

A. MENGARELLI<sup>1,2</sup>, A. ZANOLI<sup>1</sup>, B. BONELLI<sup>1,3</sup>, M. BELLINGERI<sup>3</sup>, G. GNONE<sup>2,3</sup>, L. FAVARO<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino (Italia)

<sup>2</sup>Fondazione Acquario di Genova ONLUS (Italia)

<sup>3</sup>Acquario di Genova (Italia)

<sup>4</sup>Centro Interuniversitario di Ricerca sui Cetacei (CIRCE), University of Siena, Siena, Italy  
corresponding author: alice.mengarelli@unito.it

## IL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEI TURSIOPI IN LIGURIA: USO DEI FISCHI FIRMA IN RELAZIONE AL CONTESTO COMPORTAMENTALE E ALLA COMPOSIZIONE SOCIALE

### THE ACOUSTIC BEHAVIOUR OF BOTTLENOSE DOLPHINS IN LIGURIA: USE OF SIGNATURE WHISTLES IN RELATION TO BEHAVIOURAL CONTEXT AND SOCIAL COMPOSITION

**Abstract** - Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) emit frequency-modulated whistles, especially employed in intraspecific communication. In the Pelagos Sanctuary, the acoustic behaviour of free-ranging bottlenose dolphins remains understudied, especially concerning the anthropogenic and social factors influencing whistle emission. In this study, we recorded the whistles of free-ranging common bottlenose dolphins in the shelf waters between Genoa and La Spezia (eastern Liguria, Italy) from May to October 2023. We analysed 1230 whistles, identified signature whistles (SW) – signals broadcasting the emitter identity - and extracted spectrotemporal parameters using Praat and PAMGUARD. Our results showed a greater production of SW and multiloop when calves were present in the group, especially during feeding behind trawlers. These findings support the pivotal coordinating role played by SW in the mother-calf relationship, especially in crowded and dynamic contexts. Moreover, our results cautiously suggest the existence of potential group whistles in the studied unit, highlighting the need for further research.

**Keywords:** acoustic repertoire, *Tursiops truncatus*, signature whistles, SIGID, calves

**Introduzione** - Il tursiopo, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), è una specie regolarmente osservata all'interno del Santuario Pelagos (SP), un'Area Specialmente Protetta di Interesse Mediterraneo, dove vive tipicamente nelle acque di piattaforma, entro 200 metri di profondità (Gnone *et al.*, 2011). Questa specie produce fischi a banda stretta e modulati in frequenza (1-30 kHz) impiegati nella comunicazione intraspecifica. Tra questi, i fischi firma (*signature whistle*, SW) sono segnali individualmente distintivi prodotti dai tursiopi fin dalla nascita e che diventano stabili nel tempo nel loro profilo di frequenza ( $f_0$  contour). I SW svolgono un ruolo fondamentale di coesione sociale all'interno dei gruppi *fission-fusion*. Il metodo SIGNatureIDentification (SIGID) (Janik *et al.*, 2013) consente di identificarli individuando fischi con lo stesso  $f_0$  contour ripetuti in brevi intervalli temporali (1-10 s). Un SW può essere costituito da più unità: la singola unità che costituisce lo  $f_0$  contour caratteristico di ciascun fischio, detta "loop", può essere ripetuta a formare un "fischio multiloop" (Janik & Sayigh, 2013; Sayigh *et al.*, 2022).

All'interno del SP, il comportamento acustico dell'unità di delfini liguri rimane in gran parte poco studiato, con solo due precedenti indagini sui SW (Terranova *et al.*, 2021; Bonelli *et al.*, 2025). Il nostro studio mira a: 1) arricchire il catalogo di SW identificato negli studi precedenti; 2) indagare quali fattori antropici e sociali influenzano la produzione di SW e la presenza di loop.

**Materiali e metodi** - I dati sono stati raccolti nell'ambito del progetto Delfini Metropolitan (attivo dal 2001) che monitora i tursiopi lungo le coste liguri del SP, tra Genova e La Spezia. Sono state effettuate 23 uscite diurne (maggio-ottobre 2023) a bordo di un gommone di 5,10 m di lunghezza, in condizioni di mare  $\leq 3$  sulla scala Douglas. Utilizzando un idrofono HTI-96-Min collegato a un registratore Zoom H1n (96 kHz/16 bit), abbiamo ottenuto quasi 6 ore di registrazioni acustiche durante 26 avvistamenti. Per ogni registrazione abbiamo raccolto i seguenti metadati: data, posizione, presenza di imbarcazioni entro 500 metri dal punto di registrazione, dimensione del gruppo (piccolo  $<20$  individui; grande  $\geq 20$  individui), presenza di piccoli ( $<3$  anni,  $< 220$  cm) e associazione opportunistica dei tursiopi con i pescherecci a strascico. La distanza da costa e la batimetria sono state ricavate successivamente. Le registrazioni sono state ispezionate in Praat (v. 6.4.18). Abbiamo classificato i fischi come SW, includendo sia quelli che soddisfacevano i criteri temporali richiesti da SIGID, sia quelli che non li soddisfacevano ma condividevano lo stesso  $f_0$  contour con un SW già identificato tramite SIGID (tutti raggruppati come "SIGID-NOSIGID-SW"). Gli altri fischi sono stati classificati come "fischi NOSIGID" (NOSIGID-W). Gli  $f_0$  contour sono stati tracciati in PAMGuard (v.2.02.16) utilizzando il modulo ROCCA (*Real-time Odontocete Call Classification Algorithm*), che ha estratto automaticamente 56 parametri acustici. Abbiamo così identificato 1230 fischi di buona qualità: 665 NOSIGID-W e 565 SIGID-NOSIGID-SW. In R (v. 4.4.1; R Core Team, 2024), abbiamo testato quali fattori antropici e sociali dei metadati, descritti in precedenza, influenzassero la presenza di SIGID-NOSIGID-SW. Abbiamo utilizzato la *model selection* per identificare il miglior Modello Lineare Generalizzato Misto Binomiale (GLMM). Abbiamo poi testato se i fattori antropici e sociali influenzassero la produzione di fischi multiloop, utilizzando come indicatori le variabili acustiche (non correlate) che descrivono modulazioni in frequenza (es. *flat* contour seguiti da *up* contour) e durata (es. tempo intercorso tra punti di inflessione di fischi multiloop; ottenute con ROCCA) dei fischi, adattando più GLMM per ciascuna di esse e utilizzando i metadati come covariate estratte dai metadati. Per questo, sono stati utilizzati tutti i fischi del dataset. Tutti i GLMM sono stati validati verificando le opportune assunzioni.

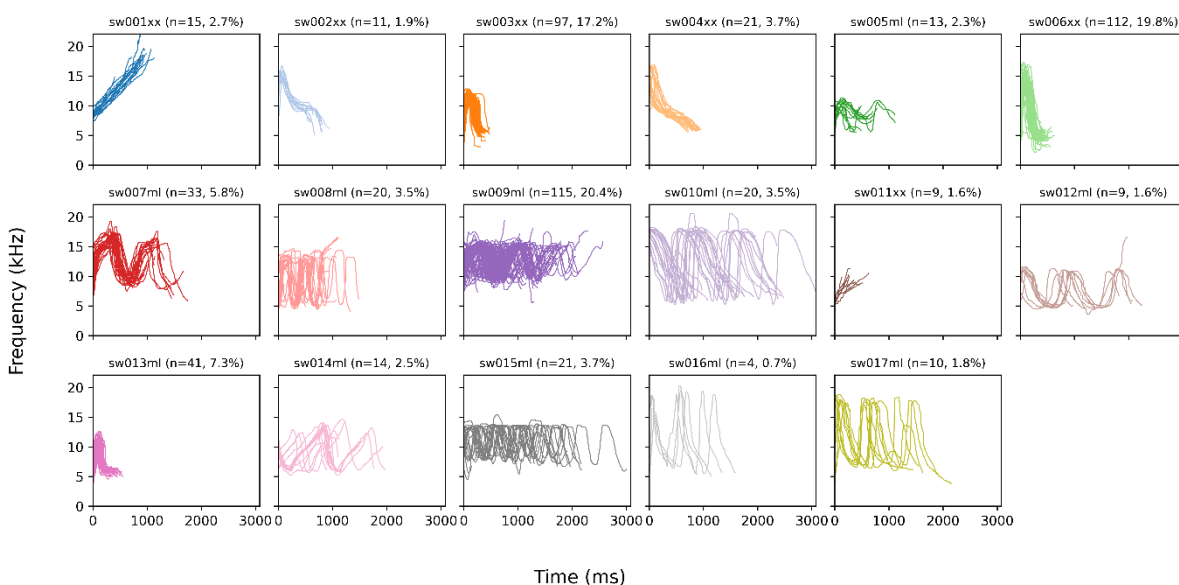


Fig. 1 -  $f_0$  contour dei SIGID-NOSIGID-SW. Numero e % sono riportati sul totale di SIGID-NOSIGID-SW.  $f_0$  contours of SIGID-NOSIGID-SW. Number and % are reported out of total SIGID-NOSIGID-SW.

**Risultati** - Abbiamo identificato 17 SW, dove due tipologie (SW009ml e SW006xx) sono risultate le predominanti (Fig. 1). La presenza di SIGID-NOSIGID-SW era influenzata positivamente dalla dimensione del gruppo, dalla presenza di piccoli e dal contesto di associazione con i pescherecci (*full vs null model*:  $\chi^2=20.13$ ;  $df=6$ ;  $P<0,01$ ) (Fig. 2). La presenza di piccoli e il contesto di associazione con i pescherecci sembra inoltre favorire la produzione di fischi multiloop, che vengono emessi con un maggiore intervallo di tempo tra un periodo e il successivo (*estimate*=0,209;  $P<0,05$ ) (Fig. 3).

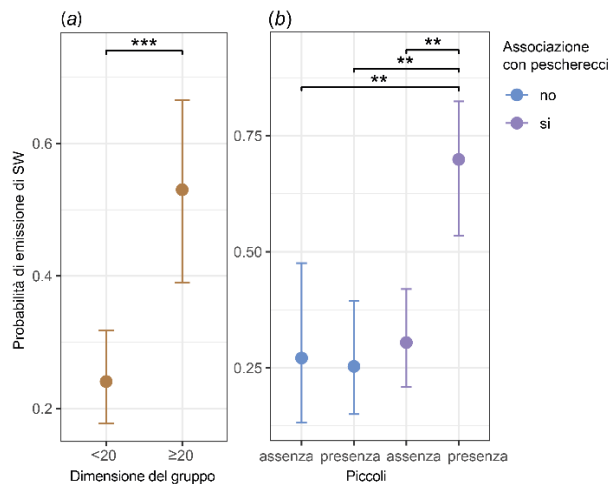


Fig. 2 - Probabilità stimate di emissione SIGID-NOSIGID-SW con intervalli di confidenza, che mostrano l'effetto (a) delle dimensioni del gruppo e (b) dell'interazione con pescherecci (\*presenza di piccoli). *Estimated probabilities of SIGID-NOSIGID-SW emission with confidence intervals, showing the effect of (a) group size and of (b) interaction with trawlers (\*calf presence).*

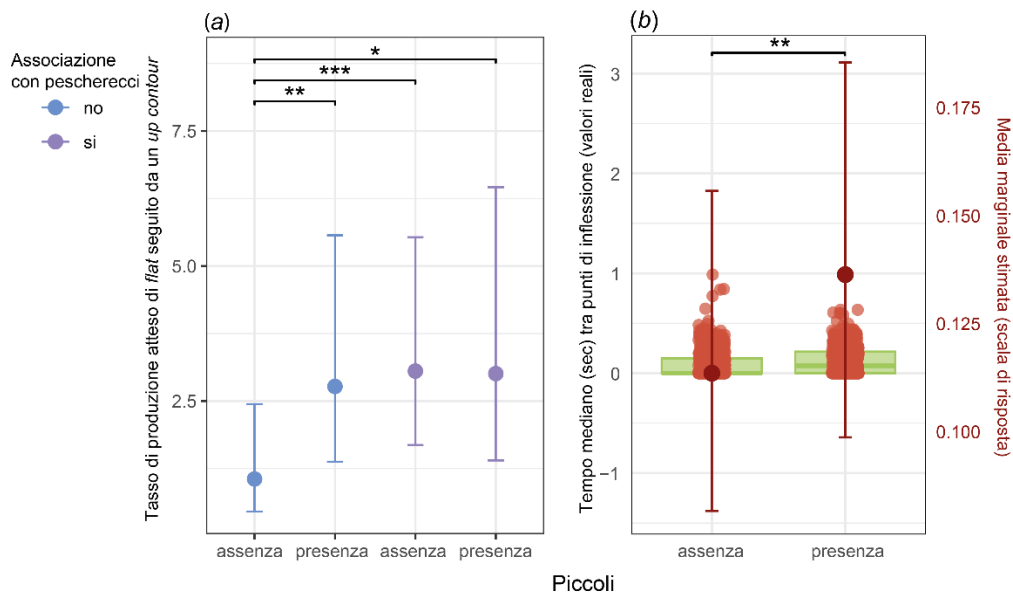


Fig. 3 - (a) Tassi di produzione attesi di flat contour seguiti da up contour in diverse condizioni (presenza/assenza di piccoli, contesto di alimentazione o no). (b) Tempo mediano in secondi tra punti di inflessione con fischi multiloop, in presenza/assenza di piccoli. *(a) Expected production rates of flat contour followed by an up contour across different conditions (calf presence/absence, feeding context or not). (b) Median time (s) between inflection points featuring multiloop whistles, in presence/absence of calves.*

**Conclusioni** – I fischi stereotipati registrati nei gruppi più numerosi (SW006xx e SW009ml) potrebbero rappresentare segnali condivisi dai membri dello stesso gruppo. Tali segnali favoriscono la coesione, il coordinamento e l'attenzione (Sayigh *et al.*, 2025) e potrebbero svolgere una funzione importante in contesti dinamici come l'alimentazione dietro ai pescherecci. Per verificare tale ipotesi sarebbe tuttavia necessario assicurarsi che lo stesso segnale venga effettivamente emesso da individui diversi.

L'aumento della produzione di SIGID-NOSIGID-SW in presenza di piccoli, specialmente in scia ai pescherecci e in gruppi grandi, conferma che questi segnali svolgono un ruolo importante nel coordinamento tra madre-piccolo. È noto infatti che le madri aumentano la produzione di SW nel periodo immediatamente successivo al parto, per consentire al piccolo di riconoscere il loro segnale. Tale abilità permetterà alla coppia madre-piccolo di mantenere il contatto, ricongiungersi e coordinare gli allattamenti (Gnone & Moriconi, 2009).

L'emissione di fischi in formato multiloop potrebbe essere legata a una maggiore difficoltà, da parte della coppia madre-piccolo, di coordinarsi in contesti particolarmente affollati e dinamici, come l'alimentazione in associazione ai pescherecci, dove è necessario aumentare il contenuto dell'informazione (Mosca *et al.*, 2024). I fischi multiloop, infatti, grazie alla loro maggiore durata e complessità strutturale, contengono una quantità maggiore di informazioni rispetto alla posizione e all'identità di emette il segnale (Sayigh *et al.*, 1999).

### Bibliografia

- BONELLI B., BELLINGERI M., ZANOLI A., ROELLA M., FAVARO L., GNONE G. (2025) - Variability of signature whistle emission in a bottlenose dolphin unit off the eastern Ligurian coast (Italy). *Biol. Mar. Mediterr.*, **29** (1): 166.
- GNONE G., MORICONI T. (2009) - Use and function of distinctive whistle-like signals in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) mother-calf pair. In: Pearce A.G., Correa L.M. (eds), *Dolphins: anatomy, behaviour, and threats. Animal science, issues, and professions*. Nova Science Publishers, New York, NY: 49-167.
- GNONE G., BELLINGERI M., DHERMAIN F., DUPRAZ F., NUTI S., BEDOCCHI D., MOULINS A., ROSSO M., ALESSI J., MCCREA R.S., AZZELLINO A., AIROLDI S., PORTUNATO N., LARAN S., DAVID L., DI MEGLIO N., BONELLI P., MONTESI G., TRUCCHI R., et al. (2011) - Distribution, abundance, and movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Pelagos Sanctuary MPA (north-west Mediterranean Sea). *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, **21** (4): 372-388.
- JANIK V.M., SAYIGH L.S. (2013) - Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. *J. Comp. Physiol. A*, **199** (6): 479-489.
- MOSCA F., METHION S., LOPEZ B.D. (2024) - Whistle rate determinants in wild bottlenose dolphins: Behaviour, location, and group size. *Bioacoustics*, **34** (3): 260-279.
- SAYIGH L., JENSEN F., MCHUGH K., CASOLI M., LEMERCIER L., TYACK P., WELLS R., JANIK V.M. (2025) - First evidence for widespread sharing of stereotyped non-signature whistle types by wild dolphins. *bioRxiv*.
- SAYIGH L.S., TYACK P.L., WELLS R.S., SOLOW A.R., SCOTT M.D., IRVINE A.B. (1999) - Individual recognition in wild bottlenose dolphins: A field test using playback experiments. *Anim. Behav.*, **57** (1): 41-50.
- SAYIGH L.S., JANIK V.M., JENSEN F.H., SCOTT M.D., TYACK P.L., WELLS R.S. (2022) - The Sarasota Dolphin Whistle Database: A unique long-term resource for understanding dolphin communication. *Front. Mar. Sci.*, **9**: 923046.
- TERRANOVA F., GNONE G., FRIARD O., BELLINGERI M., GIACOMA C., FAVARO L. (2021) - Signature whistles of the demographic unit of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) inhabiting the Eastern Ligurian Sea: characterisation and comparison with the literature. *Eur. Zool. J.*, **88** (1): 771-781.