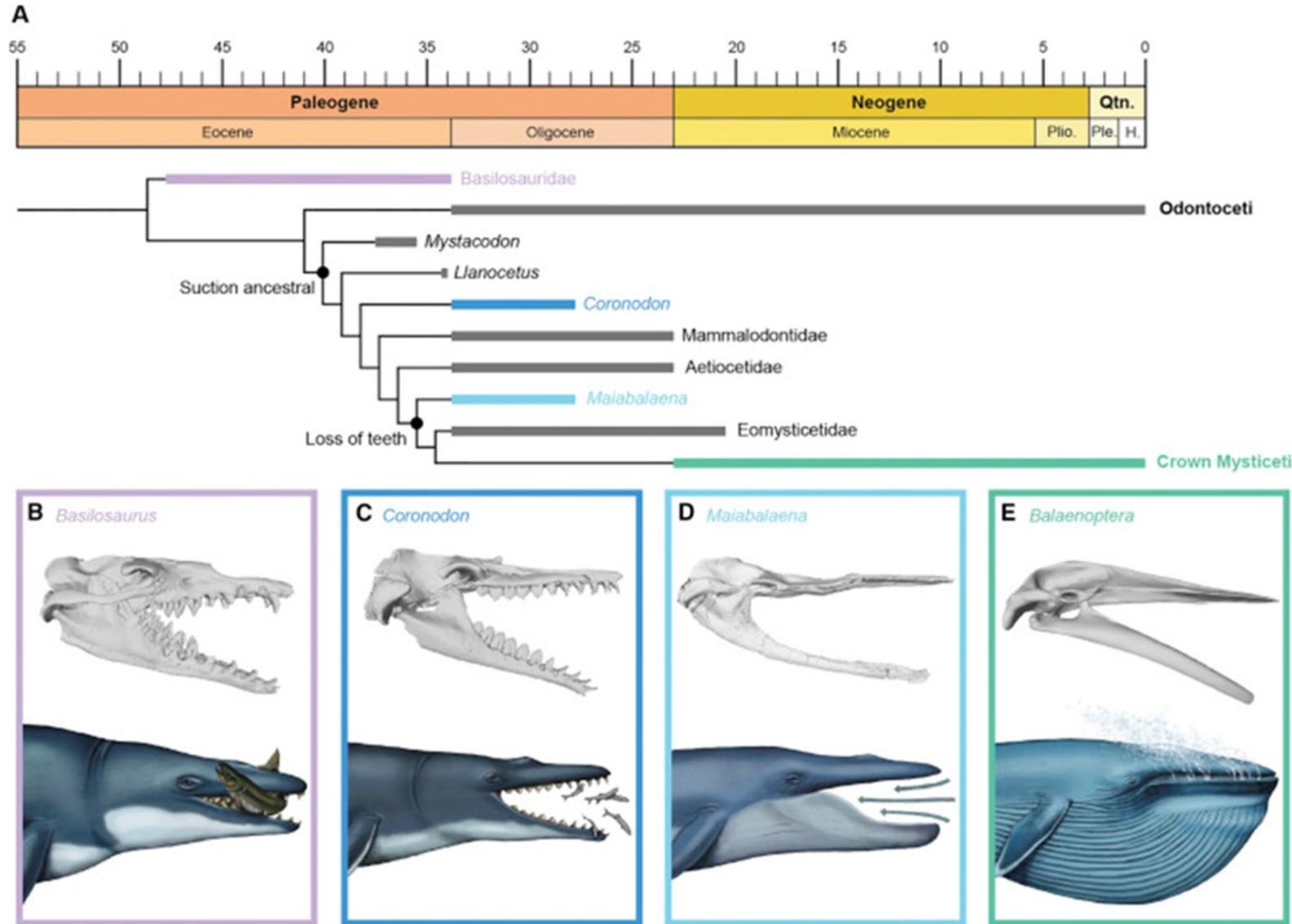
Geisler et al. (2017; luglio) descrissero un nuovo Mysticete dentato, *Coronodon havensteini*, dal tardo primo Oligocene (circa 33 ma). Secondo questi autori, *Coronodon* non aveva fanoni, ma i suoi denti strettamente affiancati con cuspidi accessorie disposte radialmente consentivano l'alimentazione a filtro dentale in uno schema simile a quello osservato nella esistente foca leopardo.



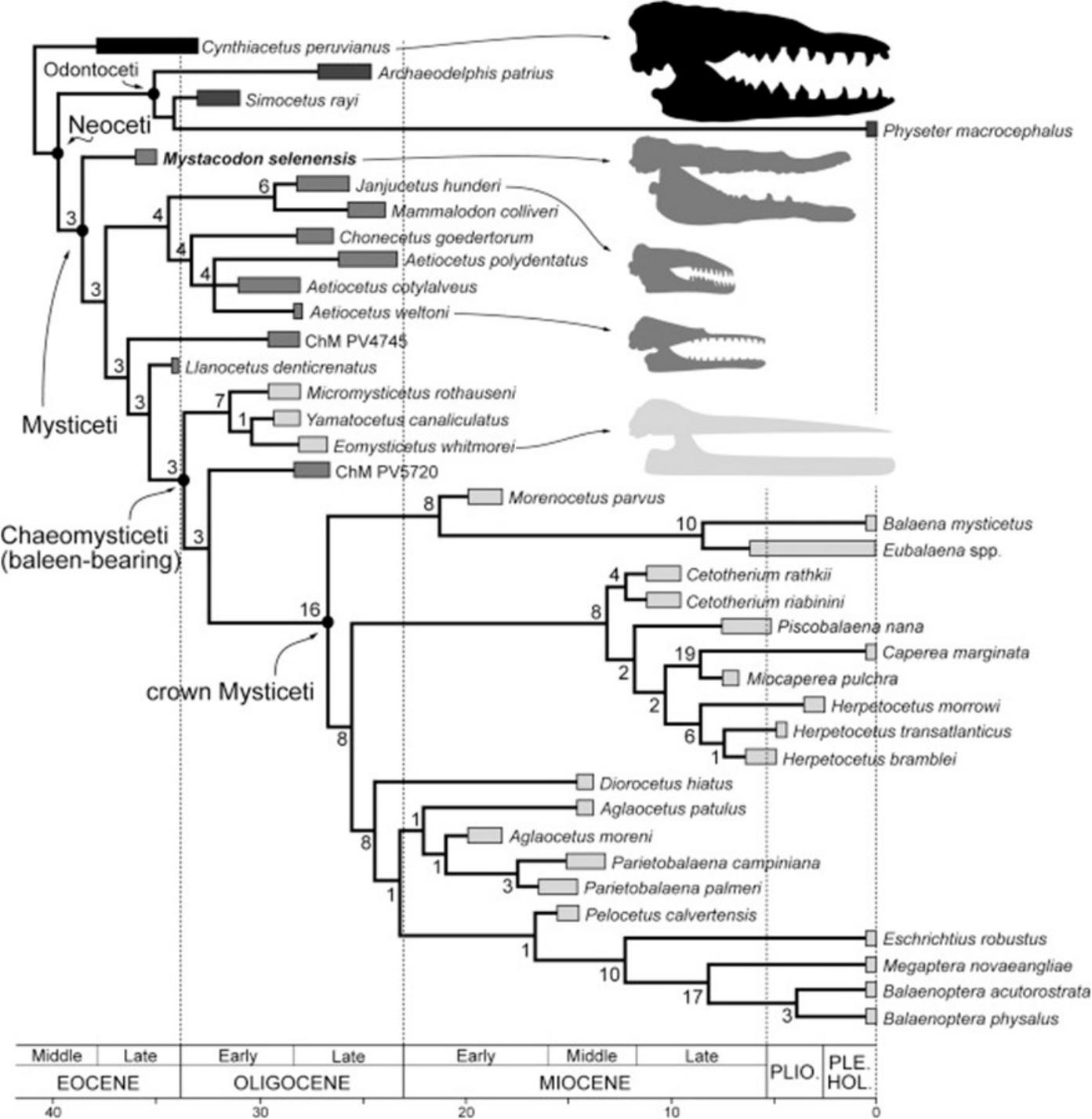
Tuttavia, l'interpretazione di Geisler et al. (2017) è stata contraddetta da Hocking et al. (2017b) e da Peredo et al. (2017a), che hanno analizzato l'acutezza dei denti in una gamma di Mammiferi raptoriali terrestri e marini e Mammiferi che si nutrono filtrando, e conclusero che *Coronodon* utilizzava un mix di alimentazione raptoriale e suzione, ma senza alimentazione filtrante.

- *Maiabalaena nesbittae*, una nuova balena fossile proveniente dalle rocce dell'Oligocene inferiore (circa 33 ma), sembra priva sia di denti che di fanoni (Peredo et al., 2018).

- L'analisi filogenetica mostra che *Maiabalaena* è discendente dei Mysticeti muniti di denti, dimostrando che la perdita dei denti ha preceduto l'evoluzione dei fanoni e rappresentando la linea di ramificazione più basale dei Mysticeti sdentati.



Conclusioni



- Verosimilmente le antiche balene non adoperavano un apparato di filtraggio basato sui denti.
- Ciononostante, alcune specie come *Llanucetus* avrebbero potuto sfruttare questa strategia alimentare, con lo sviluppo di proto-fanoni o di strutture cheratinose dal palato.
- Infine, la documentazione fossile dei primi Mysticeti è molto scarsa nel tardo Eocene e nel primo Oligocene, dove una grande varietà di adattamenti alimentari potrebbero essere stati acquisiti indipendentemente in diversi lignaggi.

Bibliografia

Lavori scientifici a supporto:

- Marx, F. G., Lambert, O. and Uhen, M. D. 2016a. Cetacean Paleobiology, First Edition. John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118561546
- Marx, F. G., Hocking, D. P., Park, T., Ziegler, T., Evans, A. R. and Fitzgerald, E. M. G. 2016b. Suction feeding preceded filtering in baleen whale evolution. *Memoirs of Museum Victoria* 75: 71-82. <http://doi.org/10.24199/j.mmv.2016.75.04>
- Hocking, D. P., Marx, F. G., Fitzgerald, E. M. G. and Evans, A. R. 2017. Ancient whales did not filter feed with their teeth. *Biology Letters*, vol. 13: 20170348. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2017.0348>
- Peredo, C. M., Pyenson, N. D. and Boersma, A. T. 2017a. Decoupling tooth loss from the evolution of baleen in whales. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4: 67. doi: 10.3389/fmars.2017.00067.
- Peredo, C. M., Pyenson, N. D., Marshall, C. D. and Uhen, M. D. 2018. Tooth Loss Precedes the Origin of Baleen in Whales. *Current Biology*, vol. 28 (24): 3992-4000.e2. doi: 10.1016/j.cub.2018.10.047. PMID: 30503622.
- Muizon, C. de, Bianucci, G., Martínez-Cáceres, M. and Lambert, O. 2019. *Mystacodon selenensis*, the earliest known toothed mysticete (Cetacea, Mammalia) from the late Eocene of Peru: anatomy, phylogeny, and feeding adaptations. *Geodiversitas* 41 (11): 401-499. <https://doi.org/10.5252/geodiversitas2019v41a11>. <http://geodiversitas.com/41/11>

Immagini tratte da:

- <https://twitter.com/fedkukso/status/1309910489183531011/photo/1>
Marx, F. G., Lambert, O. and Uhen, M. D. 2016. *Cetacean Paleobiology, First Edition*. John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118561546
- https://www.researchgate.net/publication/333508355_Mystacodon_selenensis_the_earliest_known_toothed_mysticete_Cetacea_Mammalia_from_the_late_Eocene_of_Peru_anatomy_phylogeny_and_feeding_adaptations
- <https://bioone.org/journals/geodiversitas/volume-41/issue-1/geodiversitas2019v41a11/Mystacodon-selenensis-the-earliest-known-toothed-mysticete-Cetacea-Mammalia-from/10.5252/geodiversitas2019v41a11.short>
- <https://twitter.com/CoastalPaleo/status/719211587031195648/photo/2>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/Suction-feeding-preceded-filtering-in-baleen-whale-Marx-Hocking/4db26d7c6756ed3a8e0f7f21b5f7aac036beead7/figure/4>
- <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2017.0348>
- <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2017.0348>
- [https://www.cell.com/current-biology/pdfExtended/S0960-9822\(18\)31414-3](https://www.cell.com/current-biology/pdfExtended/S0960-9822(18)31414-3)
- https://pubblicazioni.unicam.it/retrieve/handle/11581/396095/132167/current%20biology_compressed.pdf