

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Cognitiva Applicata

Tesi di Laurea Magistrale

**CANI DOMESTICI ED ABILITA' NUMERICHE: UN'INDAGINE PRELIMINARE SULLA
DISCRIMINAZIONE DI GRANDEZZE NUMERICHE**

**Domestic dogs and numerical abilities: a preliminary investigation about
discrimination of numerical quantities**

Relatrice: Prof.ssa Lucia Regolin

Correlatrice: Prof.ssa Maria Loconsole

Laureando: Pietro Buffo

Matricola: 2050627

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 Prefazione	1
1.2 Cognizione numerica nel regno animale.....	3
1.3 Discriminazione numerica	5
1.4 Discriminazione numerica nei cani	11
1.5 L'effetto del paradigma.....	16
2. MATERIALI E METODI.....	18
2.1 Soggetti	18
2.2 Fase di preparazione.....	19
2.3 Procedura sperimentale	22
3. ANALISI DEI DATI E RISULTATI.....	24
4. DISCUSSIONI E CONCLUSIONE	26
5. BIBLIOGRAFIA	33

1. INTRODUZIONE

1.1 Prefazione

La ricerca da me condotta, illustrata nei prossimi capitoli, fa parte di uno studio più ampio.

L'oggetto di questo studio riguarda la discriminazione di grandezze numeriche nei cani domestici: si vuole indagare l'effetto che diverse esperienze durante la prima prova, hanno sulla performance generale in un test di scelta spontanea a prove ripetute.

Nello specifico, l'esperimento condotto scaturisce da due ipotesi:

- 1) Ad influenzare la performance in un paradigma di scelta spontanea tra due alternative, non è solo l'apprendimento del setting sperimentale, ma anche il correlato emotivo-motivazionale che scaturisce dall'esperienza della ricompensa: non è sufficiente per il cane vedere una delle opzioni di scelta venirgli sottratta per mettere in atto un comportamento discriminativo, è necessario che esperisca una perdita in termini di ricompensa ottenuta (ad esempio, cibo).
- 2) Esperita la privazione, i cani sono in grado di apprendere dalla propria esperienza e modificare di conseguenza il loro comportamento. Una volta appreso di non poter accedere all'intera quantità di cibo, ci si aspetta di assistere ad una scelta del cane più vantaggiosa in termini quantitativi. Una scelta vantaggiosa basata sulla discriminazione numerica è considerata una scelta ponderata, nella misura in cui il set di cibo recante il maggior quantitativo disponibile viene scelto, escludendo il set più piccolo.

I compiti da me svolti prevedevano: il reperimento dei materiali necessari per l'esperimento (il consenso informato, il cibo, le mascherine, gli occhiali da sole e lo scotch), dei soggetti al

test (i partecipanti volontari sono stati raggiunti grazie ad un post su un gruppo Facebook e grazie ad alcuni incontri avvenuti in parchi riservati ai cani, essi venivano successivamente contattati per via telefonica e veniva accordato un giorno per l'incontro) e la raccolta dati.

Al fine di una migliore comprensione delle ipotesi sperimentali e dei risultati di questo studio, questo lavoro di tesi verrà diviso nel seguente modo: una prima parte di introduzione, nella quale verrà fornita una panoramica sulla cognizione numerica nel regno animale, successivamente mi concentrerò, più nello specifico, sull'abilità di discriminazione numerica in cognizione animale ed in particolare nei cani domestici.

Il fine sarà quello di fornire gli elementi necessari per un'agevole comprensione del lavoro svolto.

Vi sarà una seconda parte dove presenterò l'esperimento svolto organizzando l'esposizione in materiali e metodi, analisi dei dati e risultati.

Infine, il capitolo discussioni e conclusione dove verranno interpretati i dati ottenuti alla luce della letteratura disponibile ed in relazione alle ipotesi fatte.

1.2 Cognizione numerica nel regno animale

La letteratura che ha avuto modo di indagare quali fossero le basi cognitive grazie alle quali l'uomo è in grado di elaborare il concetto di quantità ha mostrato come il processamento delle informazioni sulla quantità sia un meccanismo innato e diffuso nel regno animale.

Nello specifico, la ricerca nell'ambito della cognizione numerica identifica non solo nell'uomo, ma in diverse specie animali, due sistemi di rappresentazione utili alla percezione ed alla manipolazione di grandezze numeriche (Cornoldi, 2019. *I disturbi dell'apprendimento*, Il Mulino, 448).

Il primo sistema (*Approximate Number System*, ANS, Dehaene et al. 2003) permette agli animali di discriminare due grandezze numeriche differenti, nei limiti di un determinato rapporto (più le grandezze differiscono in termini di quantità, meno il compito è complesso); è un sistema che opera istantaneamente ma risulta essere impreciso, la rappresentazione numerica è dunque approssimata.

Il secondo sistema (*Object Tracking System*, OTS; Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004) opera solamente per le piccole numerosità; è un sistema esatto, si occupa di tenere traccia di un preciso numero di unità (Dehaene, 1992).

In questo caso, la numerosità precisa è stimata implicitamente tramite il riconoscimento immediato di un numero di elementi che avviene secondo principi spazio-temporali di coesione (Cornoldi, 2019. *I disturbi dell'apprendimento*, Il Mulino, 448).

È un sistema che fa affidamento alla memoria di lavoro; dunque, possiede una capacità limitata; essendo necessario per l'organismo mantenere una rappresentazione parallela di più elementi, è possibile l'immagazzinamento di soli tre o quattro elementi per volta (Agrillo et al., 2008).

L'insieme delle rappresentazioni astratte generate dai due sistemi costituiscono un'abilità considerata dai ricercatori la base cognitiva per rappresentare e manipolare diverse quantità numeriche, quest'abilità costituisce una prima forma di percezione di quantità ed è stata definita *number sense* (Mou & van Marle, 2014).

Possedere il senso del numero non significa saper contare, utilizziamo il termine "conteggio" per fare riferimento ad un set di abilità che possiedono come condizione necessaria il senso del numero, ma non sufficiente.

Saper contare implica almeno il riconoscimento delle seguenti due qualità dei numeri (Wynne & Udell, 2021. *Animal Cognition*, Red Globe Press, 393):

- 1) Etichettatura: attribuire ad una certa quantità un nome, indipendentemente dalla forma in cui viene presentata. Riconoscere un ordine nei nomi attribuiti alle quantità.
- 2) Cardinalità: concetto per cui il nome che rappresenta l'ultimo elemento di un insieme è anche il nome che indica il numero di elementi di quell'insieme

È dunque necessario, prima di poter parlare di "conteggio" investigare la presenza o l'assenza in un animale delle abilità relative al senso del numero e successivamente la possibilità che l'animale sia in grado di apprendere i concetti sopra elencati.

È da tener conto, inoltre, che la numerosità di un insieme varia parallelamente ad altri attributi che forniscono un'informazione agli animali rispetto alla quantità osservata: densità degli elementi, somma dei contorni e la durata temporale di una serie di elementi presentati in successione, ne sono un esempio (Clearfield & Mix 1999).

Mi concentrerò, nei prossimi capitoli, sulla discriminazione numerica poiché essa è oggetto di studio del lavoro da me svolto.

1.3 Discriminazione numerica

Quando si tratta di discriminazione di grandezze numeriche si fa dunque riferimento ad un sistema di rappresentazione numerica di quantità analogico, che obbedisce alla legge di Weber (all'aumentare della grandezza numerica è necessaria una disparità maggiore per ottenere lo stesso livello di discriminazione).

Il grado di discriminazione tra due quantità che un animale è in grado di compiere è determinato, non tanto dal valore assoluto numerico dei due insiemi, quanto piuttosto dal rapporto esistente tra le quantità da discriminare.

Generalmente, gli animali sono in grado di discriminare tra quantità maggiori di tre o quattro unità, purché vi sia un rapporto di numerosità minimo, solitamente 1:2 o 2:3 (Agrillo et al.,2008).

Uno dei primi a studiare quest'abilità nell'ambito della cognizione animale fu Otto Koehler (1951), oggetto dei suoi studi furono le abilità numeriche in diverse specie di uccelli.

In un primo esperimento che utilizzava i piccioni come soggetto, Koehler e colleghi fornivano una serie di contenitori alla portata degli uccelli; ai coperchi venivano incollate diverse numerosità di semi e venivano istruiti ad avvicinare i contenitori con la quantità maggiore o quella minore.

Se l'animale sceglieva il contenitore esatto, veniva fornita una ricompensa, se il soggetto non rispondeva correttamente, non veniva fornita nessuna ricompensa, veniva invece scacciato verbalmente o con una paletta per mosche.

I risultati mostrarono che i piccioni sono in grado, successivamente ad un addestramento, di discriminare tra due quantità diverse; non fornivano però una spiegazione sui meccanismi alla base di questa scelta.

Ovvero: la scelta messa in atto dal piccione è determinata dal numero di elementi in un gruppo oppure il soggetto ricorre ad altre informazioni derivanti dalle qualità fisiche degli stimoli? L'uccello è in grado di percepire una differenza nella numerosità dei semi o si rifà ad esempio alla porzione di spazio occupata?

A fornire una risposta al quesito fu Jacky Emmerton e colleghi (1997), che replicarono gli studi di Koehler con i piccioni, ponendo un occhio di riguardo verso quelle variabili che potevano rappresentare un disturbo per l'ipotesi di ricerca.

I piccioni venivano addestrati in una *Skinner box* a fissare uno schermo che faceva apparire diverse numerosità di puntini ed a premere con il becco due tasti.

Beccare il primo tasto veniva considerata una risposta corretta nella sola condizione in cui i puntini sullo schermo erano sei o sette (molti), in tal caso la scelta veniva ricompensata di conseguenza.

L'altro tasto invece, rappresentava una scelta corretta nella sola condizione in cui i puntini erano uno o due (pochi).

Successivamente a questa fase di training, ai piccioni veniva posta una scelta simile ma con oggetto diverse numerosità: tre quattro o cinque puntini.

Oltre a ciò, Jacky Emmerton variò sistematicamente le dimensioni degli stimoli, la forma, la grandezza, la luminosità e la densità, per poi osservare in che modo la risposta comportamentale variava.

Tenendo sotto controllo queste variabili, i ricercatori furono in grado di stabilire se fosse sufficiente il numero di puntini a permettere al piccione di discriminare le due numerosità; i risultati dimostrarono che i piccioni erano in grado di utilizzare la numerosità di un gruppo

per astrarre il concetto di “più grande” e “più piccolo” senza dover necessariamente ricorrere ad altri fattori (Wynne & Udell, 2021. *Animal Cognition*, Red Globe Press, 393).

Non solo i piccioni si sono dimostrati portatori di questa abilità, la letteratura ci riporta numerosi esempi di specie diversificate tra loro, in grado di discriminare tra due o più grandezze numeriche.

Messi di fronte ad una scelta spontanea tra banchi di pesci di dimensioni differenti, gli esemplari della specie *Pimephales promelas*, tendono a scegliere banchi di dimensioni maggiori, soprattutto in presenza di un predatore (Hager & Helfman, 1991).

Christian Agrillo e colleghi, in uno studio sulla discriminazione numerica nelle gambusie, suggeriscono l'esistenza di due meccanismi distinti nella scelta spontanea verso un banco.

Uno utilizzato per il confronto di piccoli numeri di oggetti (fino a quattro), coerente con una scelta basata sulla numerosità dei pesci presenti in banco ed un secondo meccanismo che entra in gioco con numerosità più ampie, influenzato dalla quantità totale di movimento messo in atto dai pesci e dall'area totale occupata (Agrillo et al.,2008).

In entrambe le specie, è possibile che: il comportamento messo in atto dai pesci e la conseguente necessità di utilizzare informazioni di tipo numerico, sia una strategia evolutiva anti-predatoria, in quanto utile a ridurre la probabilità di essere presi di mira da un predatore, in un territorio sconosciuto (Agrillo et al.,2007).

La preferenza per il banco di pesci più numeroso, risulta essere utile anche in termini di movimento idrodinamico (Barber & Folstad,2000) e per gli esemplari femmina gravidi di gambusia, davanti a comportamenti sessuali opprimenti dei conspecifici maschi (Agrillo et al.,2007).

Un'altra forma di vantaggio evolutivo della valutazione numerica di un insieme è riscontrabile nei comportamenti competitivi delle specie sociali: è possibile che la valutazione dei costi di un combattimento con gruppi di diverse numerosità abbia permesso il mantenimento di questa abilità nel corso dell'evoluzione.

In uno studio svolto da Karen McComb e colleghi (1994), sono state riprodotte registrazioni di ruggiti riconducibili a singole femmine e di gruppi di tre femmine che ruggivano in coro per simulare la presenza di intrusi nei territori di 21 diversi branchi di leoni nel Parco Nazionale del Serengeti.

I risultati mostrano come la probabilità che le leonesse si approcciassero al gruppo maggiore di ruggiti era inferiore rispetto al ruggito singolo, oltre a risultare più caute nell'avvicinamento.

Le leonesse adattavano la loro decisione non solo rispetto al numero di ruggiti che udivano ma anche rispetto al numero di componenti che vantava il loro gruppo.

L'esperimento condotto dimostra come i concorrenti in un gruppo di animali appartenenti ad una specie sociale, adattino il loro comportamento agonistico in base al numero di individui del proprio gruppo e di quello avversario.

Un risultato simile è stato ottenuto anche in uno studio con soggetti i lupi grigi nel parco nazionale dello Yellowstone (Cassidy et al., 2015).

Un altro significato adattivo dell'abilità a discriminare grandezze numeriche può essere ricercato nei comportamenti accumulativi di diverse specie animali.

In un esperimento condotto da Simon Hunt, Jason Low e K.C. Burns (2008), si voleva indagare se alcuni uccelli della specie *Petroica australis*, utilizzassero giudizi numerici nel ritrovamento e recupero di cibo nascosto.

La petroica bruna dell'isola del Sud (soggetto dell'esperimento) è nota per l'abilità di nascondere il cibo raccolto in specifici punti per poi recuperarlo in un secondo momento a distanza di tempo, è un comportamento comune in diverse specie di corvidi e viene messo in atto soprattutto in previsione dell'inverno.

Questo comportamento è stato utilizzato in letteratura per lo studio di diverse abilità in cognizione animale, quali la memoria visuo spaziale ed il "*mental time travel*" (ad esempio, Clayton et al., 2003).

In questo studio, sono stati condotti diversi esperimenti: in questi esperimenti venivano presentati agli uccelli, in successione, un numero variabile di vermi della farina e nascosti alla vista in posizioni diverse.

Lasciati liberi, in un secondo momento, di recuperare il cibo nascosto; i risultati mostravano come le petroiche sceglieressero più spesso i siti contenenti più cibo.

Inoltre, in un successivo esperimento, il cui paradigma prevedeva una violazione dell'aspettativa; è emerso che gli uccelli passavano più tempo a cercare le prede nei siti in cui si aspettavano ci fosse più cibo, lasciando trasparire la consapevolezza della mancanza di parte del cibo (agli uccelli veniva mostrato un quantitativo di cibo maggiore rispetto a quello che avrebbero trovato, parte del cibo veniva infatti tolta dallo sperimentatore senza che i soggetti ne fossero consapevoli).

I risultati ottenuti da questi esperimenti mostrano come le petroiche fossero in grado di discriminare un nascondiglio contenente più pezzi di cibo da uno contenente meno, utilizzando un sofisticato senso del numero che permette a questi animali di tenere traccia dei quantitativi di cibo nascosto in diverse posizioni e nel tempo.

Gli esempi che ho fornito sono utili a comprendere il motivo per cui la *fitness* evolutiva generale abbia premiato il mantenimento di questa abilità; essere in grado di discriminare tra diverse grandezze numeriche fornisce agli animali un vantaggio per quanto riguarda comportamenti anti-predatori, accumulo di cibo e competizione tra gruppi di conspecifici.

1.4 Discriminazione numerica nei cani

Per quanto riguarda la discriminazione di grandezze numeriche nei cani domestici (*Canis lupus familiaris*), numerose sono state le ricerche che hanno trattato l'argomento.

Storicamente i canidi sono stati testati, per quanto riguarda la cognizione numerica, mediante due tipi di paradigmi: il primo è un paradigma a scelta spontanea tra due alternative, il secondo è un paradigma di violazione dell'aspettativa.

Nel primo caso si vuole indagare quanto la scelta tra due alternative quantitativamente differenti possa essere ponderata secondo una discriminazione numerica tra le due. Una volta scelta una quantità di cibo tra due offerte, la quantità scartata viene "sequestrata", privando il soggetto sperimentale del suo contenuto.

Cani, lupi e coyote hanno dimostrato di essere in grado di discriminare grandezze numeriche differenti; in tutte e tre le specie risulta vantaggioso possedere una forma di percezione delle grandezze numeriche per quanto riguarda comportamenti quali: monitoraggio della prole (tenere traccia del numero di cuccioli), comportamento nei conflitti di gruppo (giudizio sulla numerosità del proprio branco e di quello avversario con conseguente decisione comportamentale) e decisioni strategiche nel procacciamento del cibo (massimizzare il cibo ottenibile nel minore tempo possibile valutando la quantità disponibile) (Banerjee & Badhra, 2019).

I lupi sembrano performare meglio, rispetto ai cani, in task cognitivi "fisici" quali una scelta spontanea tra due stimoli differenti dove uno risulta vantaggioso.

Tuttavia, i cani performano meglio in task cognitivi "sociali"; è possibile che, se testati tramite una procedura sperimentale che coinvolge una scelta spontanea, la discriminazione numerica possa passare in secondo piano rispetto ad altri fattori (Banerjee & Badhra, 2019).

Essendo una specie che utilizza la percezione olfattiva come via preferenziale, è probabile che nella scelta discriminatoria si affidino maggiormente ad indizi olfattivi piuttosto che visivi (Banerjee & Badhra, 2019).

Questo fattore è risultato evidente nello studio svolto da Arunita Banerjee e Anindita Badhra (2019), che ha utilizzato come soggetti sperimentali cani randagi, tuttavia, quando si tratta di cani di famiglia, sembra che, quando le quantità da discriminare sono coperte, l'olfatto non sia sufficiente per scegliere il quantitativo maggiore tra i due (Miletto Petrazzini & Wynne, 2016).

La differenza comportamentale ci fornisce un suggerimento sull'influenza che possiede l'impatto ambientale sulla discriminazione numerica: è possibile infatti che, a differenza dei cani randagi, i cani di famiglia non siano abituati a riconoscere differenze nel cibo percepito tramite l'odore e che ciò influisca negativamente sulla performance (Petrazzini et al., 2020).

Appurato che i cani utilizzino indizi percettivi per effettuare una discriminazione tra due quantità, è necessario comprendere se siano in grado di svolgere il compito sperimentale, privati dell'informazione sensoriale.

Nello studio condotto da Camille Ward e Barbara B. Smuts (2007) si vuole in un primo esperimento verificare se i cani domestici siano in grado di effettuare discriminazioni numeriche basate sulla quantità; in un secondo esperimento, invece, si vuole indagare la presenza o l'assenza di questa abilità nel caso in cui, dopo aver mostrato il cibo ai soggetti, esso venga ricoperto, non permettendo in tal modo l'utilizzo dell'olfatto o della vista per effettuare la scelta.

Nel primo esperimento, la maggior parte (83%) dei soggetti sceglie la quantità maggiore rispetto a quella minore.

Nella scelta, si conferma il vincolo della legge di Weber: è più facile che i cani scelgano il quantitativo più grande quando il rapporto tra le due numerosità è basso e la distanza numerica tra i due set è alta.

Il secondo esperimento considerava tre condizioni: la prima era un'estensione del primo esperimento, al quale venivano aggiunte due condizioni (1 contro 1 e 1 contro 5).

Nella seconda condizione, le due ciotole di cibo, dopo essere state mostrate contemporaneamente, vengono ricoperte e viene data la possibilità al cane di scegliere, solamente dopo qualche secondo.

Nella terza condizione, a differenza della seconda, le ciotole vengono scoperte in successione, non all'unisono.

È dunque necessario, per i cani testati in questa condizione, tenere traccia mentale delle quantità che sono state mostrate per rilevare la differenza esistente tra di esse.

Nel secondo esperimento e soprattutto nel terzo, i cani dimostrano di saper effettuare una scelta verso il quantitativo maggiore confermando l'ipotesi sperimentale secondo la quale i cani siano in grado di costruire una rappresentazione mentale delle due quantità di cibo percepite in precedenza e siano in grado di compiere una discriminazione sulla traccia mnestica formata.

Gli studi sopra-citati confermano l'ipotesi secondo la quale i cani domestici siano in grado di discriminare piccole quantità di cibo, tuttavia, risulta evidente in ogni esperimento che la loro performance decresca all'aumentare del rapporto tra le due grandezze presentate.

A differenza dei cani, i lupi appaiono in grado di mettere in atto discriminazioni indipendentemente dal numero di oggetti presentati sequenzialmente.

In un paradigma simile alla terza condizione nell'esperimento sopracitato, ai lupi venivano forniti in successione due contenitori opachi contenenti diverse quantità di cibo: ai soggetti era richiesto di mettere in atto una scelta preferenziale tra i due (Utrata et al., 2012).

I risultati mostrano come, a differenza dei precedenti studi sui cani e sui coyote (*Canis latrans*) (Baker et al., 2011), le prestazioni dei lupi non sono peggiorate con la crescita del rapporto.

I dati riportati da questi esperimenti sembrano indicare una differenza tra le abilità numeriche mostrate all'interno della famiglia dei canidi; in particolare tra cani domestici (*Canis lupus familiaris*) e lupi (*Canis lupus*) (Miletto Petrazzini & Wynne, 2017).

Nello studio svolto da Maria Elena Miletto Petrazzini e Clive D.L. Wynne (2017) vengono confrontate dunque le abilità di cani e lupi, in un paradigma di scelta spontanea tra due stimoli, nell'utilizzo della discriminazione numerica.

Ad entrambi venivano fornite due ciotole contenenti diverse quantità di cibo e gli era concesso di prelevare il cibo dalla sola ciotola scelta. Le prove somministrate erano suddivise in quattro tipi di confronti numerici crescenti: 1 contro 3, 2 contro 4, 2 contro 3 e 3 contro 4.

I risultati mostravano come i lupi fossero in grado di scegliere il quantitativo di cibo maggiore indipendentemente dal rapporto vigente tra le due numerosità presentate, a differenza dei cani che fallivano nei test che prevedevano i rapporti 2 contro 3 e 3 contro 4.

I ricercatori hanno ipotizzato diverse spiegazioni in merito alla differenza tra le due specie: la prima ipotesi è che i lupi utilizzino in questi paradigmi sperimentali il sistema di tracciamento oggetti (OTS) citato nel capitolo "cognizione numerica nel regno animale", in grado di tenere traccia di un piccolo quantitativo di oggetti.

Dato sistema sarebbe particolarmente utile in una specie come il lupo per tracciare un numero di individui in un gruppo rivale o un quantitativo di prede in movimento.

Per quanto riguarda i cani di famiglia, probabilmente, non essendo abituati a procacciarsi il cibo, non vivono in un ambiente che li spinge ad allenare questa determinata abilità, non sono motivati ad utilizzarla.

I cani randagi invece, sono in maggior specie raccoglitori, vivono vicini agli insediamenti umani e raccolgono i rifiuti; per quanto discriminare tra due grandezze numeriche sia un'abilità fondamentale per essere in grado di procurarsi più cibo possibile nel minor tempo, è probabile che ciò non avvenga per quantitativi così piccoli (Agrillo & Bisazza, 2014).

Un'altra possibile spiegazione è che, comportamento ed abilità cognitive siano influenzati dall'ambiente e dall'organizzazione sociale delle due specie: i cani farebbero meno affidamento dei lupi su di un branco per cacciare e difendere il proprio territorio; la discriminazione numerica sarebbe dunque meno sviluppata.

1.5 L'effetto del paradigma

Nello studio svolto nel 2014 da Christian Agrillo e Angelo Bisazza, viene ipotizzata una possibile differenza, nei risultati, tra paradigmi di scelta spontanea e procedure di training nelle indagini sulla discriminazione numerica.

Mentre nel primo approccio si inferisce l'abilità di discriminare due quantità dalla scelta messa in atto tra due stimoli biologicamente rilevanti, il secondo metodo prevede un addestramento dei soggetti all'associazione condizionata tra uno stimolo neutro (ad esempio una quantità di puntini sullo schermo) ed una ricompensa.

Fornire ad un soggetto una serie di scelte ripetute successivamente ricompensate, permette a quest'ultimo di apprendere il compito sperimentale (procedura di training), è dunque interessante indagare il confronto tra paradigmi che utilizzano una scelta spontanea singola e paradigmi che forniscono all'animale una serie di scelte ripetute.

Al fine di studiare questa differenza, è possibile mettere a confronto la prima scelta messa in atto dal soggetto (scelta realmente naïve), con la performance generale in un paradigma con scelte ripetute (Normando et al., 2022).

Nello studio svolto da Simona Normando et al. (2022), si voleva indagare se i cani domestici esprimessero una preferenza per la quantità più grande nella prima scelta; in secondo luogo, l'effetto dell'apprendimento della conseguenza della loro azione sulle prove successive.

I risultati hanno mostrato come i cani scegliessero casualmente nella prima prova a loro fornita, inoltre, i cani che nel primo trial avevano scelto il set di cibo minore, hanno mostrato un significativo reindirizzamento della scelta verso la quantità maggiore; non si sono osservate differenze per i cani che avevano scelto il set più grande inizialmente.

In conclusione, è possibile che i cani inizialmente estranei alla procedura sperimentale non siano motivati a scegliere il quantitativo di cibo maggiore, tuttavia, una volta fatta esperienza di non potersi cibare del contenuto della ciotola scartata ed aver invece potuto consumare il quantitativo di cibo scelto, i cani apprenderebbero il compito sperimentale e cambierebbero la propria scelta di conseguenza.

I cani domestici risultano essere, dunque, molto sensibili ai risultati della loro esperienza; il primo trial fornito in un paradigma di scelta spontanea sarebbe, per questo motivo, di fondamentale importanza per reindirizzare le scelte alle successive prove.

Preso consapevolezza dei risultati di questo esperimento si è sentita la necessità di indagare l'influenza di diverse esperienze vissute dai cani nel primo trial sulla performance generale; per tale motivo, è stato svolto l'esperimento che esporrò di seguito.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Soggetti

L' esperimento ha coinvolto un totale di venti cani adulti, di cui dieci maschi e dieci femmine, con un range d'età che andava da uno a dodici anni. Lo studio è stato svolto sul territorio Padovano e la partecipazione era su base volontaria. I partecipanti sono stati contattati tramite mezzi eterogenei quali: gruppi Facebook, aree riservate per cani ed una rete di conoscenze tra proprietari di cani della zona. Una volta presi i contatti con i partecipanti, l'esperimento veniva svolto esclusivamente presso la residenza dei partecipanti, così da garantire un ambiente familiare al cane. Nella quasi totalità dei casi l'esperimento è stato svolto al chiuso (salotti, cucine, camere da letto), in un caso la procedura è stata svolta all'aperto, previo accertamento dell'assenza di elementi disturbanti per la procedura. Il motivo della scelta è la necessità di un ambiente più neutrale possibile, di alta familiarità per il cane, che non fosse fonte di distrazioni per l'attenzione del cane.

2.2 Fase di preparazione

Prima che la procedura sperimentale iniziasse, era necessario un colloquio informativo con il padrone, al fine di raccogliere informazioni di interesse per la ricerca ed al fine di presentare ed esplicitare il consenso informato. Le informazioni raccolte vertevano sulla salute psico-fisica del cane e sul suo stato attuale: per prima cosa, per garantire un'adeguata motivazione alla ricerca del cibo, era necessario ci accertassimo che il cane fosse in uno stato di digiuno nelle precedenti due ore. Si procedeva con la raccolta di informazioni sullo stato riproduttivo e l'eventualità nella quale il cane avesse precedentemente partecipato a qualsivoglia tipologia di training o addestramento.

Era inoltre importante constatare che il cane non avesse nessun tipo di difficoltà motoria, deficit visivo, o sensoriale che potesse influenzare la performance comportamentale.

Successivamente venivano elencate, al padrone, le indicazioni riguardo il comportamento da tenere durante la fase di test: è importante mantenere un comportamento più neutrale possibile, non va messa in atto ricompensa, elogio o rimprovero per il comportamento del cane, non va fornito nessun tipo di indizio che possa influenzare la performance oggetto del test.

Per tale motivo, sia chi conduceva l'esperimento, sia il padrone del cane, erano tenuti ad indossare una mascherina ed un paio di occhiali da sole. I cani domestici possono essere molto sensibili alla comunicazione non verbale, per questo il rischio di fornire suggerimenti non intenzionali, tramite ad esempio la direzione dello sguardo, era tenuto sotto controllo sperimentale (Agnetta, Hare & Tommasello, 2000).

Si procedeva con il posizionamento di nastro adesivo (scotch carta di marca "tesa") sul pavimento, utile al collocamento delle ciotole, dello sperimentatore e del cane. In particolare: venivano posizionate le due ciotole (piatti in carta fondi) a 60 cm l'una dall'altra, mentre,

equidistante dalle due, sedeva lo sperimentatore (30 cm da ognuna, sulla stessa linea). Davanti a quest'ultimo, perpendicolarmente, veniva distesa una striscia di scotch da 1 m, alla fine della quale stazionava il cane. Il padrone aveva il compito di tenere fermo il cane fino a quando non avrebbe sentito lo sperimentatore dare il via tramite la parola: "go".

Sui piatti in carta veniva posizionata una copertura composta da due vaschette in alluminio incollate sulla loro base, la vaschetta superiore portava al suo interno del cibo e veniva chiusa con l'apposito cartoncino preventivamente bucherellato.

Il motivo di questa scelta era permettere il controllo relativo alla stimolazione olfattiva. Per garantire l'equilibrio nell'odore, il numero di pezzi di cibo nella copertura dipendeva dal numero di pezzi del piatto: ovvero, se il piatto conteneva due pezzi, la copertura ne conteneva altri quattro e viceversa.

Il cibo utilizzato è stato, nella quasi totalità dei casi, wurstel "Aia" classico tagliato in pezzi da 0.5 cm del peso di circa 2 grammi ciascuno.

In alcuni casi, su richiesta del padrone e per eventuali esigenze nella dieta del cane, abbiamo concesso l'utilizzo di diverse tipologie di cibo quali croccantini dietetici e tacchino, ciò non influiva comunque sulla grandezza con la quale tagliavamo i singoli pezzi (i croccantini venivano mantenuti integri).

Mentre uno sperimentatore svolgeva il test, il/la collega filmava l'esperimento e teneva traccia dei risultati mediante un modulo stampato in precedenza (fig. 1).

EXPERIMENT: Both rewards from one plate + 2vs4

FIRST CHOICE: 1.5 vs 1.5

Chosen Side:

Subj:

Age:

Date:

Ri / Le	Le / Ri	Ri / Le	Le / Ri	Le / Ri	Ri / Le

Notes:

EXPERIMENT: Both rewards from one plate + 2vs4

FIRST CHOICE: 1.5 vs 1.5

Chosen Side:

Subj:

Age:

Date:

Ri / Le	Le / Ri	Ri / Le	Le / Ri	Le / Ri	Ri / Le

Notes:

EXPERIMENT: Both rewards from one plate + 2vs4

FIRST CHOICE: 1.5 vs 1.5

Chosen Side:

Subj:

Age:

Date:

Ri / Le	Le / Ri	Ri / Le	Le / Ri	Le / Ri	Ri / Le

Notes:

EXPERIMENT: Both rewards from one plate + 2vs4

FIRST CHOICE: 1.5 vs 1.5

Chosen Side:

Subj:

Age:

Date:

Ri / Le	Le / Ri	Ri / Le	Le / Ri	Le / Ri	Ri / Le

Notes:

Figura 1: modulo predisposto per la raccolta dati

2.3 Procedura sperimentale

Una volta che cane e padrone sedevano sulla postazione indicata, era compito dello sperimentatore assicurarsi l'attenzione del cane chiamandolo/a per nome e stabilendo il contatto visivo.

La fase di test prevedeva un primo trial nel quale venivano poste davanti all'attenzione del cane due ciotole (una a destra ed una a sinistra) dal contenuto di 1.5 pezzi di wurstel ognuna. Esse venivano presentate contemporaneamente portandole da dietro lo sperimentatore alla zona indicata dallo scotch. Una volta assicurata l'attenzione del cane, lo sperimentatore procedeva a togliere entrambi i coperchi contemporaneamente e posizionarli a lato del piatto, mantenendo lo sguardo fisso davanti a sé (fig. 2).

Al segnale dello sperimentatore "go", il padrone lasciava libero il cane, quest'ultimo poteva dirigersi verso ciascuna delle ciotole. Una volta scelto il piatto a cui attingere, era cura dello sperimentatore versare anche il contenuto del piatto scartato nella ciotola scelta, cosicché, il cane, si cibasse della totalità del cibo (durante questa prima fase, all'interno dei coperchi vi erano solo 1.5 pezzi di wurstel per ognuno).

Una volta recuperato il cane dal padrone ed una volta tracciata la scelta dal secondo sperimentatore, il primo sperimentatore preparava le ciotole per il secondo trial, così composte: la ciotola controlaterale rispetto alla prima scelta veniva riempita con quattro pezzi di wurstel nel piatto e due nel coperchio, la ciotola nella medesima posizione spaziale della prima scelta si componeva al contrario, ovvero due pezzi di wurstel nel piatto mentre quattro nel coperchio (la totalità della fase di preparazione delle ciotole veniva svolta dando la schiena al cane, evitando così di fornire qualsivoglia forma di indizio).

Si procedeva come per la prima prova, ma a differenza di quest'ultima, una volta scelta una ciotola da parte del cane, lo sperimentatore spostava quella scartata dietro la propria schiena, privando il cane del suo contenuto e riponendo i coperchi.

Si procedeva alla stessa maniera per cinque prove consecutive, pseudo-randomizzando la posizione della ciotola vantaggiosa, seguendo le indicazioni predisposte nel modulo.

Una volta finito l'esperimento si annotavano eventuali informazioni di rilievo riguardo il comportamento del cane, quali stati di agitazione o distress.

Tutte le informazioni riguardo le scelte messe in atto dal cane e di conseguenza la posizione di entrambe le ciotole venivano indicate sul modulo cartaceo.

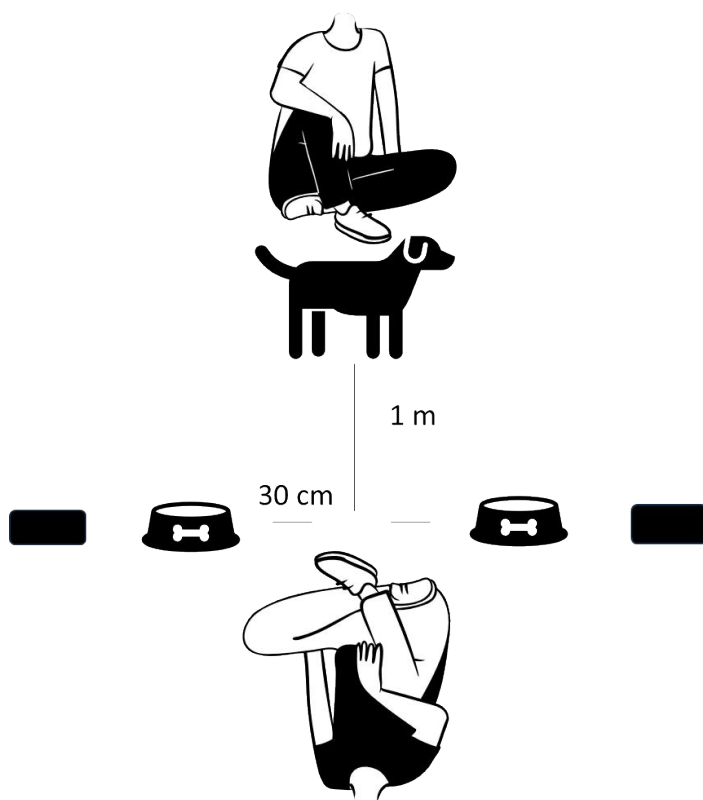


Figura 2: setting sperimentale

3. ANALISI DEI DATI E RISULTATI

I dati sono stati raccolti a mano su un modulo cartaceo prestampato, successivamente sono stati caricati su un file Excel.

Sono stati infine analizzati tramite il software RStudio (R 4.2.1) non escludendo nessun soggetto o trial.

È stato utilizzato un modello lineare generalizzato in cui la variabile dipendente seguiva una distribuzione binomiale.

Quest'ultima rappresentava la scelta messa in atto dal cane, dove 0 indica la scelta per la ciotola con il quantitativo di cibo minore mentre 1, quella opposta. I soggetti sono stati considerati effetto randomico all'interno del modello.

Sono state considerate come variabili indipendenti: il sesso del cane (maschio o femmina), la posizione della ciotola vantaggiosa (destra o sinistra), il numero del trial (sei prove) e le possibili interazioni tra tutte queste variabili.

Preso visione dei risultati ottenuti dall'analisi dati, possiamo affermare che: con un p-value maggiore di 0.5 per ogni variabile analizzata, nessuna variabile indipendente risulta avere un effetto significativo.

Non risulta inoltre sussistere, nei cani, una preferenza generale tra le due ciotole (P (set più grande) = 0.53; $SE = 0.05$; $z = 0.71$; $p = 0.48$), mentre, per quanto riguarda la prima scelta, si è riscontrata una significativa preferenza per il set più piccolo (P (set più grande) = 0.25; $SE = 0.1$; $z = -2.13$; $p = 0.03$).

In secondo luogo, era importante per lo studio la probabilità che i cani reindirizzassero la propria scelta nel passaggio dal primo trial al secondo: i risultati mostrano come, i cani che

avevano scelto nella prima prova il set più piccolo, abbiano optato significativamente per un cambio della propria scelta in favore della ciotola con più cibo ($n = 15$; $P(\text{reindirizzamento}) = 0.8$; $SE = 0.1$; $z = 2.15$; $p = 0.03$).

La probabilità che i cani che nel primo trial avevano scelto la quantità maggiore reindirizzassero la propria scelta, invece, non risulta essere significativa ($n = 5$; $P(\text{reindirizzamento}) = 0.6$; $SE = 0.22$; $z = 0.44$; $p = 0.66$).

4. DISCUSSIONI E CONCLUSIONE

Questo studio origina dall'ampia letteratura che mette in luce come i cani siano in grado di discriminare grandezze quantitative e numeriche differenti in molteplici modalità (Normando et al., 2022; Loconsole et al., 2023; Ward & Smuts, 2007; West & Young, 2002; Aulet et al., 2019; Banerjee & Bhadra, 2019; Jackson et al., 2021).

Gli esperimenti che hanno avuto come oggetto la discriminazione di grandezze numeriche hanno utilizzato una varietà di paradigmi che differiscono al suo interno per gli strumenti e la forma.

In un'analisi comparativa svolta nel 2014 (Agrillo & Bisazza, 2014) si è ipotizzata una possibile differenza nella performance dei soggetti animali, tra studi che utilizzavano un paradigma di scelta spontanea e studi con un paradigma a scelta ripetuta, che forniscono ai soggetti opportunità di esperire molteplici feedback riguardo alla procedura sperimentale.

È possibile riscontrare questa differenza anche negli esperimenti sui cani: essa riguarda l'approccio del cane al setting sperimentale; in un paradigma di scelta spontanea singola tra due alternative (ad esempio, due ciotole contenenti diverse quantità di cibo), senza nessuna forma di pre-training, il cane risulta davvero naïve rispetto alla procedura (non avendo ricevuto un addestramento all'esperimento, il cane non sa che la ciotola non scelta verrà rimossa).

Nel caso invece di un paradigma a scelta ripetuta, è possibile entrino in gioco correlati motivazionali legati alla ricompensa ricevuta durante la prima prova (sia in positivo, se il cane compie subito la scelta ottimale, sia in negativo se il cane compie la scelta meno vantaggiosa) ed è possibile, inoltre, ipotizzare una forma di apprendimento che deriva dall'esposizione ripetuta al setting sperimentale e che può avere una influenza sulla

performance messa in atto dal cane (ad esempio, esperendo la privazione di una delle due alternative a seguito della scelta).

Una modalità utile ad investigare questa differenza consiste nel confrontare la prima scelta messa in atto dal cane e le scelte successive (Normando et al., 2022).

L'esperimento da me svolto, fa parte di un progetto di ricerca più ampio, che, muovendo i suoi passi dalle premesse esposte precedentemente, si propone di investigare gli effetti di diverse esperienze nel primo trial sulla performance generale del cane.

Nello specifico, la novità apportata da questo studio risiede nel fornire al cane una esperienza precedente al test: ai cani veniva infatti consentito di mangiare l'intera quantità di cibo a disposizione (in entrambe le ciotole) ma prelevandolo solamente dalla ciotola verso cui mostravano la loro preferenza; in tal modo, essi facevano un'esperienza di pre-test nella quale familiarizzavano con la procedura sperimentale ma non esperivano ancora la privazione.

I risultati che abbiamo ottenuto mostrano una significativa preferenza per la ciotola con il minor quantitativo di cibo nella prima scelta al test (successiva all'esperienza pre-test).

Nel primo trial il set più grande veniva presentato in posizione controlaterale rispetto alla preferenza espressa nella prova pre-test. L'apparente illogicità nella scelta della ciotola con meno cibo trova una possibile spiegazione nella perseverazione del cane a scegliere nuovamente la ciotola dalla quale aveva ottenuto la ricompensa durante l'esperienza pre-test.

È possibile fornire a questo risultato diverse spiegazioni: la prima, è che fornire una ricompensa al cane costituisca una forma di rinforzo verso una determinata posizione, il

cane identifica nella ciotola di destra o sinistra, una fonte sicura dalla quale trarre la totalità del cibo disponibile e quindi persevera sulla stessa scelta.

È probabile che l'attenzione visuo-spaziale giochi un ruolo importante in questa scelta: una volta ottenuta la ricompensa in una determinata zona spaziale, essa potrebbe risultare più saliente agli occhi del cane, determinando una maggiore attenzione per quella determinata posizione.

Un'altra ipotesi è che la privazione di una delle due quantità costituisca la chiave di volta per incentivare nel cane l'attenzione visiva e la motivazione necessarie per operare un esercizio di discriminazione e di conseguenza, migliorare la performance legata al compito: il cane non sarebbe dunque motivato ad un esercizio laborioso dal punto di vista cognitivo se la sua aspettativa è quella di ricevere l'intera quantità di cibo da una delle due ciotole.

In ognuno di questi casi, il correlato motivazionale legato alla ricompensa ricevuta, assume un ruolo di priorità rispetto ad una scelta ponderata sulla discriminazione numerica.

In secondo luogo, i cani che nel primo trial hanno optato per il set con un quantitativo minore di cibo, risultano ridirezionare la loro scelta per il set maggiore nel secondo trial.

Questo fatto può essere interpretato come un apprendimento del setting sperimentale: ovvero, esperita la privazione del cibo presente nella ciotola scartata, il cane è in grado di modificare il suo comportamento successivamente all'esperienza vissuta e ridirezionare la sua scelta verso la ciotola di cibo più vantaggiosa.

Consentire al cane di mangiare solo dalla prima ciotola scelta potrebbe generare in quest'ultimo la motivazione a concentrarsi sulle quantità che gli vengono messe davanti e selezionare una ciotola di conseguenza, in un'ottica ponderata, dettata da un'attenzione verso il compito che non era motivata in precedenza.

Le ipotesi dalle quali è scaturito l'esperimento sono:

- 1) È importante per la performance in un test decisionale non solo l'apprendimento del paradigma ma anche il correlato emotivo-motivazionale scaturito dalla ricompensa
- 2) I cani sono in grado di apprendere dalla propria esperienza e modificare il proprio comportamento in relazione ad essa, per ottenere un risultato diverso dal precedente

Il risultato ottenuto nel primo trial avvalorava la prima ipotesi: ottenere la maggior quantità tra quelle proposte rappresenta per il cane un'informazione che incide negativamente su meccanismi cognitivi quali l'attenzione e la motivazione ed induce il soggetto a perpetuare la scelta precedente senza fare una valutazione sulla vantaggiosità dell'opzione opposta.

Il comportamento viene però modificato una volta cambiate le regole del setting: una volta che il cane apprende di non poter consumare l'intero quantitativo di cibo ma di dover rinunciare alla ciotola verso la quale non si è rivolto, modifica il suo comportamento e sceglie la ciotola più vantaggiosa.

Ciò, è confermato dai risultati del secondo trial: esperita la privazione nel primo, i cani che avevano scelto la ciotola con il minor quantitativo si rivolgono verso quella più vantaggiosa; in accordo con i risultati presenti in letteratura.

Il meccanismo alla base di questo fenomeno può essere ricondotto alla tipologia di cane che è stata testata: vi è una differenza in letteratura, tra cani di famiglia e cani randagi o residenti in un canile. Questi ultimi sembrano infatti comportarsi meglio in un compito di scelta spontanea; essi sarebbero in grado di dimostrare l'abilità di discriminare tra

grandezze numeriche nella prima prova a loro fornita (Banerjee & Badhra, 2019) a differenza dei cani di famiglia.

Questa differenza è stata interpretata come una forma di adattamento ambientale: i cani randagi sarebbero più portati a reagire alla presenza di cibo nell'ambiente, per averne a disposizione la maggior quantità nel minor tempo possibile; a differenza dei cani di famiglia, che, dipendendo dall'uomo, non hanno esperito la necessità di procacciarselo autonomamente e competere per esso, dunque, possono permettersi di scegliere casualmente (Loconsole et al., 2023).

Per quanto riguarda le difficoltà incontrate, durante l'intera fase sperimentale ho avuto modo di osservare il comportamento dei cani in relazione a quello dei loro padroni. Ciò che risalta e che demarca una differenza comportamentale dai lupi, è che tutti i soggetti cercavano nel compagno umano una fonte di informazione (trovo conferma nello studio di Miklosi et al., 2003).

Davanti ad un compito, soprattutto se privati di un chiaro segnale, i cani cercavano una soluzione mediante i canali comunicativi che hanno stabilito con i loro padroni: ho riscontrato frequentemente, soprattutto nei cani più indecisi o confusi, la loro ricerca verso lo sguardo del padrone e/o la ricerca di approvazione una volta effettuata una scelta.

Ai padroni non era concesso nessun tipo di intervento rispetto al comportamento del cane, nessuna ricompensa, punizione o qualsivoglia informazione.

Ciò ha rappresentato una fonte di notevole difficoltà per i padroni, che con naturalezza tendevano a voler fornire un feedback (sia esso positivo o negativo) al cane rispetto alla sua scelta.

Per il futuro, ritengo che l'esperimento svolto sia da replicare utilizzando come campione una pool di cani provenienti dal canile, le differenze riscontrate dalla scelta messa in atto tra la fase di pre-test ed il primo trial ci fornirebbero un'informazione sulla priorità messa in gioco tra una scelta istintiva verso la quantità di cibo maggiore ed una scelta influenzata dall'esperienza ricevuta nel trial precedente (mantenendo la ciotola vantaggiosa in posizione controlaterale rispetto alla scelta spontanea del cane).

Una volta messa in luce da questo esperimento, l'importanza, dal punto di vista motivazionale, del cibo che il cane può mangiare, è necessario indagare la rilevanza che essa assume in un ambiente che premia una scelta immediata, rivolta sempre verso lo stimolo di maggior quantità.

Suggerisco inoltre, la possibilità di condurre il medesimo esperimento senza fornire, nella fase pre-test, alcun indizio spaziale, ovvero permettendo al cane, dopo aver fatto una scelta tra due ciotole, di consumare l'intero quantitativo di cibo da una ciotola in una posizione neutra (ad esempio centrale). I risultati di un esperimento simile ci fornirebbero un indizio sull'importanza che assume la posizione scelta rispetto alla posizione dalla quale otterranno il cibo. Ci si aspetterebbe, nel caso in cui i cani associassero la ricompensa ad una determinata posizione spaziale a prescindere dalla posizione scelta spontaneamente, di non osservare una significativa perseverazione della scelta nella prova successiva; nel caso contrario, ci fornirebbe un indizio sul fatto che il cane associ la ricompensa alla scelta messa in atto, indipendentemente dalla zona in cui viene erogata la ricompensa.

Lo studio svolto è solo una parte di un progetto che si pone come fine quello di indagare gli effetti del primo trial sulla performance generale; saranno necessarie nuove indagini sulle modalità con la quale la scelta spontanea messa in atto dal cane è influenzata dall'esperienza vissuta e come essa incida successivamente sulle altre scelte.

Per concludere: questo esperimento dimostra l'importanza, in un paradigma sperimentale, dei correlati motivazionali legati all'ottenere il cibo scelto dal cane, in una scelta spontanea tra due alternative. È possibile, infatti, che la ricompensa ottenuta incida sui livelli di attenzione del cane e dunque sulla sua performance alle successive prove.

Non è sufficiente per l'apprendimento del setting sperimentale, vedere la ciotola scartata esclusa dalla portata del cane, è necessario che quest'ultimo esperisca una privazione in termini di cibo ottenuto.

Saranno necessarie ulteriori ricerche per indagare come il paradigma sperimentale influisca sul comportamento dei cani in un compito di scelta spontanea, tuttavia, questo esperimento ci fornisce un solido punto di partenza, che dimostra l'importanza dei correlati motivazionali legati all'ottenimento della ricompensa in un test di discriminazione numerica.

5. BIBLIOGRAFIA

- Agnetta, B., Hare, B., & Tomasello, M. (2000). Cues to food location that domestic dogs (*Canis familiaris*) of different ages do and do not use. *Animal Cognition*, 3(2), 107–112. <https://doi.org/10.1007/s100710000070>
- Agrillo, C., & Bisazza, A. (2014). Spontaneous versus trained numerical abilities. A comparison between the two main tools to study numerical competence in non-human animals. *Journal of Neuroscience Methods*, 234, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.04.027>
- Agrillo, C., Dadda, M., & Bisazza, A. (2007). Quantity discrimination in female mosquitofish. *Animal Cognition*, 10(1), 63–70. <https://doi.org/10.1007/s10071-006-0036-5>
- Agrillo, C., Dadda, M., Serena, G., & Bisazza, A. (2008). Do fish count? Spontaneous discrimination of quantity in female mosquitofish. *Animal Cognition*, 11(3), 495–503. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0140-9>
- Agrillo, C., Miletto Petrazzini, M. E., & Bisazza, A. (2017). Numerical abilities in fish: A methodological review. *Behavioural Processes*, 141, 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.02.001>
- Lauren S. Aulet, Veronica C. Chiu, Ashley Prichard, Mark Spivak, Stella F. Lourenco and Gregory S. Berns. Canine sense of quantity: Evidence for numerical ratio-dependent activation in parietotemporal cortex | *Biology Letters*. (s.d.). Recuperato 20 settembre 2023, da <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsbl.2019.0666>
- Baker, J. M., Shivik, J., & Jordan, K. E. (2011). Tracking of food quantity by coyotes (*Canis latrans*). *Behavioural Processes*, 88(2), 72–75. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2011.08.006>

- Banerjee, A., & Bhadra, A. (2019). The more the merrier: Dogs can assess quantities in food-choice tasks. *Current Science*, 117(6), 1095–1100.
- Barber, I., & Folstad, I. (2000). Schooling, dusk flight and dance: Social organisations as amplifiers of individual quality? *Oikos*, 89(1), 191–194. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.890121.x>
- Bonanni, R., Natoli, E., Cafazzo, S., & Valsecchi, P. (2011). Free-ranging dogs assess the quantity of opponents in intergroup conflicts. *Animal Cognition*, 14(1), 103–115. <https://doi.org/10.1007/s10071-010-0348-3>
- Cassidy, K. A., MacNulty, D. R., Stahler, D. R., Smith, D. W., & Mech, L. D. (2015). Group composition effects on aggressive interpack interactions of gray wolves in Yellowstone National Park. *Behavioral Ecology*, 26(5), 1352–1360. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv081>
- C. Cornoldi, 2019. *I disturbi dell'apprendimento*, Il Mulino, 448
- Clayton, N. S., Yu, K. S., & Dickinson, A. (2003). Interacting cache memories: Evidence for flexible memory use by Western scrub-jays (*Aphelocoma californica*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 29(1), 14–22. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.29.1.14>
- Clearfield, M. W., & Mix, K. S. (1999). Number Versus Contour Length in Infants' Discrimination of Small Visual Sets. *Psychological Science*, 10(5), 408–411. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00177>
- Clive D.L. Wynne & Monique A.R. Udell, 2021. *Animal Cognition*, Red Globe Press, 393
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1), 1–42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)
- Dehaene, S. (2003). The neural basis of the Weber–Fechner law: A logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(4), 145–147. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00055-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00055-X)

- Emmerton, J., Lohmann, A., & Niemann, J. (1997). Pigeons' serial ordering of numerosity with visual arrays. *Animal Learning & Behavior*, 25(2), 234–244. <https://doi.org/10.3758/BF03199062>
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Hare, B., Brown, M., Williamson, C., & Tomasello, M. (2002). The Domestication of Social Cognition in Dogs. *Science*, 298(5598), 1634–1636. <https://doi.org/10.1126/science.1072702>
- Hare, B., & Tomasello, M. (2005). Human-like social skills in dogs? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(9), 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.07.003>
- Hager, M. C., & Helfman, G. S. (1991). Safety in numbers: Shoal size choice by minnows under predatory threat. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29(4), 271–276. <https://doi.org/10.1007/BF00163984>
- Hoare, D. J., Couzin, I. D., Godin, J.-G. J., & Krause, J. (2004). Context-dependent group size choice in fish. *Animal Behaviour*, 67(1), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.04.004>
- Hunt, S., Low, J., & Burns, K. c. (2008). Adaptive numerical competency in a food-hoarding songbird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1649), 2373–2379. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0702>
- Jackson, S. M., Martin, G. K., & Roberts, W. A. (2021). The olfactory capability of dogs to discriminate between different quantities of food. *Learning & Behavior*, 49(3), 321–329. <https://doi.org/10.3758/s13420-021-00463-8>
- Koehler, O. (1951). The ability of birds to “count”. *Bulletin of Animal Behaviour*, 9, 41-45.

- Loconsole, M., Regolin, L., Marliani, G., Mattioli, M., Pietschmann, E., Accorsi, P. A., & Normando, S. (2023). Eyes over stomach: Companion dogs choose the larger quantity by sight, irrespective of the actual reward eaten. *Behaviour*, *160*(5), 427–440. <https://doi.org/10.1163/1568539X-bja10215>
- Macpherson, K., & Roberts, W. A. (2013). Can dogs count? *Learning and Motivation*, *44*(4), 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2013.04.002>
- McComb, K., Packer, C., & Pusey, A. (1994). Roaring and numerical assessment in contests between groups of female lions, *Panthera leo*. *Animal Behaviour*, *47*(2), 379–387. <https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1052>
- Mendes, J. W. W., Resende, B., & Savalli, C. (2021). A review of the unsolvable task in dog communication and cognition: Comparing different methodologies. *Animal Cognition*, *24*(5), 907–922. <https://doi.org/10.1007/s10071-021-01501-8>
- Miletto Petrazzini, M. E., Mantese, F., & Prato-Previde, E. (2020). Food quantity discrimination in puppies (*Canis lupus familiaris*). *Animal Cognition*, *23*(4), 703–710. <https://doi.org/10.1007/s10071-020-01378-z>
- Miletto Petrazzini, M. E., & Wynne, C. D. L. (2016). What counts for dogs (*Canis lupus familiaris*) in a quantity discrimination task? *Behavioural Processes*, *122*, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2015.11.013>
- Miletto Petrazzini, M. E., & Wynne, C. D. L. (2017). Quantity discrimination in canids: Dogs (*Canis familiaris*) and wolves (*Canis lupus*) compared. *Behavioural Processes*, *144*, 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.09.003>
- Mou, Y., & vanMarle, K. (2014). Two core systems of numerical representation in infants. *Developmental Review*, *34*(1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.11.001>

- Rivas-Blanco, D., Pohl, I.-M., Dale, R., Heberlein, M. T. E., & Range, F. (2020). Wolves and Dogs May Rely on Non-numerical Cues in Quantity Discrimination Tasks When Given the Choice. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.573317>
- Simona, N., Maria, L., Lucia, R., Giovanna, M., Michela, M., Elena, P., & Attilio, A. P. (2022). How spontaneous is spontaneous quantity discrimination in companion dogs? *Applied Animal Behaviour Science*, 246, 105534. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105534>
- Utrata, E., Virányi, Z., & Range, F. (2012). Quantity Discrimination in Wolves (*Canis lupus*). *Frontiers in Psychology*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2012.00505>
- Ward, C., & Smuts, B. B. (2007). Quantity-based judgments in the domestic dog (*Canis lupus familiaris*). *Animal Cognition*, 10(1), 71–80. <https://doi.org/10.1007/s10071-006-0042-7>
- West, R. E., & Young, R. J. (2002). Do domestic dogs show any evidence of being able to count? *Animal Cognition*, 5(3), 183–186. <https://doi.org/10.1007/s10071-002-0140-0>