

## Indice

---

<b>Introduzione ed obiettivi</b>	5
<b>Capitolo 1: LA VISIONE TRICROMATICA</b>	9
1.1 La percezione del colore nei primati non umani	9
1.2 La percezione del colore: aspetti fisiologici	10
1.3 Differenze nella visione cromatica tra i primati	11
1.4 Evoluzione della visione tricromatica: valore adattativo	13
1.5 L'ipotesi del <i>foraging</i>	14
1.6 Ruolo della comunicazione socio-sessuale intraspecifica nell'evoluzione della Tricromaticità	21
<b>Capitolo 2: LA PREFERENZA MANUALE</b>	25
2.1 La preferenza manuale nei primati non umani	25
<b>Capitolo 3: LE SPECIE STUDIATE</b>	29
3.1 Il cercopiteco grigio-verde	29
3.1.1 Il genere <i>Chlorocebus</i>	29
3.1.2 La specie <i>Chlorocebus aethiops</i>	31
3.1.3 Morfologia	31
3.1.4 Distribuzione geografica	33
3.1.5 Ecologia, biologia e comportamento	33
3.1.6 Organizzazione sociale	36
3.1.7 Conservazione	37
3.2 Il macaco nemestrino	38
3.2.1 Il genere <i>Macaca</i>	38
3.2.2 La specie <i>Macaca nemestrina</i>	39
3.2.3 Morfologia	39
3.2.4 Distribuzione geografica	41
3.2.5 Ecologia, biologia e comportamento	42
3.2.6 Organizzazione sociale	43
3.2.7 Cause di minaccia	45
3.2.8 Conservazione	46
3.3 Lo scimpanzè comune	47
3.3.1 Sistematica delle scimmie antropomorfe	47
3.3.2 La specie <i>Pan troglodytes</i>	48
3.3.3 Morfologia	48
3.3.4 Distribuzione geografica	50

3.3.5 Ecologia, biologia e comportamento	50
3.3.6 Organizzazione sociale	55
3.3.7 Cause di minaccia	56
3.3.8 Conservazione	57
<b>Capitolo 4: ATTIVITA' SPERIMENTALE</b>	<b>59</b>
4.1 Introduzione	59
4.2 Area di ricerca	59
4.3 Scelta per il rosso o per il verde: <i>Chlorocebus aethiops</i>	61
4.3.1 Il reparto dei cercopitechi grigio-verde	61
4.3.2 I soggetti sperimentali	62
4.3.3 Apparati sperimentali	63
4.3.4 Procedura sperimentale	63
4.3.5 Raccolta ed analisi dei dati	64
4.3.6 Analisi statistica	65
4.3.7 Risultati	66
4.4 Scelta per il rosso o per il verde: <i>Macaca nemestrina</i>	76
4.4.1 Il reparto dei macachi nemestrini	76
4.4.2 I soggetti sperimentali	77
4.4.3 Apparati sperimentali	77
4.4.4 Procedura sperimentale	78
4.4.5 Raccolta ed analisi dei dati	78
4.4.6 Analisi statistica	79
4.4.7 Risultati	80
4.5 Scelta per il rosso o per il verde: <i>Pan troglodytes</i>	90
4.5.1 Il reparto degli scimpanzè	90
4.5.2 I soggetti sperimentali	91
4.5.3 Apparati sperimentali	92
4.5.4 Procedura sperimentale	93
4.5.5 Raccolta ed analisi dei dati	94
4.5.6 Analisi statistica	95
4.6 Scelta per il rosso o per il verde nel contesto individuale:	
<i>Macaca nemestrina</i>	109
4.6.1 Il reparto dei macachi	109
4.6.2 I soggetti sperimentali	109
4.6.3 Apparati sperimentali	109
4.6.4 Procedura sperimentale	110
4.6.5 Raccolta ed analisi dei dati	110
4.6.6 Analisi statistica	111
4.6.7 Risultati	112

<b>Capitolo 5: DISCUSSIONE E CONCLUSIONI</b>	119
<b>Bibliografia</b>	129
<b>Appendice: TABELLE TEST BINOMIALE</b>	139



## INTRODUZIONE ED OBIETTIVI

---

La visione del colore è un ramo assai complesso nel campo della scienza della visione. All'interno del regno animale si riscontra una notevole variabilità in termini di percezione cromatica e di discriminazione dei diversi colori. Tra i mammiferi placentati, ad esempio, i primati, incluso l'uomo, sono gli unici a possedere visione tricromatica, intesa come la capacità di discriminare pienamente i colori, in modo particolare il rosso dal verde (Arrese e colleghi, 2002). Questa caratteristica si deve alla presenza di tre diversi tipi di fotorecettori nell'occhio. Essi permettono all'individuo di discriminare la luce blu da quella gialla e quella verde dalla rossa (Dominy e Lucas, 2001). I soggetti dicromatici, come i cani, non sono in grado di distinguere il verde dal rosso, mentre quelli monocromatici, come ad esempio i topi, non riescono a discriminare in alcun modo i colori. Uccelli, rettili ed alcuni pesci presentano, invece, ben quattro fotopigmenti e ciò sta ad indicare che la visione tetracromatica è una caratteristica degli antenati comuni dei tetrapodi (Bowmaker, 1998)

L'evoluzione della visione tricromatica sembra essere avvenuta in concomitanza con la progressiva diminuzione dell'efficacia del senso dell'olfatto (Gilad e colleghi, 2004). Alcuni ricercatori, infatti, sostengono che vi sia una connessione tra l'aumentata capacità di distinguere pienamente i colori e la riduzione dei geni codificanti per i recettori delle molecole odorose. Poiché la selezione naturale tende ad eliminare le troppo costose funzionalità ridondanti, quanto meglio si è in grado di vedere, tanto meno di fondamentale importanza risulta un olfatto sensibile. Il percorso evolutivo dei primati, in termini di visione del colore, sembra quindi essere partito da specie dotate di un olfatto ben sviluppato, ma con vista deficitaria, avendo visione dicromatica dei colori. A queste sono seguite poi specie con una vista completa e tricromatica ma con un olfatto molto meno specializzato (Gilad e colleghi, 2004). Il dibattito relativo all'evoluzione della visione tricromatica resta comunque ancora molto acceso.

Le ipotesi che cercano di trovare una spiegazione plausibile relativa alla pressione selettiva che ha portato alcune specie di primati a distinguere il colore rosso sono due. Secondo la prima ipotesi la visione tricromatica ha portato notevoli vantaggi soprattutto alle specie che si nutrono di frutta, in quanto ha permesso loro di individuare e selezionare con una maggiore efficienza il cibo (ipotesi del *foraging*). Gli individui tricromatici, infatti, dovrebbero essere facilitati rispetto a quelli dicromatici nel distinguere sia i frutti nella vegetazione in condizione di penombra, che i frutti maturi da quelli non maturi (Regan e colleghi, 2001; Smith e colleghi, 2003; Osorio e colleghi, 2004). Buona parte dei primati ha una dieta frugivora, il che dà un buon supporto a questa tesi, ma una teoria più recente suggerisce che la visione tricromatica si sarebbe evoluta per facilitare il riconoscimento non tanto di frutti maturi, risorsa non sempre accessibile, ma piuttosto di foglie giovani e tenere di alberi tropicali su uno sfondo dello

stesso colore. Queste foglie hanno una colorazione tendente al rosso, che viene associata a caratteristiche importanti dal punto di vista alimentare quali la tenerezza dei tessuti ed il ricco contenuto in aminoacidi (Dominy e Lucas, 2001). Solo i primati dotati di visione tricromatica sono in grado di discriminare i segnali rosso-verdi e quindi di trovare distinguere tali foglie rossicce, con elevato contenuto nutrizionale.

Comunque, dal momento che sia i frutti che le foglie giovani producono sempre segnali rosso-verdi che li distinguono sia dai frutti acerbi che dalle foglie troppo mature, il vantaggio selettivo della visione tricromatica sembrerebbe legato al fatto di facilitare il riconoscimento del cibo a distanza (maggiore o uguale a 20 metri in foresta) oltre il range utile alla maggior parte di tutti gli altri sensi (Dominy e colleghi, 2003).

La seconda ipotesi, invece, collega la visione tricromatica alla comunicazione socio-sessuale intraspecifica (Setchell e Dixson, 2001; Waite e colleghi, 2003; Setchell e Wickings, 2005; Changizi e colleghi, 2006; Setchell e colleghi, 2006). Alcuni studi sperimentali hanno, infatti, sottolineato come alcuni caratteristici tratti fenotipici rossi, come lo *swelling* dei macachi nemestrini (*Macaca nemestrina*) o i tratti rossi facciali dei mandrilli (*Mandrillus sphinx*), possano essere usati come segnali di selezione sessuale nelle specie dotate di visione tricromatica (Setchell e Wickings, 2005; Setchell e colleghi, 2006). Nei mandrilli, infatti, l'intensità dei tratti rossi facciali serve non solo ad indicare le abilità competitive dei maschi, ma segnala anche il rango di appartenenza nella colonia, oltre ad essere un buon indicatore della qualità riproduttiva delle femmine (Setchell e Dixson, 2001; Setchell e colleghi, 2006). Associazioni tra lo status dell'animale e l'intensità del colore sono state riportate oltre che nei mandrilli, anche nei cercopitechi grigio-verde (*Chlorocebus aethiops*) e nei gelada (*Theropithecus gelada*) (Gerald, 2001). I maschi adulti di queste specie posseggono, infatti, particolari *display* che di solito coinvolgono o la faccia o le regioni anogenitali. In particolar modo, soggetti, con una colorazione più intensa dei genitali "dominano" quelli con sfumature più chiare segnalando in questo modo la loro posizione gerarchica nella colonia oltre al loro stato di benessere. Esiste quindi una forte relazione tra la percezione del colore e lo stato sociale nei primati.

Ma la colorazione sessuale può essere ugualmente importante per ciò che riguarda la scelta sessuale e l'accoppiamento (Waite e colleghi, 2003). Durante il periodo dell'accoppiamento la *skin* sessuale delle femmine e dei maschi adulti di *Macaca mulatta* diventa più rossa. Nei maschi è il testosterone ad indurre la colorazione rossa della faccia: più è elevato il livello di tale ormone più intenso sarà il colore. Tale *display* diventa quindi un indicatore "onesto" dello stato di salute dell'individuo e della sua qualità genetica. E' quindi possibile che le femmine siano in grado di valutare l'intensità del colore per giudicare la qualità riproduttiva dei maschi (Waite e colleghi, 2003).

## Obiettivi

In questo contesto si inserisce lo studio in oggetto che si prefigge di investigare circa la maggiore plausibilità di un'ipotesi rispetto all'altra riguardo l'evoluzione della visione tricromatica, prendendo in considerazione le differenze in termini di preferenza per il colore nella scelta di oggetti in tre diverse specie di primati: cercopitechi grigio-verde (*Chlorocebus aethiops*), macachi nemestrini (*Macaca nemestrina*) e scimpanzè (*Pan troglodytes*).

Al fine di comprendere se esista una preferenza relativa al colore nella scelta tra stimoli di colorazione diversa, e se la scelta stessa possa in qualche misura essere influenzata dalla percezione cromatica, all'interno delle tre diverse specie verrà osservata la scelta effettuata dagli individui tra oggetti di colore verde o rosso, contenenti una ricompensa in cibo. Lo scopo principale di questo studio è, quindi, verificare se nelle specie in oggetto esista una reale preferenza per il colore rosso rispetto al verde. Se così fosse, dal momento che lo studio valuta esclusivamente scelte effettuate dai soggetti in un contesto di ricerca del cibo, verrebbe maggiormente supportata la prima ipotesi, cioè la capacità di distinguere frutti maturi e foglie giovani nella vegetazione (Dominy e colleghi, 2003), rispetto alla seconda più legata alla comunicazione socio-sessuale (Setchell e colleghi, 2006). Tuttavia, se non emergesse alcuna preferenza per l'uno o per l'altro colore, non si vedrebbe supportata l'ipotesi legata al *foraging*, ma non si potrebbe escludere la seconda.

I soggetti sperimentali potrebbero, infine, preferire e quindi scegliere oggetti di colore diverso anche in base da altri fattori. La scelta potrebbe essere influenzata, ad esempio, anche dalla mano preferita utilizzata per effettuarla. Questa possibilità comporterebbe l'influenza sulla scelta degli oggetti da parte di un'eventuale lateralizzazione comportamentale, presente in alcune specie di primati non umani così come confermato dalla letteratura (McGrew e Marchant, 1997).

Quindi, in questo studio, per verificare in particolar modo l'ipotesi legata al *foraging* si valuterà:

- la preferenza nella scelta di oggetti di colore rosso o di colore verde contenenti la stessa ricompensa in cibo, sia a livello di gruppo che individuale,
- l'influenza della preferenza manuale sulla scelta di oggetti, sia a livello di gruppo che individuale,
- se un'eventuale preferenza manuale manifestata dagli individui possa influenzare la scelta di oggetti di colore diverso ma contenenti la stessa ricompensa.

Nel complesso panorama relativo alla visione dei colori, ben si inserisce questo studio, volto a comprendere se le tre specie di primati coinvolte siano in grado di manifestare una preferenza reale per il rosso o per il verde, confermando o smentendo così le due ipotesi relative all'evoluzione della tricromaticità e fornendo ulteriori dati

circa la possibile implicazione di altri meccanismi, come la preferenza manuale, nella scelta dei colori.

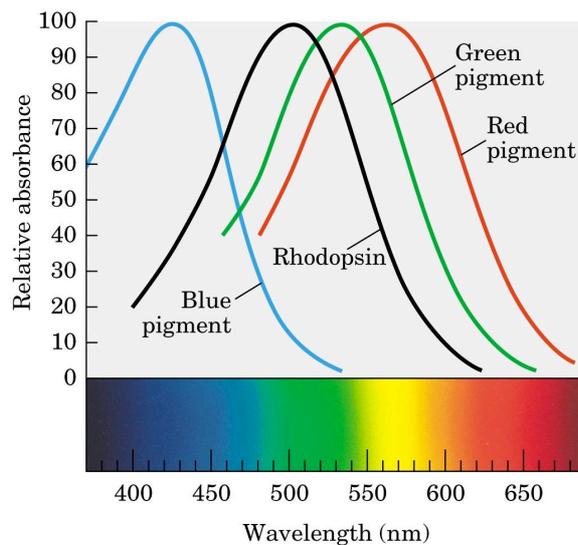
Inoltre, questa ricerca, si inserisce in un lavoro più ampio che ha lo scopo di stilare un “albero evolutivo della visione a colori” prendendo in considerazione tutte le specie di primati, dalle proscimmie alle specie antropomorfe fino all’essere umano.

**1.1 La percezione del colore nei primati non umani**

Una caratteristica fondamentale di tutti gli esseri viventi è la loro capacità di interagire con l'ambiente circostante. Tale capacità è legata strettamente alla possibilità che i soggetti hanno di estrarre dall'ambiente in cui si trovano a vivere tutte le informazioni necessarie per elaborare le diverse risposte adattative, rendendo possibile sia il mantenimento che lo sviluppo degli esseri viventi, sia come singoli individui sia come membri di una specie. Questa capacità, già presente in modo rudimentale negli organismi unicellulari, arriva ad un grado di espressione particolarmente elevato nelle specie più complesse, nelle quali essa è legata in modo essenziale allo sviluppo del sistema nervoso (Martin, 1990). Le strutture nervose, responsabili della trasmissione delle informazioni provenienti dall'ambiente, negli organismi più complessi si presentano in una grande varietà, tanto nella loro organizzazione che nel loro grado di sviluppo, secondo il tipo di animale o di informazione che deve essere veicolata e tradotta. Per la loro sopravvivenza molti organismi si affidano soprattutto all'olfatto, mentre per molti altri è la vista a giocare un ruolo determinante. In particolar modo la vista risulta essere il senso prevalente nei primati che presentano quindi rispetto ad altri animali occhi di maggiori dimensioni e anteriorizzati, modificazioni della retina e in molti casi anche visione dei colori. All'interno del regno animale, comunque, si riscontra una notevole variabilità in termini di percezione cromatica e di discriminazione dei diversi colori. Tra i mammiferi placentati, ad esempio, i primati, incluso l'uomo, sono gli unici a possedere visione tricromatica, intesa come la capacità di discriminare pienamente i colori (Arrese e colleghi, 2002). Questa caratteristica si deve alla presenza di tre diversi tipi di fotorecettori nell'occhio. Essi permettono all'individuo di discriminare la luce blu da quella gialla e quella verde dalla rossa (Dominy e Lucas, 2001). L'evoluzione della visione tricromatica sembra essere avvenuta in concomitanza con la progressiva riduzione del senso dell'olfatto (Gilad e colleghi 2004). Alcuni studiosi, infatti, hanno messo in evidenza con i loro studi come vi sia una connessione tra l'aumentata capacità di distinguere i colori e la riduzione dei geni codificanti per i recettori delle molecole odorose. Il percorso evolutivo dei primati, in termini di visione del colore, sembra quindi essere partito da specie dotate di un olfatto ben sviluppato, ma con vista deficitaria, avendo visione dicromatica dei colori. A queste sono seguite poi specie con una vista completa e tricromatica ma con un olfatto molto meno specializzato (Gilad e colleghi, 2004).

## 1.2 La percezione del colore: aspetti fisiologici

Il colore non è una proprietà intrinseca e fisica degli oggetti, ma piuttosto una proprietà psicofisica, definita come la percezione visiva generata dai segnali nervosi che i fotorecettori della retina mandano al cervello quando assorbono radiazioni elettromagnetiche di determinate lunghezze d'onda e intensità. La luce è trasmessa da due diversi tipi di fotorecettori: i bastoncelli, specializzati nella visione notturna (scotopica) e i coni, deputati alla visione diurna (fotopica), alla visione dei dettagli e alla percezione del colore. Entrambe le classi di fotorecettori sono formate da due componenti: il retinale, una molecola in grado di assorbire la luce, e da una proteina chiamata opsina, da cui dipende la sensibilità del fotorecettore stesso. I bastoncelli contengono lo stesso tipo di fotopigmento, la rodopsina ed hanno la medesima sensibilità alle lunghezze d'onda, perciò tramite essi la discriminazione dei colori risulta impossibile. I coni, invece, possiedono diversi tipi di fotopigmenti (opsine), e risultano quindi sensibili a radiazioni luminose con lunghezze d'onda differenti. In base a questa caratteristica vengono distinti in tre classi: CONI S, con opsine sensibili a lunghezze d'onda corte, con un massimo assorbimento a 420 nm; CONI M, molto sensibili a lunghezze d'onda medie, con un massimo assorbimento a 530 nm ed infine i CONI L, particolarmente sensibili a lunghezze d'onda lunghe e con un massimo di assorbimento a 565 nm (Fig. 1.1). Tali coni vengono talvolta chiamati in modo non completamente preciso come coni BLU, VERDI e ROSSI. Disponendo di tutti e tre i tipi di fotopigmenti è quindi possibile distinguere tra radiazioni luminose di diverse lunghezze d'onda e quindi vedere e discriminare i diversi colori. Infatti, nel momento in cui la radiazione luminosa arriva sulla retina, vengono attivati i diversi fotorecettori, che valutano quanto blu, verde o rosso è contenuto nello stimolo luminoso che li colpisce. Da questi tre numeri il cervello ricava l'informazione cromatica (Archer, 1995).



**Figura 1.1: sensibilità dei coni alle diverse lunghezze d'onda del blu, verde e rosso.**

La formazione della percezione del colore avviene in tre fasi:

- un gruppo di fotoni (stimolo visivo) arriva all'occhio, attraversa cornea, umore acqueo, cristallino e umore vitreo, raggiunge i fotorecettori della retina (bastoncelli e coni), dai quali viene assorbito. Come risultato dell'assorbimento, i fotorecettori generano (in un processo detto *trasduzione*) tre segnali nervosi;
- la seconda fase avviene ancora a livello retinico e consiste nella elaborazione e compressione dei tre segnali nervosi, e termina con la creazione dei segnali opposti e con la loro trasmissione al cervello lungo il nervo ottico;
- la terza fase consiste nell'interpretazione dei segnali opposti da parte del cervello e nella percezione del colore.

### **1.3 Differenze nella visione cromatica tra i primati**

Tra i mammiferi, i primati, sono gli unici a possedere una visione tricromatica, ossia hanno la capacità di distinguere pienamente i colori (Jacobs e Deegan, 1993; Arrese e colleghi, 2002; Lucas e colleghi, 2003). Esistono comunque all'interno dell'ordine due forme possibili di tricromaticità: allelica e di routine.

La tricromaticità allelica è tipica delle scimmie del Nuovo Mondo (Platirrine), in cui le popolazioni sono composte da maschi in grado di discriminare solo due colori e da femmine che, a seconda del loro patrimonio genetico, ne possono distinguere due o tre (Jacobs e colleghi, 1996; Jacobs, 1998; Rowe e Jacobs, 2007). Nell'uomo e nelle scimmie del Vecchio Mondo (Catarrine), la visione tricromatica coinvolge tre diversi fotopigmenti, le opsine, sensibili a lunghezze d'onda differenti. I geni codificanti per le opsine sensibili alle medie ed elevate lunghezze d'onda si collocano in loci genici distinti presenti sul cromosoma X, mentre il gene che codifica per le opsine sensibili alle lunghezze d'onda più corte è situato su un cromosoma autosomico, non sessuale, presente quindi sia nei maschi che nelle femmine (Jacobs e Deegan, 1999; Dulai e colleghi, 1999, Jacobs, 2008). Nella maggior parte delle scimmie del Nuovo Mondo esiste un solo gene codificante per le opsine sensibili alle medie ed elevate lunghezze d'onda e parimenti collocato sul cromosoma X. Tuttavia, in quest'ultimo caso tale gene può essere presente in due alleli distinti, codificanti per fotopigmenti sensibili a lunghezze d'onda differenti. La visione tricromatica, quindi, può essere presente anche in alcuni di questi animali, ma può manifestarsi esclusivamente nelle femmine dotate di due cromosomi X, uno ereditato dal padre e l'altro dalla madre. Se su questi due cromosomi si trovano rispettivamente l'una e l'altra forma del gene implicato, la femmina eterozigote che possiede tale dotazione genica avrà visione tricromatica. Le femmine omozigote, invece, recando identiche forme del gene sui due cromosomi X, perdono costantemente uno dei tre pigmenti e sono in grado quindi di discriminare solo due colori. La stessa cosa accade ai maschi, che risultano essere dotati di visione dicromatica dal momento che possiedono solo due opsine differenti, una derivata dal gene sul cromosoma X e l'altra dal gene sul cromosoma autosomico (Jacobs e colleghi, 1996; Surridge e Mundy, 2002; Osorio e colleghi, 2004; Jacobs, 2007).

Gli animali che manifestano tricromaticità di routine, invece, sono in grado di distinguere pienamente i colori prescindendo dal sesso e dal loro corredo genico (Jacobs e colleghi, 1996). Tale condizione è tipica delle scimmie del Vecchio Mondo (Catarrine) e delle scimmie urlatrici (*Alouatta*). La presenza di questa capacità, e quindi la possibilità di discriminare tra il colore rosso e il verde è stata confermata da studi comparativi, di genetica molecolare e comportamentali (Dulai e colleghi, 1999; Osorio e colleghi, 2004).

Le scimmie del Nuovo Mondo, come già detto, sono polimorfiche nella discriminazione dei colori e presentano quindi sia individui dicromatici che tricromatici all'interno della specie (Jacobs e Deegan, 2005; Tan e Li, 1999, Osorio e colleghi, 2004; Jacobs, 2007). Ad esempio, studi comportamentali condotti sulle scimmie scoiattolo (*Saimiri sciureus*), hanno rivelato come tutti gli individui maschi di tale specie siano dicromatici, mentre circa i due terzi delle femmine presentano visione tricromatica (Regan e colleghi, 2001; Jacobs, 2007). Studi microspettrofotometrici (MSP), hanno avvalorato tale scoperta mettendo in luce come all'interno della popolazione di scimmie scoiattolo esista un opsina S, con un picco di sensibilità a 433 nm, e tre differenti opsine M o L, con un massimo di assorbimento a 536, 550 e 564 nm. Quindi soggetti che possiedono il fotopigmento S e uno delle tre opsine M o L, manifestano visione dicromatica, mentre quelli che hanno l'opsina con picco di sensibilità a 433 nm e due degli altri tre fotopigmenti, riescono a distinguere pienamente i colori (Bowmaker e colleghi, 1987; Jacobs, 2007). Esaminando le altre specie tra le scimmie Platyrrine, si evince che la visione polimorfica del colore non è un'eccezione bensì una regola (Jacobs, 1998; Regan e colleghi, 2001; Jacobs, 2008). Comunque è stata riscontrata una notevole differenza interspecifica relativa al numero di alleli legati al cromosoma X in una popolazione e al picco di sensibilità delle opsine che tali alleli codificano. Ad esempio, nelle scimmie ragno (*Ateles geoffroyi*), sono stati scoperti solo due alleli per le opsine M o L, con massimi di assorbimento a 550 e 562 nm (Jacobs, 1998). Altre scimmie Platyrrine presentano invece tre alleli legati al cromosoma X. Studi microspettrofotometrici, hanno evidenziato che nei cebi cappuccini (*Cebus apella*) esistono tre differenti alleli codificanti per tre diverse opsine con picchi di sensibilità attorno a 536, 550 e 562 nm, (Jacobs, 2007; Jacobs, 2008).

Nei callitricidi sono stati identificati tre differenti alleli, ma le opsine da essi codificate, hanno dei massimi di assorbimento diversi da quelli dei fotopigmenti riscontrati nei cebi e nelle scimmie scoiattolo (Surridge e Mundy, 2002; Rowe e Jacobs, 2007; Jacobs, 2008). In alcune scimmie del Nuovo Mondo sono stati scoperti fino a cinque alleli: in diversi maschi dicromatici di calicebo (*Callicebus moloch*), sono stati rinvenuti fotopigmenti i cui picchi di sensibilità erano a 530, 536, 542, 549 e 561 nm (Jacobs e Deegan, 1999; Jacobs, 2008).

Esistono, comunque, due note eccezioni al polimorfismo relativo alla percezione cromatica tipico della maggior parte delle Platyrrine. Le scimmie notturne (*Aotus trivirgatus*), sono monocromatiche indipendentemente dal sesso, infatti possedendo una

sola opsina L, con picco di assorbimento a 543 nm, non sono in grado di percepire i colori (Jacobs e colleghi, 1993; Jacobs, 2008). Le scimmie urlatrici (*Alouatta*) manifestano, invece, tricromaticità di routine. I picchi di assorbimento dei fotopigmenti L e M di *Alouatta* non sono stati stabiliti in modo empirico ma le sequenze dei loro geni codificanti sono molto simili a quelle per le opsine con picchi di sensibilità a 536 e 562 nm, riscontrate nei cebi cappuccini (Regan e colleghi, 2001). Tutto ciò farebbe ipotizzare che anche le opsine M e L presenti in tale genere abbiano massimi di assorbimento probabilmente attorno a tali lunghezze d'onda (Regan e colleghi, 2001; Jacobs, 2008).

Per quanto concerne le proscimmie, studi recenti hanno dimostrato come in tali specie esistano differenze nella visione dei colori dovute a variazioni alleliche e legate probabilmente ad abitudini di vita (Jacobs e colleghi, 1996; Jacobs e Deegan, 2001; Jacobs, 2008). Alcune specie notturne, infatti, sembrano essere dicromatiche, altre monocromatiche. Le specie diurne sono invece polimorfiche nella discriminazione dei colori, presentando sia individui dicromatici (maschi) che individui tricromatici all'interno della specie (Tan e Li, 1999; Jacobs e Deegan, 2001; Jacobs, 2008). La presenza di entrambi gli alleli per le opsine M e L sia nel sifaka di Coquerel (*Propithecus verreauxi*) che nel vari rosso (*Varecia variegata rubra*), porterebbe a pensare che le femmine eterozigote siano tricromatiche. Tale ipotesi è stata poi supportata e confermata da ulteriori studi condotti su altre specie di lemuri (Jacobs e colleghi, 2002, Jacobs e Deegan, 2003, Lucas e colleghi, 2003). Comunque la ridotta densità dei coni, presente nelle proscimmie, porterebbe ad ipotizzare che l'incidenza e il grado di tricromaticità siano inferiori rispetto a quelli riscontrati nelle scimmie eterozigote Platarine (Lucas e colleghi, 2003).

I galagoni (*Otolemur crassicaudatus*), animali dalle abitudini di vita notturne, risultano essere monocromatici: mancano del fotopigmento S e posseggono una singola opsina con un massimo di assorbimento attorno ai 543 nm (Deegan e Jacobs, 1996 Tan e colleghi, 2005; Jacobs, 2008).

Per quanto riguarda i tarsi (*Tarsius*), infine, piccoli animali notturni, primitivi in molti aspetti, recenti esperimenti immunocitochimici, hanno permesso di identificare popolazioni separate di opsine S e M/L, suggerendo così che, anche in questa specie, potrebbero essere presenti geni codificanti per fotopigmenti simili a quelli riscontrati in alcune specie di lemuri (Hendrickson e colleghi, 2000; Jacobs, 2008).

#### **1.4 Evoluzione della visione tricromatica: valore adattativo**

Sebbene il dibattito circa l'evoluzione della percezione del colore sia ancora molto acceso diverse ipotesi sono state saggiate per cercare di trovare una possibile spiegazione alla comparsa della capacità di discriminare i diversi colori. L'attenzione di molti studiosi si è soprattutto focalizzata sugli eventuali vantaggi apportati dalla visione tricromatica, e quindi sulle pressioni selettive che hanno permesso alla stessa di divenire una caratteristica peculiare e distintiva dei primati. Tra le ipotesi più accreditate vi è

quella che collega l'evoluzione della visione tricromatica al comportamento alimentare della maggior parte delle specie di primati. Secondo tale ipotesi, già suggerita da Allen nel 1879, poi ripresa da Mollon nel 1989, la percezione cromatica si sarebbe evoluta per facilitare le specie che si nutrono di frutta nella ricerca del cibo ed, in modo particolare, nell'individuazione e nella selezione dei frutti maturi tra il fitto fogliame. Altri studiosi, in seguito, hanno investigato la validità di tale ipotesi, considerando l'evoluzione della tricromaticità nei primati come il risultato diretto dei segnali cromatici prodotti dai frutti (Regan e colleghi, 2001) o delle foglie (Dominy e Lucas, 2001). Sebbene nella ricerca del cibo sia implicato anche il senso dell'olfatto oltre alla vista, per un animale che si nutre principalmente di frutta, risulta essere di fondamentale e primaria importanza saper individuare efficacemente e velocemente un frutto nella vegetazione molto folta (Smith e colleghi, 2003).

### 1.5 L'ipotesi del *foraging*

La visione tricromatica risulterebbe quindi molto vantaggiosa per quelle specie in cui la frutta rappresenta la fonte principale e preferita di sostentamento e che risultano essere un numero assai cospicuo nel regno animale.

La maggior parte dei primati infatti, si nutre di frutta, e molte specie arrivano a consumarne giornalmente un'elevata quantità. Ad esempio, tra le scimmie catarrine, la frutta costituisce circa l'80% della dieta di *Cercopithecus cephus*, il 95% della dieta di *Macaca sinica*, il 60% della dieta di *Presbytis oscura*, e il 68% di quella di *Pan troglodytes* (Regan e colleghi, 2001). Tra le plattirrine la frutta rappresenta circa il 90% della dieta di *Ateles paniscus*, il 47% della dieta di *Saguinus midas* e circa il 60% di quella di *Saguinus Geoffroyi* (Regan e colleghi, 2001). In Perù, Terborgh (1983) ha scoperto che cinque specie di primati (*Cebus apella*, *Cebus albifrons*, *Saimiri sciureus*, *Saguinus fuscicollis* e *Saguinus imperator*) arrivano a trascorrere circa il 96% del tempo che solitamente dedicano alla ricerca e al consumo di cibo di vario genere, cercando e nutrendosi di frutta, soprattutto nella stagione umida quando i frutti stessi sono abbondanti. Terborgh (1983), ha inoltre scoperto che nei siti di foraggiamento erano disponibili altre varietà di piante che, pur non producendo frutti, erano comunque edibili. I primati, però, tendevano a consumarle principalmente o esclusivamente quando la frutta era scarsa, suggerendo così che i frutti stessi, sono la risorsa di cibo preferita quando ve ne è disponibilità (Regan e colleghi, 2001).

Contemporaneamente, le piante che producono i frutti di cui si nutrono i primati, competono per la dispersione dei loro semi. L'effettiva dispersione dei semi rappresenta un aspetto critico e fondamentale per il successo riproduttivo di una pianta. Infatti, semi che cadono troppo vicino alle piante che li hanno generati, devono competere con le stesse per le risorse; semi troppo raggruppati o dispersi in modo inadeguato possono rappresentare una facile, veloce ed accessibile fonte di cibo per i consumatori. Infine, un seme disperso nel tempo e nello spazio può permettere all'individuo che lo ha prodotto di generare una prole in grado di trarre i maggiori vantaggi da un ambiente fisico in

continuo mutamento durante tutto il suo sviluppo (Regan e colleghi, 2001, Lucas e colleghi, 2003). Uno dei più comuni adattamenti nelle piante che producono fiori e frutti, utilizzato per assicurare un'efficace dispersione dei semi è quello di generare frutti commestibili, impiegabili quindi nella dispersione tramite animali. Si instaura così un'interazione mutualistica dalla quale traggono beneficio sia gli animali che consumano abitualmente frutta che le piante che producono i frutti stessi: le piante forniscono materiale nutritivo strettamente associato ai semi, e gli animali che mangiano i frutti possono poi far cadere, rigurgitare o espellere con le feci i semi stessi, portandoli distanti dalle piante parentali (Regan e colleghi, 2001). Studi ecologici hanno permesso di identificare un elevato numero di piante tropicali i cui frutti sono consumati dai primati e che si affidano agli stessi per la dispersione dei loro semi (Charles-Dominique, 1993; Julliot, 1994). Tali frutti tendono a svilupparsi e a manifestare alcune determinate caratteristiche. Ad esempio risultano essere di dimensioni maggiori, di colori più accesi (giallo, arancio o rosso), con polpa succosa e morbida e con semi meglio protetti, rispetto ai frutti consumati da altri animali, quali uccelli o roditori (McConkey, 1999).

Data l'importanza che la pianta riveste per i primati e considerato il ruolo fondamentale che i primati stessi svolgono nel facilitare il processo di dispersione dei semi, sembrerebbe quindi possibile affermare che alcune caratteristiche delle piante e delle scimmie si siano coevolute per favorire e mantenere nel tempo questa positiva collaborazione mutualistica (Smith e colleghi, 2003). La visione tricromatica ed i cambiamenti di colore mostrati dai frutti durante i diversi stadi del processo di maturazione, potrebbero essere chiari esempi di questa coevoluzione (Smith e colleghi, 2003). I primati, infatti, oltre a sfruttare la visione cromatica per identificare i frutti tra le foglie devono essere in grado di selezionare la frutta matura da quella acerba o potenzialmente tossica. Difese chimiche e fisiche possono proteggere i frutti, fino a quando i loro semi non sono pronti per essere dispersi. Per questo motivo il processo di maturazione è spesso caratterizzato da un cambiamento di colore che può rappresentare per il possibile consumatore un chiaro segnale visivo dell'acquisita commestibilità del frutto maturo (Regan e colleghi, 2001).

L'ipotesi che suggerisce una coevoluzione tra caratteristiche dei frutti e percezione cromatica nei primati è stata supportata in modo considerevole da diversi studi condotti sia in natura che in cattività negli ultimi vent'anni (Rowe, 2002; Regan e colleghi, 2001). Sebbene sia stata inizialmente proposta per cercare di trovare una possibile spiegazione all'origine della visione tricromatica nelle scimmie del Vecchio Mondo, recentemente è stata presa in considerazione per investigare circa l'evoluzione della tricromaticità anche in una specie di scimmie del Nuovo Mondo, la scimmia urlatrice (Regan e colleghi, 2001). Regan ed i suoi colleghi (2001), analizzando lo spettro di assorbimento della frutta abitualmente consumata da questi primati nel loro habitat naturale hanno scoperto, infatti, che le caratteristiche di sensibilità dei loro fotopigmenti

L e M sono tali da permettere loro di individuare e selezionare con accuratezza i frutti nascosti tra la vegetazione molto densa e scura.

Secondo alcuni autori, nonostante i possibili vantaggi derivati dalla visione tricromatica, i primati non consumerebbero frutta colorata con maggior frequenza rispetto ad altri tipi di frutti (Lucas e colleghi, 2003; Rowe, 2002). Sebbene rappresentino una parte fondamentale della dieta dei primati, i frutti non sono una risorsa di cibo costante e sempre disponibile, dal momento che le piante producono frutti maturi solo per alcuni mesi l'anno. Nella Guiana Francese, ad esempio, secondo la stagione dell'anno, la biomassa di frutta prodotta varia tra i 10g e i 5000g di massa secca per ettaro giornalmente (Sabatier, 1985). Inoltre molta della frutta presente in un determinato territorio può non essere commestibile per alcune specie di primati. Nell'arco di circa un anno, Julliot (1996), è riuscito ad identificare in una ristretta zona della Guiana francese, i frutti di 185 differenti specie, ma solamente il 28% di tale frutta risultava appetibile e quindi poteva essere consumata dalla popolazione di scimmie urlatrici (*Alouatta seniculus*) della zona.

Quando la frutta inizia a scarseggiare, i primati devono imparare ad utilizzare risorse nutritive alternative, come le giovani foglie. Secondo alcuni autori, la visione tricromatica si sarebbe sviluppata proprio in zone dove l'alimentazione dei primati si basa principalmente su giovani e tenere foglie. Esse manifestano spesso una colorazione tendente al rosso, associata a proprietà nutrizionali molto importanti come, ad esempio, l'elevato contenuto in aminoacidi e la tenerezza dei tessuti fogliari (Dominy e Lucas, 2001). Solo i primati dotati di visione tricromatica sarebbero in grado di discriminare tra i segnali rosso-verde e quindi di identificare le foglie rossicce con un alto contenuto nutrizionale da quelle più verdi non commestibili. Tale ipotesi è stata supportata da un recente studio condotto in natura dagli studiosi Lucas e Dominy (2001). I due scienziati hanno misurato lo spettro della luce riflessa dalla frutta e dalle foglie che quattro specie di scimmie del Vecchio Mondo, con preferenze alimentari ben delineate e diverse tra loro, erano solite consumare nel loro ambiente naturale. Hanno poi osservato e raccolto la preferenza in termini di colore manifestata dai soggetti nei confronti della frutta e delle foglie. Dai loro dati è emerso che la frutta, mangiata da tutte e quattro le specie di primati studiati, poteva essere ben individuata non solo grazie a segnali sull'asse rosso-verde, ma anche attraverso segnali sull'asse giallo-blu nelle medesime condizioni di luce. Quindi, sebbene la visione tricromatica rappresenti una condizione vantaggiosa per queste specie, perché permette loro di riconoscere più di un segnale visivo, essa non può essere considerata il requisito unico e fondamentale per distinguere i frutti preferiti dalle foglie (Rowe, 2002). Al contrario, dai loro dati emerse che le giovani foglie, dal colore tendenzialmente più rossiccio rispetto alle foglie mature, potevano essere identificate solo grazie ai segnali rosso-verdi. Alla luce della loro scoperta Dominy e Lucas (2001), asserirono quindi che la ricerca di foglie giovani, cibo di miglior qualità rispetto a quelle mature, più che la ricerca della frutta preferita, era il fattore critico per l'origine e il mantenimento della condizione tricromatica nei primati.

Negli anni successivi, Lucas ed i suoi collaboratori (2003), hanno nuovamente investigato circa la validità di questa ipotesi, estendendo però il campione di specie studiate da quattro a otto, cinque delle quali con visione tricromatica di routine e le restanti tre senza. Anche in questo studio l'attenzione si focalizzò sulla scelta di frutta e foglie in termini di colore. I dati ottenuti misero in luce che le specie dotate di visione tricromatica tendevano a consumare foglie dal colore più rosso rispetto alla vegetazione circostante, più frequentemente se paragonate alle specie prive di percezione tricromatica di routine. Dal momento che, per quanto concerne la scelta dei frutti, non emersero differenze significative tra le diverse specie, i risultati di questo studio osservazionale andarono a supportare l'ipotesi che la tricromaticità di routine si fosse evoluta in un contesto dove il consumo di foglie piuttosto che di frutta fosse cruciale.

Comunque, solamente ulteriori studi, possono aiutare a determinare se l'ipotesi collegata alla ricerca di foglie giovani, sia solo un complemento dell'ipotesi legata al consumo di frutta o una teoria che possa rimpiazzare totalmente quest'ultima (Rowe, 2002). In ogni caso, il comportamento alimentare, relativo alla ricerca di cibo, manifestato dai primati con visione tricromatica, si presenta come un raro esempio di comportamento spontaneo, le cui basi sia genetiche che neurali, possono essere identificate (Rowe, 2002).

#### *Tricromaticità allelica o di routine: quali i vantaggi?*

L'individuazione e la selezione di frutta è un compito assai complicato e di fondamentale importanza per le specie di primati frugivori. I frutti devono essere distinti dalle foglie, quelli commestibili devono essere discriminati da quelli non commestibili o potenzialmente tossici ed, infine, la frutta matura deve poter essere distinta da quella non matura (Smith e colleghi, 2003). La colorazione può aiutare gli animali in tutti questi tipi di compiti; infatti come diversi studi hanno ipotizzato, la tricromaticità tipica dei primati rappresenterebbe un vantaggio nel selezionare frutti maturi da una serie di frutti non maturi, acerbi o potenzialmente dannosi (Caine e Mundy, 2000; Regan e colleghi, 2001; Smith e colleghi, 2003; Dominy e colleghi, 2003; Lucas e colleghi, 2003; Riba-Hernández e colleghi, 2004; Melin e colleghi, 2007). Nonostante i teorici vantaggi apportati dalla visione tricromatica nel contesto di foraggiamento, tra i primati si riscontra una notevole variabilità in termini di percezione del colore, con le scimmie catarrine uniformemente tricromatiche e le platirrine con visione polimorfica del colore. Quali sono dunque, i vantaggi conferiti dalle due forme di tricromaticità? Quali pressioni selettive hanno favorito e poi mantenuto nel tempo una percezione cromatica polimorfica, legata al sesso e al corredo genico, con individui sia dicromatici che tricromatici all'interno della stessa popolazione? Per poter meglio rispondere a tali domande, è necessario non solo determinare e dimostrare i maggiori vantaggi di cui godrebbero gli individui tricromatici rispetto a quelli dicromatici, ma occorre anche investigare circa la performance dei diversi fenotipi nel compito di ricerca del cibo (Riba-Hernández e colleghi, 2004). A tale scopo sono stati effettuati diversi studi sia in

natura che in cattività, in modo particolare , su scimmie del Nuovo Mondo. Dominy e collaboratori, ad esempio, nel 2003, hanno condotto uno studio in natura su due specie di tamarini (*Saguinus imperator imperator* e *Saguinus fuscicollis weddelli*), andando ad investigare se le femmine eterozigote, quindi con visione tricromatica, di queste due specie, fossero in grado di utilizzare con maggior efficienza rispetto ai maschi, segnali visivi, quali il colore, la forma o le dimensioni, per individuare delle ricompense di frutta. Studi ecologici sul comportamento alimentare di animali sociali hanno messo in luce come i soggetti che si muovono alla ricerca di cibo, debbano affrontare innumerevoli problemi per localizzare con successo delle buone fonti di alimenti (Giraldeau e Caraco, 2000). Devono, ad esempio, saper usare informazioni ecologiche per la localizzazione di potenziali siti di foraggiamento, ma anche devono poter adottare strategie tali da riuscire ad accedere a risorse scoperte da altri membri del gruppo (Dominy e colleghi, 2003). Chi trova le fonti di cibo, comunque, tende ad ottenere benefici maggiori rispetto agli altri, dal momento che può accedere al cibo per primo ed in modo esclusivo. Data l'importanza della frutta nella dieta della maggior parte delle scimmie platirrine, Dominy ed i suoi colleghi (2003), ipotizzarono che i soggetti per primi ad individuare il cibo, potessero essere femmine, in virtù del vantaggio che la visione tricromatica conferirebbe nell'identificazione dei frutti tropicali. I dati di questo studio, però, non andarono a supportare tali ipotesi dal momento che non emersero differenze significative nei due sessi relative alla capacità di identificare dei possibili buoni siti di foraggiamento. Successivamente Smith e collaboratori (2003), ripresero nuovamente tale idea, effettuando uno studio innovativo in cattività su due specie di tamarini (*Saguinus fuscicollis weddelli* e *Saguinus labiatus labiatus*), andando sempre ad investigare circa i possibili vantaggi conferiti dalla tricromaticità nel compito di individuare frutti maturi. Secondo i ricercatori, infatti, gli individui tricromatici (femmine eterozigote), dovrebbero risultare più efficienti degli individui dicromatici nell'identificazione e nella selezione della frutta migliore. Andando a ricostruire in condizioni di cattività, stimoli con le medesime proprietà di riflessione di quelli naturali, Smith ed i suoi collaboratori riscontrarono effettivamente una maggiore efficienza negli individui tricromatici rispetto a quelli dicromatici. Questo studio è risultato essere il primo ad evidenziare tale vantaggio ricostruendo in una situazione sperimentale stimoli (frutti e foglie) con proprietà simili se non identiche a quelle degli oggetti che gli animali abitualmente incontrano in natura. Questo studio, comunque, non è riuscito a fornire un quadro completo circa i possibili costi e benefici della percezione cromatica. Da nessuno dei dati ottenuti emerge, infatti, l'evidenza che la tricromaticità si sia evoluta solo nel contesto di foraggiamento, come aiuto nella ricerca del cibo migliore o preferito. Altri studi hanno suggerito che la visione tricromatica, sia particolarmente utile per localizzare predatori di colore giallo nella vegetazione molto fitta (Coss e Ramakrishnan, 2000). Esempi potrebbero includere il giaguaro (*Panthera onca*), l'ocelot (*Leopardo pardalis*) e l'oncilla (*Leopardus tigrina*). La visione dicromatica, al contrario, potrebbe essere vantaggiosa, in tutti quei contesti dove non farsi ingannare da

comportamenti o caratteristiche mimetiche è di fondamentale importanza (Morgan e colleghi, 1992; Smith e colleghi, 2003; Melin e colleghi, 2007). Tale capacità risulta cruciale non solo per individuare possibili predatori, ma anche per localizzare eventuali prede, quali ad esempio insetti, che vengono consumate da molte specie di primati (Smith e colleghi, 2003). Un recente studio, comunque, non è riuscito a fornire evidenze che supportino tale vantaggio in alcune specie di tamarini, sia in condizione di cattività che in natura (Buchanan-Smith, 2005). I dati infatti, non hanno mostrato un effettivo vantaggio per gli individui dicromatici rispetto ai tricromatici in termini di numero di prede catturate.

Tuttavia un studio condotto in natura sul DNA fecale di una popolazione di cebi (*Cebus capucinus*) ha evidenziato come gli individui dicromatici siano maggiormente efficienti rispetto ai tricromatici nell'individuare insetti mimetizzati appoggiati ad un substrato in condizioni di scarsa luminosità (Melin e colleghi, 2007). I dati ottenuti hanno inoltre rivelato che sebbene i cebi eterozigoti, non traggano alcun vantaggio dal possedere visione tricromatica in questo particolare compito di ricerca del cibo, essi risultano più efficienti di quelli dicromatici nell'individuazione di prede nascoste all'interno di un substrato e nella loro successiva cattura mediante estrazione (Melin e colleghi, 2007). I risultati di questo studio hanno suggerito che, sebbene non sia emerso un chiaro vantaggio per gli individui eterozigoti nella ricerca di prede mimetizzate, dal momento che la ricerca del cibo richiede compiti e specializzazioni diverse in seguito anche a condizioni ambientali differenti, essere un soggetto dotato di visione tricromatica può rappresentare probabilmente un vantaggio. Altri fattori, comunque, devono intervenire per guidare il mantenimento della visione polimorfica del colore, ossia la presenza di più fenotipi relativi alla visione del colore all'interno della stessa popolazione (Melin e colleghi, 2007).

Le interazioni sociali e il contesto nelle quali esse avvengono, potrebbero, infatti, giocare un ruolo importante nel mantenimento della tricromaticità allelica. Specie sociali, le cui popolazioni presentano individui con diversi fenotipi relativi alla percezione cromatica, potrebbero trarre vantaggio da questa condizione, in quanto possono contare su soggetti con caratteristiche differenti, ma specializzati in compiti ben distinti, tutti comunque utili alla sopravvivenza dell'intera popolazione (Riba-Hernández e colleghi, 2004). Nel fondamentale compito di ricerca del cibo, risulterebbe, infatti, estremamente vantaggioso per una popolazione, poter far affidamento sia su soggetti con visione tricromatica utili per individuare frutta matura tra la vegetazione o foglie giovani e altamente nutritive, sia su individui dicromatici in grado di localizzare frutta criptica o prede mimetizzate.

Le interazioni sociali nel contesto di foraggiamento sono risultate, ad esempio, importanti nello studio di Riba-Hernández e collaboratori (2004) sugli effetti della visione polimorfica del colore in una specie di scimmia ragno (*Ateles geoffroyi*) del Costa Rica. Osservando il comportamento alimentare di questa specie in natura, i ricercatori hanno constatato che esistevano all'interno della popolazione dei sottogruppi,

composti da due o tre femmine adulte con i loro piccoli, specializzati nella ricerca del cibo, soprattutto frutta. Dal momento che anche sottogruppi formati da soli maschi erano comuni, quest'ultimi potevano incontrarsi frequentemente durante il giorno con quelli costituiti da sole femmine. Sebbene le interazioni agonistiche avvenissero con maggior frequenza durante il momento del pasto che in qualsiasi altra circostanza e, sebbene esse terminassero solitamente con l'allontanamento temporaneo delle femmine di basso rango dal sito di foraggiamento, l'intera popolazione poteva trarre vantaggio dalla scoperta della fonte di cibo effettuata dalle femmine (Riba-Hernández e colleghi, 2004). Tutti gli individui, anche se in tempi diversi, potevano infatti accedere al sito e nutrirsi. Lo studio ha inoltre messo in evidenza come le femmine eterozigote, quindi con visione tricromatica, di questa specie fossero più efficienti dei soggetti dicromatici nell'individuare frutta matura ad una certa distanza, fornendo così un'ulteriore prova del vantaggio conferito dalla tricromaticità nel difficile compito di ricerca del cibo. Dal momento che la frutta matura spesso scarseggia, la visione tricromatica può incrementare notevolmente l'efficienza di questi soggetti nella localizzazione dei potenziali siti di foraggiamento, incrementando così le possibilità di sopravvivenza dell'intero gruppo (Caine e Mundy, 2000).

Nelle specie con tricromaticità allelica è stato quindi ipotizzato che i vantaggi apportati dalla visione tricromatica tipica degli individui eterozigoti, siano sufficienti per il mantenimento della visione polimorfica del colore (SurrIDGE e colleghi, 2003). Certamente, come hanno suggerito da altri studi, il fattore socialità, gioca un ruolo fondamentale in tal senso, dal momento che i vantaggi apportati dal manifestare una visione polimorfica del colore, risultano maggiori rispetto a quelli conferiti dalla tricromaticità di routine in specie sociali, dove la ricerca del cibo avviene in gruppo (Riba-Hernández e colleghi, 2004). Gli individui tricromatici, infatti, sarebbero in grado di condurre con maggiore efficienza i conspecifici alle piante con frutti, permettendo così a tutti i membri del gruppo, a prescindere dal loro fenotipo o corredo genico, di attingere alle risorse alimentari. Infine, tenendo conto del fatto che individui dicromatici si sono rivelati ugualmente utili nel fondamentale compito di ricerca del cibo (Riba-Hernández, e colleghi, 2004; Melin e colleghi, 2007), non risulta difficile pensare che la visione polimorfica del colore si sia originata e mantenuta nel tempo in quanto vantaggiosa per le specie che la manifestano, dal momento che può ridurre la competizione per le risorse e promuovere l'efficienza di un gruppo, facilitando il nascere di specializzazioni (Riba-Hernández e colleghi, 2004). Conclusioni definitive, comunque, non possono essere azzardate, poiché al momento mancano ancora troppe informazioni dettagliate sul genotipo di alcune specie di scimmie platirrine, soprattutto manca ancora l'evidenza sperimentale per molte specie di primati che tali animali utilizzino il colore come segnale principale per selezionare il cibo. Il dibattito, circa i possibili vantaggi conferiti dalle due forme di tricromaticità, allelica o di routine, resta quindi ancora acceso.

## **1.6 Ruolo della comunicazione socio-sessuale intraspecifica nell'evoluzione della tricromaticità**

Recentemente, diversi studi hanno messo in luce come alcune specie di primati siano in grado di utilizzare i colori con caratteristiche di croma e saturazione elevate, come ad esempio il rosso, come segnali utili nella comunicazione socio-sessuale intraspecifica (Setchell e Dixon, 2001; Waitt e colleghi, 2003; Setchell e Wickings, 2005; Changizi e colleghi, 2006; Setchell e colleghi, 2006; Fernandez e Morris, 2007). Dai dati ottenuti dai diversi esperimenti è emerso come la capacità tipica della maggior parte dei primati di discriminare i colori possa essere legata proprio a questo contesto, dal momento che il riconoscimento di tratti fenotipici rossi, risulta essere di cruciale importanza sia nelle interazioni di tipo sessuale che di tipo sociale. Studi sui mandrilli (*Mandrillus sphinx*), hanno dimostrato, infatti, che l'intensità dei tratti rossi facciali può essere interpretata non solo come segnale delle possibili abilità competitive di un maschio o come indicazione del rango di appartenenza, ma anche come segnale della qualità riproduttiva di una femmina (Setchell e Dixon, 2001; Setchell e Wickings, 2005; Setchell e colleghi, 2006).

Studi sui caratteri sessuali secondari e sulla loro evoluzione per selezione sessuale, per anni hanno concentrato la loro attenzione solo sui maschi. Waitt e colleghi (2003) hanno, ad esempio, studiato i possibili effetti della colorazione rossa facciale, tipica dei maschi di macaco rhesus (*Macaca mulatta*), sulla scelta femminile del compagno. I risultati di questo studio sembrerebbero supportare l'ipotesi che la colorazione facciale dei maschi rappresenti un affidabile segnale a breve termine della qualità di un maschio, dal momento che le femmine, coinvolte nell'esperimento, hanno manifestato una netta preferenza per i soggetti con la faccia di colore rosso acceso. Poiché la colorazione della pelle nei maschi è regolata dal testosterone, dotato di effetti immunosoppressivi, solo gli individui in buone condizioni, sarebbero in grado di far fronte agli enormi costi associati alla manifestazione di *display* così vistosi. Accoppiandosi preferibilmente con maschi che posseggono tali caratteristiche, le femmine potrebbero ottenere sia dei benefici indiretti, garantendo ai propri cuccioli una maggiore resistenza agli agenti patogeni, sia vantaggi diretti, riducendo il rischio di trasmissione degli agenti stessi dovuta al contatto con individui infetti (Folstad e Karter, 1992; Loehle, 1997; Waitt e colleghi, 2003).

Comunque anche le femmine possono esibire ornamenti appariscenti. Ad esempio, le femmine di mandrillo posseggono una colorazione facciale che varia dal nero al rosa intenso. La visione tricromatica e la capacità, quindi, di discriminare i colori, potrebbe favorire gli individui che la manifestano nel percepire ed interpretare i segnali visivi legati al colore che i caratteri sessuali secondari, sia di maschi che di femmine, possono trasmettere (Fernandez e Morris, 2007). Per investigare su questa ipotesi, Setchell ed i suoi collaboratori (2006), hanno recentemente condotto uno studio su una popolazione di mandrilli, focalizzando la loro attenzione sul possibile contenuto del segnale legato alla colorazione facciale delle femmine della popolazione stessa. Hanno prima

collezionato per diciannove mesi e in seguito osservato, le fotografie scattate ogni quindici giorni, di cinquantadue femmine di circa tre anni d'età, al fine di valutare se il colore dei tratti facciali trasmettesse informazioni circa la loro abilità competitiva, la loro qualità riproduttiva, l'età e lo stato riproduttivo. Il colore non è stato posto in relazione con il rango sociale o la qualità dei singoli individui (indice di massa corporea, età del primo parto ed intervallo medio tra un parto ed il successivo). Osservando i dati raccolti, i ricercatori hanno constatato che il colore aumenta in modo significativo con l'età e che le femmine primipare risultano essere più scure delle multipare. La colorazione facciale potrebbe quindi rappresentare un indice della qualità riproduttiva di una femmina, essendo i soggetti più giovani meno fertili e generando cuccioli di dimensioni minori (Setchell e colleghi, 2006; Fernandez e Morris, 2007). Il colore è risultato, inoltre, più acceso durante la fase follicolare rispetto a quella luteale, mettendo in luce, quindi, come il colore possa essere anche un chiaro indizio di fertilità. Infine, Setchell ed i suoi colleghi (2006), hanno notato come vi sia un cambiamento nel colore durante il periodo della gestazione, con la massima variazione tra la quarta e l'ottava settimana dopo il parto. Tale risultato suggerirebbe che, anche in questo caso, il colore potrebbe fungere da indizio, per segnalare l'avvicinarsi di eventi fisiologici importanti quali il parto o la lattazione. Futuri studi sono, comunque, necessari al fine di poter meglio esaminare la relazione che intercorre tra ciclo mestruale e colore degli ornamenti delle femmine, e per poter determinare sperimentalmente quanto i mandrilli di entrambi i sessi si soffermino sulle differenze di colore riscontrate nelle femmine stesse (Setchell e colleghi, 2006).

Changizi ed i suoi collaboratori (2006), hanno, invece, condotto uno studio al fine di investigare circa l'ipotesi che la visione del colore nei primati sia stata selezionata per discriminare le diverse modulazioni dello spettro visibili sulla pelle dei conspecifici, in modo da poter determinare stati emozionali, segnali socio-sessuali e manifestazioni di minaccia. Con questo studio, gli studiosi hanno mostrato che, in accordo con questa ipotesi, esistono due dimensioni relative alle modulazioni dello spettro della pelle e solamente gli individui dotati di visione tricromatica ne sono sensibili. Inoltre, hanno constatato che i fotopigmenti degli individui che manifestano tricromaticità di routine, sembrano possedere caratteristiche tali da permettere la discriminazione delle variazioni del livello di saturazione di ossigeno del sangue, una delle due dimensioni sopra citate, che determina le proprietà di riflessione della pelle. Infine, Changizi ed i suoi colleghi (2006), hanno evidenziato il fatto che i primati tricromatici tendono ad avere la faccia non ricoperta di pelo, in accordo con l'ipotesi che i segnali relativi agli stati emozionali o legati alla sfera socio-sessuale, sono proprio trasmessi da cambiamenti nella colorazione della pelle del viso.

In ultima analisi, una recente ricostruzione filogenetica, condotta da Fernandez e Morris (2007), ha permesso di far chiarezza sul contesto nella quale la visione tricromatica si sarebbe evoluta. Alla luce delle varie ipotesi, che coinvolgono sia l'ambito del comportamento alimentare che quello della comunicazione socio-sessuale

intraspecifica, i due studiosi sono andati ad investigare circa la possibilità che la tricromaticità sia non tanto una caratteristica acquisita in seguito all'evoluzione dei tratti fenotipici rossi, ma piuttosto il motore che ha guidato l'evoluzione dei tratti stessi attraverso selezione sessuale. Dall'analisi statistica è emerso che sia il pelo che la pelle rossa, come anche la socialità, sono caratteristiche che si sono evolute dopo la comparsa della visione tricromatica nei primati. Quindi è molto più probabile che l'origine della percezione del colore sia legato al contesto del foraggiamento piuttosto che a quello della comunicazione intraspecifica. Futuri studi sono, comunque, necessari per esaminare ulteriormente la preferenza mostrata dai soggetti nei confronti di tratti fenotipici rossi durante le varie fasi dell'accoppiamento, e per incrementare le conoscenze circa il ruolo della colorazione rossa, come componente importante nella comunicazione intraspecifica tra i primati (Fernandez e Morris, 2007).



Una delle caratteristiche fondamentali per cui l'uomo si differenzia dalle altre specie di animali è l'uso del linguaggio che si è scoperto essere localizzato come funzione nell'emisfero sinistro del cervello in due specifiche aree (Broca e Wernicke). Con la parola "linguaggio" non si fa riferimento solamente ai suoni prodotti dall'apparato vocale, ma anche a simboli e gesti utilizzati per comunicare (Bear e colleghi, 1999).

Tradizionalmente, lo studio del cervello umano è sempre stato un campo di particolare interesse per la neurologia o la neuropsicologia, soprattutto da quando si è scoperto che al suo interno esistono diverse aree di competenza. Infatti, si è soliti parlare di lateralizzazione cerebrale, per indicare la specializzazione emisferica funzionale. È noto che la lateralizzazione emisferica non è una caratteristica esclusiva della specie umana, ma è propria anche di altri vertebrati (Vallortigara e Rogers, 2005; Rogers, 2009). Sebbene si tenda ad accettare una forma di continuità tra gli esseri umani ed i primati non umani, la questione di come si sia evoluta la specializzazione emisferica lateralizzata rimane ancora argomento di acceso dibattito, in quanto è ancora un mistero (Ferra e colleghi, 2005).

La specie umana è caratterizzata da una preferenza manuale, comportamento che evidenzia una specializzazione emisferica e che si manifesta costantemente in tutte quelle azioni che richiedono il coinvolgimento della parte destra o sinistra del corpo (Annett, 1985). Tuttavia esistono due caratteristiche che distinguono la preferenza manuale dell'uomo da quella di altri vertebrati:

- è la stessa in diversi tipi di compiti,
- si manifesta a livello di popolazione con una tendenza preponderante per la mano destra.

Infatti, circa il 90% della popolazione umana utilizza la mano destra per svolgere la maggior parte dei compiti, soprattutto per quanto riguarda quelli unimanuali (Pontier e Raymond, 2004).

I ricercatori sostengono che questo fenomeno sia collegato ad una specializzazione del corrispondente emisfero sinistro, sede del linguaggio e di altre funzioni cognitive (Calvin, 1994). L'emisfero destro, invece, negli esseri umani, è sede della produzione di emozioni, che sembrano essere strettamente correlate ai colori, tanto da influenzare lo stato emotivo di un individuo (Alley e Alley, 1998).

### **2.1 La preferenza manuale nei primati non umani**

Nel mondo degli organismi viventi, gli individui capaci di movimento attivo vengono spesso a contatto con prede e/o predatori, con i quali confrontare la propria posizione spaziale in maniera simmetrica. La scelta che si pone a tali soggetti è quella

dell'utilizzo preferenziale di una parte del corpo oppure di entrambe, al fine di compiere determinate azioni. Ciò nonostante un organismo sembra aver scelto di utilizzare prevalentemente un solo lato nella maggior parte delle circostanze, nonostante questo possa far pensare ad una minor prestazione per l'individuo. Poiché l'asimmetria sembra essere distribuita ampiamente nel mondo animale fino a trovare un'importante collocazione nell'uomo, essa dovrebbe conferire, grazie alla selezione naturale, importanti vantaggi agli individui (Bradshaw e Rogers, 1993). Un'importante misura dell'asimmetria comportamentale nell'uomo è rappresentata dalla preferenza manuale per l'uso della mano destra estesa a livello di popolazione. Sono molti gli studi volti a dimostrare l'esistenza di una certa forma di *Handedness* tra gli esseri viventi, in particolar modo tra i primati non umani, con lo scopo principale di comprendere l'origine dell'asimmetria cerebrale nell'uomo, determinando il suo valore adattativo (Vallortigara e Bisazza, 2002; Rogers, 2009).

Dagli studi condotti negli ultimi 15 anni sono emerse valide evidenze di una specializzazione emisferica nelle specie animali non umane per le diverse funzioni motorie, cognitive e percettive (Vallortigara e Rogers, 2005, Rogers, 2009). Nonostante ciò, la questione se esista o meno la preferenza manuale a livello di popolazione nei primati non umani continua ad essere motivo di accese discussioni tra gli autori (Rogers, 2009). Infatti, in letteratura sono riportate alcune evidenze di preferenza manuale estesa a livello di popolazione, in alcune specie di primati non umani (MacNeilage e colleghi, 1987; Hook-Costigan e Rogers, 1996), ma molti autori sono ancora scettici riguardo a tali risultati (Palmer, 2002, 2003).

Con le scimmie Catarrine sono stati condotti oltre 90 studi sulla preferenza manuale e la maggior parte di questi è stata condotta in laboratori sperimentali sul genere *Macaca*. Secondo McGrew e Marchant (1997), solo 11 ricerche sono metodologicamente valide (Kawai, 1967; Tokuda, 1969; Vauclair e Fagot, 1987; Fagot e colleghi, 1991; Hopkins e colleghi, 1992; Watanabe e Kawai, 1993; Takeda, 1994; Westergaard e Suomi, 1996; Mitra e colleghi, 1997; Rigamonti e colleghi, 1998; Westergaard e colleghi, 1998). Alcuni di questi studi sono stati condotti in natura, altri in condizioni seminaturali e due in laboratorio (Westergaard e Suomi, 1996; Rigamonti e colleghi, 1998).

Da questi lavori emerge che le scimmie del Vecchio Mondo mostrano una tendenza ad una lateralizzazione individuale; tale tendenza sembra essere proporzionale alla complessità dei compiti di manipolazione degli oggetti: più risulta difficile ed articolata l'azione da compiere, maggiore è la tendenza ad usare una mano rispetto ad un'altra.

L'unico esempio di una preferenza manuale distribuita a livello di popolazione, anche se in maniera incompleta, si ha quando la mano che compie l'azione, agisce sotto il monitoraggio di modalità sensoriali diverse dalla vista (Fagot e colleghi, 1991). In questo studio condotto da Fagot e collaboratori su un gruppo di macachi rhesus (*Macaca mulatta*) sembra, infatti, essere emersa una preferenza per l'uso della mano sinistra a livello di popolazione, in compiti regolati da modalità sensoriali sia tattili che

visive, anche se tale tendenza è risultata più marcata nei compiti tattili. I risultati di questa ricerca sembrano suggerire una possibile specializzazione dell'emisfero destro in azioni regolate da modalità sensoriali tattili, visive e spaziali.

Numerosi studi riguardanti la preferenza manuale sono stati condotti anche sulle scimmie antropomorfe, utilizzando spesso campioni sperimentali di grandi dimensioni e testando la preferenza manuale in compiti complessi e bimanuali. Dai risultati di alcuni di questi lavori, emerge che le scimmie antropomorfe presentano una preferenza manuale a livello individuale più o meno completa. I risultati ottenuti suggeriscono anche la presenza di una lateralizzazione a livello di popolazione (Hopkins e colleghi, 2005; Hopkins, 2007). Tuttavia, studi diversi sembrano non concordare con quanto emerge dai lavori di Hopkins e colleghi (Palmer, 2003; Rogers, 2009).

Hopkins e collaboratori, grazie ad uno studio del 1996, condotto su un gruppo di scimpanzè, hanno evidenziato la presenza di una preferenza per la mano destra a livello di popolazione in questi primati. Tale lateralizzazione si manifestava solo in alcune attività, come i compiti bimanuali, e con un rapporto di 2:1 per la mano destra. Altri studiosi, come McGrew e Marchant (1997), mantenendo un approccio più scettico, sostengono che solo gli scimpanzè in cattività mostrano una preferenza per la mano destra e solo in modo parziale.

Successivamente, Hopkins e Leavens in uno studio del 1998, hanno testato la preferenza manuale negli scimpanzè, concentrandosi sulla comunicazione gestuale. L'asimmetria manuale è stata osservata in due diversi gesti comunicativi quali il *food beg* (elemosinare il cibo, comportamento presente anche in natura) ed il *pointing*. Dai risultati ottenuti in questa ricerca è emersa una preferenza per l'utilizzo della mano destra, soprattutto negli individui adulti. I ricercatori hanno inoltre osservato un maggiore utilizzo della mano destra nel momento in cui i soggetti accompagnavano il gesto comunicativo con un vocalizzo. Tali dati sembrano essere in linea con quelli relativi alla preferenza manuale nell'essere umano: anche le persone, infatti, rinforzano l'utilizzo della mano destra se, mentre gesticolano, parlano (Hampson e Kimura, 1984).

Hopkins e colleghi, nel 2005 hanno condotto uno studio comparando la preferenza manuale manifestata dagli scimpanzè in gesti comunicativi con quella utilizzata dagli stessi nello svolgimento di altri tipi di compiti quali l'utilizzo di utensili, la presa di un oggetto o di cibo ed azioni bimanuali coordinate. La comunicazione, avvenendo tra lo sperimentatore ed i soggetti sperimentali, si collocava in un contesto interspecifico. Dai risultati ottenuti in questo studio è emersa una preferenza manuale per la mano destra, in modo particolare durante i gesti comunicativi, con un rapporto destra/sinistra pari a 3:1. Non sono inoltre state riscontrate differenze significative tra gli individui cresciuti dalla madre naturale e quelli allevati dai keepers, consentendo in tal modo di escludere una possibile influenza umana sullo sviluppo della preferenza manuale.

Più recentemente sono stati condotti studi simili anche con un'altra specie di primate: il babbuino (*Papio anubis*). Come per gli scimpanzè, anche per i babbuini, è emersa una preferenza manuale per la mano destra soprattutto in contesti comunicativi. Inoltre, tale

asimmetria si è manifestata con gli stessi pattern di risultati nelle azioni unimanuali, in quelle bimanuali coordinate e nei gesti comunicativi (Vauclair e Meguerditchian, 2008).

Nonostante alcuni riscontri, non si è concordi nell'evidenziare una preferenza manuale a livello di popolazione per i primati non umani. Tuttavia, i diversi autori sembrano concordare su una preferenza a livello individuale (Rogers, 2009). Sembra, quindi, importante valutare come questa preferenza possa influire sulla manifestazione di altri comportamenti nelle diverse specie di primati non umani.

### 3.1 Il cercopiteco grigio-verde

#### Tassonomia

Classe: MAMMALIA

Ordine: PRIMATES

Infraordine: CATARRHYNI

Famiglia: CERCOPITHECIDAE

Sottofamiglia: CERCOPITHECINAE

Genere: *Chlorocebus* (Groves, 2001)

Specie: *Chlorocebus aethiops*



#### 3.1.1 Il genere *Chlorocebus*

La classificazione dei cercopitechi grigio-verde è stata recentemente aggiornata, includendo le specie appartenenti al genere *Cercopithecus* in un nuovo genere, *Chlorocebus* (Groves, 2001).

Il genere *Chlorocebus* appartiene alla sottofamiglia Cercopithecinae, che comprende in tutto 9 generi raggruppati in base alla conformazione e all'ecologia.

I primati appartenenti a tale genere sono, tra le catarrine, le scimmie che possiedono il mantello più variopinto. Sono animali di dimensioni medie, con tronco agile, elegante, arti slanciati ma mai eccessivamente lunghi, con mani fini, nelle quali il pollice è sempre assai sviluppato. Misurano circa 120 centimetri dalla testa alla coda e non superano i 10 chili di peso. Il muso è piccolo e non allungato, le tasche guanciali hanno ampio sviluppo e le callosità sono di piccole dimensioni. La loro testa è tondeggiante, le sopracciglia sono poco marcate. La coda sottile raggiunge di solito la lunghezza del tronco e del capo assieme. Il loro nome scientifico, che significa "scimmia caudata" deriva proprio da questa caratteristica. La dentatura è forte, e i canini, negli individui di sesso maschile adulti, sono molto sviluppati.

Questi primati, gregari e arboricoli per eccellenza, sono distribuiti esclusivamente nel continente africano. In questa parte del mondo essi sono, assieme ai babbuini, le scimmie più comuni, con ben 19 specie e numerose sottospecie, diffuse in prevalenza in Africa centro-occidentale e nel bacino del Congo. Vivono nelle foreste e nelle savane e

molte specie condividono il territorio pur rimanendo ognuno nei propri gruppi. Alcune specie sono distinguibili dalla caratteristica colorazione del mantello:

A) scimmie con colorazione grigio verde chiara: è il cercopiteco verde (*Chlorocebus pygerythrus*) che vive, in 20 sottospecie, nelle savane aperte a sud del Sahara; altri gruppi sono presenti lungo il fiume Congo.

B) colorazione non grigio-verde e arti neri al di sotto dei ginocchi dei gomiti;

- cercopiteco barbuto (*Cercopithecus lhoesti*): questa scimmia vive nelle zone boschive delle montagne nigeriane e quelle del Camerun.

- cercopiteco diadema (*Cercopithecus mitis*) con barba scura e ventre bianco: questa scimmia presenta dei ciuffi di peli alle orecchie e i maschi e le femmine si distinguono dalla grandezza (i maschi sono più grandi). Questa specie viene suddivisa in varie sottospecie che vengono riunite in due gruppi: il primo è costituito da quelle scimmie che possiedono capo scuro e striscia frontale chiara mentre nel secondo vi si trovano animali con capo e gola chiari.

C) colore di fondo diverso dal verde, ma con arti non completamente scuri al di sotto dei ginocchi dei gomiti;

- scimmia diana (*Cercopithecus diana*): possiede una faccia nera con le sopracciglia e la barba bianche una colorazione molto vivace.

- cercopiteco di Brazzà (*Cercopithecus neglectus*): con faccia nera, sopracciglia brune e barba bianca. E' la specie più diffusa e quella con il mantello meno colorato.

- cercopiteco coronato (*Cercopithecus pogonias*) e mona (*Cercopithecus mona*): sono specie arboricole molto simili tra loro con colorazione color carne intorno alla bocca.

- cercopiteco dal ventre rosso (*Cercopithecus erythrogaster*) e quello dal naso bianco minore (*Cercopithecus petaurista*) con viso con macchia cuneiforme rossa, bianca o gialla sul naso.

- cercopiteco naso bianco maggiore (*Cercopithecus nictitans*): con macchia bianca sul naso ovale.

- cefo (*Cercopithecus cephus*): con striscia azzurra sul labbro superiore e barba gialla

- cercopiteco di Hamlyn (*Cercopithecus hamlyni*): con striscia bianca perpendicolare sul naso.

- cercopiteco nano del sud e del nord (*Miopithecus talapoin* e *Miopithecus ogouensis*): è considerato il più piccolo tra i cercopitechi non superando il chilo e mezzo di peso.

- cercopiteco di palude (*Allenopithecus nigroviridis*): per alcuni aspetti ricorda il babuino. Questa scimmia si ritrova nelle foreste pluviali lungo il fiume Congo.

### 3.1.2 La specie *Chlorocebus aethiops*

Il cercopiteco grigio-verde si distingue dalle altre specie del genere per ambiente e stile di vita. Contrariamente agli altri cercopitechi che vivono in foresta, tale primate vive, infatti, in savane e boscaglie, frequentando un habitat più arido rispetto a qualsiasi altra specie appartenente allo stesso genere (Wolfheim, 1983).

Tipicamente gregari, gli animali di questa specie formano grandi branchi che possono arrivare a contare fino a trenta individui e dove le femmine adulte sono solitamente presenti in maggior numero.

Sono animali onnivori, diurni e toccano il culmine della loro attività nel primo mattino e nel tardo pomeriggio, mentre riposano nelle ore più calde. Spesso durante queste pause avviene la pulizia reciproca del pelo (*grooming*), pratica che serve, come nelle altre specie di primati, a rafforzare i legami sociali tra i diversi componenti di uno stesso gruppo (Fig. 3.1). La gestazione nei cercopitechi grigio-verdi dura circa 7 mesi al termine dei quali, viene partorito generalmente un solo piccolo, talvolta due (Wolfheim, 1983).



**Figura 3.1: cercopitechi grigio-verdi intenti nell'attività di *grooming*.**

### 3.1.3 Morfologia

I cercopitechi grigio-verde si distinguono dagli altri Cercopitecidi per la pelle blu sull'addome e sui genitali (Fig. 3.2). I piccoli nascono con la faccia rosa e il pelo nero ma, gradualmente, entro la dodicesima settimana, tale colorazione evolve in quella adulta (Lee, 1984). Possiedono una pelliccia piuttosto folta con sfumature che vanno dal grigio al verde-oliva sulla parte dorsale del corpo, comprese capo e coda, mentre la zona ventrale è generalmente biancastra così come le parti interne del corpo, sia anteriori che posteriori.

La faccia è piccola e nera con una marcata linea sopracciliare bianca mentre gli occhi sono grandi e di colore rosso mattone. Sopra le orecchie spuntano dei ciuffi di pelo di colore chiaro, mentre le mani ed i piedi sono piccoli e bruno-scuri.

Le dimensioni del corpo variano da circa 40 a oltre 60 cm, mentre la coda può arrivare a misurarne più di 70 (Lee, 1984).



**Figura 3.2: maschio adulto con caratteristica colorazione della zona genitale.**

Grazie alla particolare struttura del pelo, questi primati possono permettersi di immergersi nell'acqua. I peli principali, infatti, hanno uno spessore notevole e permettono quindi al corpo dell'animale di rimanere isolato quando si bagna.

Questi cercopitechi possiedono, inoltre, callosità ischiatiche e tasche guanciali ben sviluppate che permettono loro di fare abbondanti provviste di cibo, quando scendono dagli alberi per foraggiare a terra (Rowe, 1996).

La coda è molto lunga ma non prensile dal momento che la sua principale funzione è quella di mantenere il bilanciamento del corpo quando l'animale si sposta saltando da albero ad albero. Gli arti posteriori sono leggermente più lunghi di quelli anteriori con mani e piedi di forma stretta e allungata e piante prive di pelo. Sono presenti cinque dita in ogni mano e in ogni piede con il pollice opponibile all'indice. Ciascun dito possiede, inoltre, tre falangi con unghie piatte (Rowe, 1996).

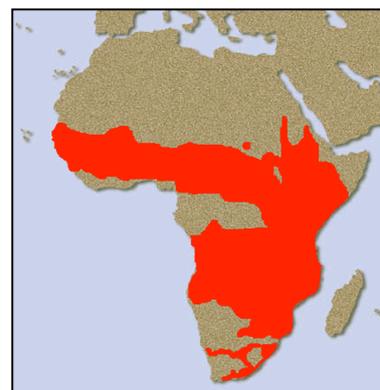
Tra maschi e femmine è presente dimorfismo sessuale in quanto i maschi adulti hanno un peso (circa 5,5 Kg) e un'altezza (circa 490 mm) maggiori rispetto alle femmine (circa 4,1 kg di peso e 426 mm di altezza). I maschi, inoltre possiedono uno scroto dalla colorazione blu accesa, caratteristica che ha un notevole riscontro nell'ambito della comunicazione intraspecifica, in modo particolare durante le interazioni agonistiche e aggressive. Il colore blu indica, inoltre, lo stato di benessere dell'animale ed è dovuto ad una deposizione dermale profonda di melanina in melanociti responsabili della colorazione blu-turchese. L'intensità del colore dipende dalla serotonina, un ormone presente nel sangue, sintetizzato nei neuroni serotoninergici nel sistema nervoso centrale, nonché nelle cellule enterocromaffini nell'apparato gastrointestinale e coinvolto, principalmente nella regolazione dell'umore. Maggiore è il livello di tale ormone nel circolo sanguigno, maggiore sarà, di conseguenza, l'intensità del blu. Quindi, per un soggetto maschile, presentare una zona genitale con colorazione blu molto intensa ed accesa, significa condurre una vita sana ed avere un corpo sano e robusto. Se, invece, un maschio adulto è soggetto a stress, il livello di serotonina nel sangue diminuisce e la sfumatura di blu diventa più chiara. Gli individui di alto rango,

quindi, essendo inseriti meglio all'interno della vita sociale del gruppo, ed essendo meno soggetti, rispetto ai subordinati, a fonti di stress, tendono a mostrare una colorazione blu molto più intensa degli altri membri del gruppo stesso, posizionati gerarchicamente ad un livello inferiore (Rowe, 1996).

I cercopitechi grigio-verde sono primati quadrupedi, camminano, infatti, appoggiando completamente al terreno tutti e quattro gli arti, mentre il corpo mantiene una posizione orizzontale rispetto al terreno stesso. Possono, tuttavia, in casi eccezionali ergersi sulle zampe posteriori, in particolar modo quando si muovono attraverso territori molto vasti ed aperti. Questa particolare postura viene assunta, infatti, ogni qualvolta l'animale, per poter vigilare o controllare un terreno molto ampio, è costretto a sollevarsi eretto sulle zampe posteriori su rocce alberi oltre che a terra. Tale forma di vigilanza viene, spesso, accompagnata da un continuo ruotare la testa da un lato all'altro (Rowe, 1996). Se durante uno spostamento, gli individui di questa specie di primati, si trovano a dover attraversare un corso d'acqua, non esitano a lanciarsi in acqua, dal momento che sono capaci di nuotare con una certa abilità. La dentatura, invece, molto sviluppata, viene spesso utilizzata come strumento chirurgico per rimuovere eventuali spine che si conficcano nella loro carne durante l'attraversamento di zone ricche di piante spinose.

### 3.1.4 Distribuzione geografica

Il cercopiteco grigio-verde è la specie di gran lunga più comune e abbondante del genere *Chlorocebus*. Come specie è diffusa in gran parte dell'Africa subsahariana (Wolfheim, 1983; Lernould, 1988). La sua distribuzione geografica varia dalle regioni più a sud della Somalia e dell'Etiopia fino alla Provincia del Capo. Nella parte meridionale del continente africano, cercopitechi grigio-verde sono presenti nel Nord-Est e a Sud della Namibia e del Botswana (Fig. 3.3).



**Figura 3.3: distribuzione geografica di *Chlorocebus aethiops*.**

### 3.1.5 Ecologia, biologia e comportamento

L'habitat di *Chlorocebus aethiops* è rappresentato da ambienti anche molto aridi, trovando un buon riparo nelle zone boschive della savana e nelle foreste a galleria, in prossimità di corsi d'acqua. I cercopitechi grigio-verde, difficilmente manifestano la tendenza a spingersi in territori troppo aperti, caratterizzati da vegetazione molto bassa. Si mantengono, principalmente, in prossimità di alberi o boschetti, sia perché non sono in grado di approvvigionarsi di radici di piante erbacee, sia perché il loro principale meccanismo di difesa contro i predatori sfrutta la loro estrema agilità arboricola

(Struhsaker, 1967a). Sono stati osservati fino ad un'altitudine di 3000 metri (Wolfheim, 1983).

I cercopitechi di questa specie possono venire essere descritti come onnivori opportunistici, dal momento che possono cambiare la loro dieta in base alle fluttuazioni di cibo disponibile e alle reali possibilità di foraggiamento (Fedigan e Fedigan, 1988). Si nutrono di semi, foglie, radici, bacche, germogli, licheni, frutti maturi e fiori, che prediligono. Possono cibarsi anche di uova di uccelli, piccoli artropodi e vertebrati. Alcune popolazioni, poiché abituate a vivere in prossimità di corsi d'acqua, hanno parzialmente modificato la loro dieta aggiungendo ai consueti cibi consumati, anche molluschi e piccoli pesci. Come altri primati, anche i cercopitechi grigio-verde, selezionano attentamente le loro fonti di energia sia per qualità che per digeribilità (Fedigan e Fedigan, 1988).

I cercopitechi grigio-verde vivono in gruppi sociali eterosessuali relativamente chiusi e stabili. Tali gruppi sono formati mediamente da 24 soggetti, ma le dimensioni possono variare da 7 a 53 individui ed includono maschi adulti, femmine adulte e immaturi (Struhsaker, 1976b). Secondo lo studioso Struhsaker (1976), nei cercopitechi è possibile individuare classi di età ben distinte: i piccoli hanno un'età inferiore ai sei mesi, i giovanissimi hanno tra i sei ed i diciotto mesi, i giovani tra i diciotto mesi e i tre anni, i subadulti tra i tre ed i quattro anni mentre sono considerati adulti i soggetti con un'età superiore ai quattro anni.

Di notte i gruppi sociali si dividono in sottogruppi che tendono poi a riunirsi in un unico gruppo il mattino seguente. All'interno del gruppo stesso i rapporti sociali sono molto forti. Le femmine, infatti, passano l'intera vita all'interno del gruppo in cui sono nate e mantengono stretti legami sociali con la loro famiglia, permettendo ad altre femmine adulte di curare i loro piccoli (Struhsaker, 1976b). I maschi, invece, lasciano il gruppo natale verso i cinque anni d'età, dopo aver raggiunto la maturità sessuale. Un maschio adulto può spostarsi in un altro gruppo da due a tre volte durante la propria vita, permettendo così di prevenire il fenomeno dell'*inbreeding* (Estes, 1991).

A causa della loro piccola taglia e delle loro abitudini di vita talvolta terribili, i cercopitechi grigio-verde sono soggetti ad una pressione predatoria molto elevata. Sono, infatti, spesso preda di aquile, leoni leopardi, ghepardi e serpenti. Questi ultimi rappresentano la principale minaccia per le popolazioni di *Chlorocebus aethiops*. La spiccata agilità di questi primati fra gli alberi e la loro capacità di nascondersi appiattendosi sui rami vigilando i predatori, permette loro di sfuggire molte volte al pericolo. Gli individui adulti, inoltre, sono anche in grado di contrattaccare i predatori, anche se ciò avviene principalmente con quelli di dimensioni minori e meno pericolosi come serpenti e ratti.

I cercopitechi grigio-verde utilizzano diversi vocalizzi di allarme e *pattern* comportamentali di fuga, a seconda che il pericolo giunga dall'alto (rapaci), da terra (serpenti) o sia un pericolo generico (carnivori). Ad esempio, emettono grida d'allarme lievi e di bassa intensità se avvistano predatori come iene, licaoni e, a volte, ghepardi.

Alla vista di un leone o di un gattopardo africano, invece, i cercopitechi reagiscono con impeto, emettendo grida acute e ad alta intensità, seguite da appropriate reazioni di fuga. Ciò accade anche con aquile e con serpenti velenosi, come la vipera soffiante o il cobra comune. I serpenti non velenosi, vengono invece ignorati (Struhsaker, 1976c; Seyfarth e colleghi, 1980). Le prime osservazioni sul modo in cui i cercopitechi comunicano tra loro furono condotte dal biologo Struhsaker nel Parco Nazionale di Amboseli in Kenia. Successivamente anche i ricercatori Seyfarth e Cheney sono giunti ai medesimi risultati: i cercopitechi di Amboseli sono in grado di emettere almeno dieci suoni diversi per comunicare ai conspecifici l'avvicinamento di altrettanti predatori. Hanno, cioè, un vocalizzo per ogni nemico, tanto da definire questi suoni quasi "parole". Un medesimo pattern comportamentale è stato riscontrato in un'altra specie di cercopiteco, il cercopiteco di Campbell (*Cercopithecus campbelli campbelli*). Per due anni un'equipe di ricercatori delle università di Rennes (Francia), St Andrews (Scozia) e Cocody-Abidjan (Costa d'Avorio), ha studiato il comportamento di 6 diversi gruppi di cercopitechi di Campbell del parco nazionale di Taï, Costa d'Avorio. Queste scimmie vivono in gruppetti di una decina di esemplari, capitanati da un maschio alfa che ha il compito di allertare i compagni in caso di pericolo, con tre grida di allarme diverse. Ma i discorsi dei cercopitechi non si limitano a queste 3 semplici espressioni. Ulteriori analisi hanno mostrato come questi primati sappiano moltiplicare la loro gamma di vocalizzi diversi semplicemente "attaccando" ai versi più comuni, una piccola sillaba, il suffisso "-oo". Un meccanismo, questo, a cui noi umani ricorriamo tutti i giorni: basta per esempio, attaccare all'aggettivo "comune" il suffisso "-mente" per formare una nuova parola, l'avverbio "comunemente". In una seconda ricerca gli scienziati si sono concentrati su come queste scimmie combinano i suoni per comunicare tra loro, scoprendo che raramente i cercopitechi emettono versi isolati, anzi. Possono elaborare anche una "frase" di 25 distinti vocalizzi, combinati di volta in volta in modo diverso per fornire informazioni circa la natura del pericolo (un albero che cade, un predatore), il tipo di predatore e come è stato localizzato (l'ho visto, l'ho sentito) e infine, su come evitarlo. La complessità di questa sintassi potrebbe essere spiegata con la necessità di compensare con la varietà di vocalizzi, la gamma ristretta delle inflessioni vocali dei cercopitechi (rispetto ad esempio, alle diverse note che può emettere un uccellino). O ancora, come risposta a un problema di "visibilità". A causa della fitta vegetazione africana infatti, queste scimmie sono spesso costrette a comunicare tra loro senza vedersi: da qui nasce probabilmente l'utilità di un vocabolario tanto vasto ed articolato. Un simile studio era stato condotto su un'altra specie di cercopiteco, quello dal naso bianco (*Cercopithecus nictitans*), nel marzo 2008. Se provata anche su altre specie di primati, la nuova scoperta - pubblicata sul sito di *Proceedings of the National Academy of Sciences* - potrebbe fornire indizi preziosi sull'origine del linguaggio umano. Si pensa infatti che l'uomo e il cercopiteco di Campbell si siano separati da un comune antenato circa 30 milioni di anni fa.

Per quanto concerne, l'aspetto riproduttivo, per i cercopitechi grigio-verdi esiste una stagione degli accoppiamenti che coincide con la stagione secca. Infatti, la distribuzione stagionale delle nascite è correlata con le due stagioni delle piogge, in cui la vegetazione diventa ricca e lussureggiante. Ciò si traduce in una maggior ricchezza e varietà di cibo che rende migliore e più agevole l'allattamento dei nuovi nati e anche il loro successivo svezzamento, dato che i piccoli iniziano a mangiare erba a circa un mese di vita (Struhsaker, 1976d). Il periodo di gestazione è di circa 5 mesi e le nascite avvengono solitamente tra ottobre e dicembre.

Nei cercopitechi, dato che i maschi tendono ad eliminare i figli non propri, è diffuso un meccanismo noto come "ovulazione nascosta" (Eley e colleghi, 1989). Quando le femmine adulte sono in estro, infatti, non esiste alcun segnale, sia fisico che ormonale, che lasci intuire ai maschi il periodo di ovulazione. Questo abile stratagemma favorisce, così le femmine che si possono accoppiare con più maschi del gruppo durante tutto l'anno. Inoltre, in questo modo, i maschi non sono mai sicuri della paternità dei futuri nati.

Le giovani femmine del gruppo aiutano molto le madri prendendosi cura dei piccoli e praticando loro il *grooming* nel momento in cui le madri stesse sono impegnate nell'allattamento. In questo modo le giovani femmine acquisiscono gli atteggiamenti da adottare con i loro futuri cuccioli. Tale atteggiamento è noto come "baby sitting" (Fig. 3.4).



**Figura 3.4: femmina con un piccolo.**

### **3.1.6 Organizzazione sociale**

L'organizzazione sociale è di tipo matrilineare, ed i membri di ogni ceppo si curano il pelo, dormono insieme e si allertano contro gli aggressori. Il *grooming*, oltre a rafforzare i legami sociali all'interno del gruppo, può assumere significati diversi a seconda degli individui che lo praticano. La pulizia reciproca tra due maschi avviene raramente, ma quando accade, ha lo scopo di diffondere tensioni riguardo l'identità del maschio dominante e di stabilire alleanze. Tra un individuo maschio ed una femmina implica l'accoppiamento o ha lo scopo di mantenere buoni rapporti al fine di proteggere i piccoli. Infine, il *grooming* tra due femmine rappresenta un collante che tiene insieme

le femmine stesse, avvenendo spesso da parte delle subordinate nei confronti delle dominanti.

Esiste uno stretto rapporto gerarchico di dominanza tra le femmine adulte ed i piccoli acquisiscono il livello di dominanza della madre, indipendentemente dal sesso (Seyfarth, 1980). Le femmine matriarcali hanno un vantaggio maggiore rispetto alle subordinate per quanto concerne l'accesso al cibo ed il successo riproduttivo, ed i loro figli ricevono maggiore supporto e meno aggressioni da parte degli altri membri del gruppo. Spesso accade che le femmine subordinate tentino di "avvicinarsi" a quelle di alto rango o ai loro piccoli e, per questo motivo, competano tra loro. Ne deriva che nei cercopitechi i gruppi sono composti da una gerarchia di famiglie tra loro dominanti o subordinate secondo la scala gerarchica. Anche un maschio assume la posizione sociale della madre, finché non si trasferisce in un altro gruppo dove il suo status dipenderà da diversi fattori, quali l'età, l'abilità nella lotta ed anche il grado di accettazione da parte delle femmine adulte del gruppo d'adozione.

Tra i cercopitechi esiste anche una gerarchia di dominanza maschile, questa, però, è separata da quella femminile ed include solo i maschi adulti del gruppo che di solito sono presenti in minor numero rispetto alle femmine (da 1 a 8). Il maschio dominante impedisce agli altri maschi del gruppo di instaurare comportamenti sociali con le femmine, diminuendo, così, le possibilità che avrebbero gli eventuali "rivali" di stringere alleanze con femmine di alto rango. All'interno del gruppo, tale maschio, è l'individuo più vigilante, e in caso di attacchi, si occupa di minacciare i rivali o i predatori, permettendo agli altri soggetti di trovare riparo. La vigilanza svolta dai maschi sembra aumentare durante tutto il periodo riproduttivo, comprese le nascite, e ciò si traduce in un notevole vantaggio per le femmine (Baldellou e Henzi, 1992).

### **3.1.7 Conservazione**

Sebbene si ancora largamente diffusa, la specie, ampiamente utilizzata nella ricerca biomedica, oggi è in forte declino, anche a causa della distruzione da parte dell'uomo del suo habitat naturale.

Attualmente è inclusa nell'appendice II della CITES.

## 3.2 Il macaco nemestrino

### Tassonomia

Classe: MAMMALIA

Ordine: PRIMATES

Sottordine: HAPLORHYNI

Infraordine: CATARRHYNI

Famiglia: CERCOPITHECIDAE (Gray, 1821)

Sottofamiglia: CERCOPITHECINAE (Gray, 1821)

Genere: *Macaca*

Specie: *Macaca nemestrina* (Linnaeus, 1766)

Sottospecie: *Macaca nemestrina nemestrina* (Blyth, 1863)



### 3.2.1 Il genere *Macaca*

Con la parola *Macaca*, usata dalle popolazioni indigene dell'Africa nord-occidentale per indicare scimmie molto diverse tra loro, è contraddistinto un genere di Cercopitecidi.

La famiglia dei Cercopitecidi è la più grande dell'ordine dei Primati, quella che comprende quasi tutte le scimmie che vivono nel Vecchio Mondo.

La distribuzione di questi primati è molto vasta: i Cercopitecidi sono diffusi in quasi tutto il continente Africano, in India, in vaste zone dell'Asia sino al Giappone e alle isole dell'Arcipelago Malese e nell'estremo lembo sud-occidentale dell'Europa.

Carattere generale che accomuna tutti i Cercopitecidi è la presenza di callosità ischiatiche, cioè di aree prive di peli, di color rosso vivo, a volte rilevate, nella regione delle natiche.

La famiglia dei Cercopitecidi appartiene all'infraordine *Catharrhini*, che come indica il nome (dal greco *katà* = basso, *ris* = naso), comprende scimmie che hanno le narici rivolte verso il basso e separate da un setto nasale molto stretto. Tali scimmie, inoltre, hanno due denti premolari per ogni mezza mascella, cosicché la loro dentatura è composta come nell'uomo da 32 elementi. Non poche Catarrine mancano della coda e quando essa esiste, pur avendo una lunghezza notevole, non è dotata di prensilità.

IL genere *Macaca*, notevolmente complesso, viene ripartito in vari sottogeneri e in 17 specie (Gippoliti e Visalberghi, 2001).

- *Macaca arctoides* (I. Geoffroy, 1831)
- *Macaca assamensis* (McClelland, 1839)
- *Macaca cyclopis* (Swinhoe, 1862)
- *Macaca fascicularis* (Raffles, 1821)

- *Macaca fuscata* (Blyth, 1875)
- *Macaca maura* (Cuvier, 1823)
- *Macaca mulatta* (Zimmerman, 1780)
- *Macaca nemestrina* (Linnaeus, 1766)
- *Macaca nigra* (Desmarest, 1822)
- *Macaca ochreata* (Ogilby, 1840)
- *Macaca pagensis* (Miller, 1903)
- *Macaca radiata* (E. Geoffroy, 1812)
- *Macaca sinica* (Linnaeus, 1771)
- *Macaca silenus* (Linnaeus, 1758)
- *Macaca sylvanus* (Linnaeus, 1758)
- *Macaca thibetana* (Milne-Edwards, 1870)
- *Macaca tonkeana* (Meyer, 1899)

I componenti del genere *Macaca* hanno una vasta distribuzione geografica: il numero maggiore di specie è distribuito nel continente e nelle isole Asiatiche

Le 17 specie sono accomunate da alcune caratteristiche morfologiche: corpo di medie dimensioni, arti non particolarmente lunghi, pollice breve e alluce notevolmente sviluppato, dentatura completa, cioè composta da denti di quattro tipi, con quattro canini molto sviluppati, arcata sopraccigliare relativamente poco sporgente. La coda, invece, presenta dimensioni molto varie: in alcune specie ha una lunghezza superiore a quella del corpo, in altre è quasi assente.

### 3.2.2 La specie *Macaca nemestrina*

Nel suo lavoro sulla tassonomia dei macachi nemestrini, comunemente chiamati “macachi dalla coda di porco”, Fooden (1975) ha menzionato tre sottospecie di *Macaca nemestrina*: *M. n. nemestrina*, *M. n. leonina*, *M. n. pagensis*. Queste tre forme ben definite di macachi sono diffuse in Asia sud-orientale, dall’Assam orientale fino al Borneo, con distribuzioni contigue ma non sovrapponibili.

Successivamente Groves (1993) ha inizialmente riconfermato la conclusione di Fooden, ritrattandola poi in seguito riconoscendo la sottospecie *pagensis* come specie effettiva (Groves, 1997). Quindi attualmente vengono attribuite alla specie *M. nemestrina* le due sottospecie *M. n. nemestrina* e *M. n. leonina*.

### 3.2.3 Morfologia

I macachi nemestrini sono primati di taglia media, con corpo piuttosto robusto e sia gli arti anteriori che quelli posteriori non sono molto slanciati (Fig. 3.5).

La pelliccia presenta una colorazione relativamente costante all'interno di ogni sottospecie. In *M. n. nemestrina* il pelo del dorso è folto e lungo ed il colore dominante è un marrone scuro-olivastro, mentre sul ventre è più scarso e biancastro. La pelliccia sulla calotta cranica assume un colore marrone scuro o nero e i ciuffi di peli attorno alle orecchie sono corti e scuri (Fig. 3.6). In *M. n. leonina* invece la pelliccia del dorso e di una stretta porzione della calotta cranica assume una colorazione marrone-dorata, mentre i peli attorno alle orecchie sono lunghi e chiari.

I macachi nemestrini alla nascita sono scuri, ma con la crescita il loro pelo assume la colorazione peculiare degli individui adulti.



**Figura 3.5: maschio adulto di *Macaca nemestrina*.**



**Figura 3.6: femmina adulta con piccolo.**

Le orecchie, le mani, le callosità nella regione delle natiche e la faccia sono nude, sebbene i maschi abbiano spesso una criniera di peli attorno al muso (disco cefalico) che conferisce loro un aspetto maestoso.

Le callosità ischiatiche, di color giallognolo o rosa-salmone, sono abbastanza grandi, a forma di triangolo isoscele, con la base supero-laterale e l'apice infero-mediale e più arrotondate negli individui immaturi. In *Macaca nemestrina* le callosità sono più triangolari che in ogni altra specie di macaco.

Il dimorfismo sessuale, per quanto riguarda le dimensioni corporee ed il peso, è massimo proprio in questa specie. La lunghezza del capo e del corpo nella sottospecie *M. n. nemestrina* varia mediamente tra 43,4 e 57,6 cm (n=17) nelle femmine adulte, e tra 53,2 e 73,8 cm (n=23) nei maschi adulti; in *M. n. leonina* varia invece tra 40,0 e 49,0 cm (n=15) nelle femmine e tra 50,0 e 59,5 cm (n=13) nei maschi adulti. La taglia degli adulti aumenta di 10,0 cm ogni 15° di latitudine (Fooden, 1975).

Per quanto concerne il peso, in *M. n. nemestrina* esso varia mediamente tra 5,4 e 7,6 Kg (n=10) nelle femmine adulte e tra 10,0 e 13,6 Kg (n=8) nei maschi adulti; in *M. n.*

*leonina* varia tra 4,4 e 5,7 Kg (n=7) nelle femmine adulte e tra 6,2 e 9,1 Kg (n=6) nei maschi adulti (Fooden, 1975).

Il dimorfismo sessuale è molto accentuato anche per quanto concerne gli ornamenti del viso, il disco cefalico e la lunghezza dei canini. I maschi adulti infatti posseggono denti canini, usati nelle interazioni aggressive, molto più lunghi e larghi rispetto a quelle delle femmine e con una lunghezza media di 12 mm.

I macachi nemestrini hanno una coda molto breve e sottile, quasi vestigiale, spesso priva di pelo o ricoperta solamente da una scarsa pelliccia. Essa viene mantenuta semi-eretta o sensibilmente ricurva, così da ricordare la coda di un maiale. L'appellativo "macaco dalla coda di porco" deriva proprio da questa peculiare caratteristica, che contraddistingue questa specie dagli altri macachi.

Quando le femmine sono recettive sessualmente sviluppano esteriormente un esteso rigonfiamento della zona circumanale, dell'area attorno alle callosità ischiatiche e dell'area pubica sotto la base della coda. Tale rigonfiamento detto *swelling* si sviluppa gradualmente a partire dal periodo mestruale e dopo l'ovulazione subisce uno "sgonfiamento", fino al seguente ciclo mestruale. Lo *swelling* presenta delle differenze morfologiche nelle due sottospecie di *M. nemestrina* (Fig. 3.7). In *M. n. leonina* lo sviluppo dello *swelling* è principalmente limitato alla zona sub-caudale, mentre in *M. n. nemestrina* riguarda tutta la zona circumanale, l'area attorno alle callosità e l'area pubica, formando una massa continua (Fooden, 1975). Tali diversità potrebbero essere collegate alla differente nicchia ecologica occupata dai due taxa: in *M. n. leonina* lo sviluppo dello *swelling* sub-caudale rappresenterebbe una struttura evidentemente adattata ad uno stile di vita prettamente arboricolo.

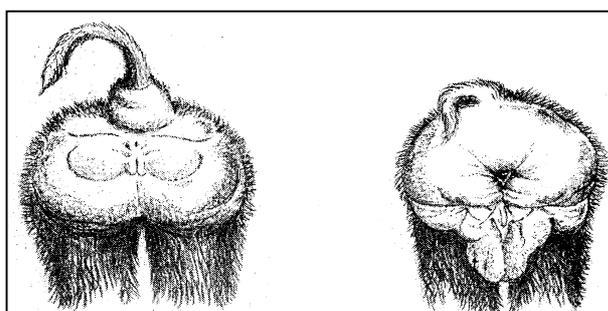
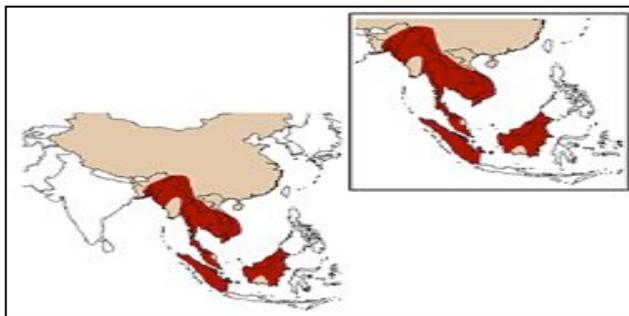


Figura 3.7: swelling in *M. n. leonina* (sinistra) e in *M. n. nemestrina* (destra).

### 3.2.4 Distribuzione geografica

Per quanto concerne la distribuzione attuale delle due sottospecie (Fig. 3.8), troviamo *M. n. leonina* nella penisola indocinese, dall'Assam orientale (India) a Burma, in Yunnan sud-occidentale (Cina), in Thailandia, nel Laos meridionale, nel Vietnam del sud e in Cambogia. La sottospecie *M. n. nemestrina* è diffusa invece nella regione della Sonda, da Surah Thani-Krabi (depressione della penisola thailandese) alla Malesia occidentale, a Sumatra, a Bangka e nel Borneo.

Il confine tra la distribuzione delle due sottospecie corrisponde alla faglia di Khlong Marui della penisola di Thai-Malay, area in cui, a causa di una barriera geofisica, è stato ostacolato lo scambio genetico tra le due popolazioni. Anche l'assenza di *M. n. nemestrina* nel Laos centro-settentrionale e nel Vietnam del nord, potrebbe essere dovuta all'esistenza di una barriera sconosciuta (fisica o biologica), oppure ad una successiva estinzione. Attualmente vi sono alcune testimonianze di ibridizzazione delle due sottospecie in Thailandia, ma l'interbreeding non è comunque diffuso.



**Figura 3.8: distribuzione geografica di *Macaca nemestrina*.**

### **3.2.5 Ecologia, biologia e comportamento**

L'habitat di *Macaca nemestrina* è rappresentato dalla densa foresta pluviale dell'Asia tropicale, dove la temperatura varia stagionalmente tra i 18° e i 30°C, e dove le precipitazioni annue superano i 2500 mm. Il range di altitudine non è uniforme per quanto concerne la distribuzione delle due sottospecie: *M. n. nemestrina* abita le zone pianeggianti dal livello del mare fino a 1700 m, mentre *M. n. leonina* vive sulle colline pedemontane delle maggiori catene montuose (75-1250 m).

I macachi nemestrini sono principalmente frugivori: il 74% della loro dieta consiste di frutta e semi. Essi comunque possono consumare occasionalmente un'ampia varietà di altri cibi tra cui insetti e larve, tenere foglie verdi, ragni e probabilmente anche uova di uccelli e piccoli invertebrati.

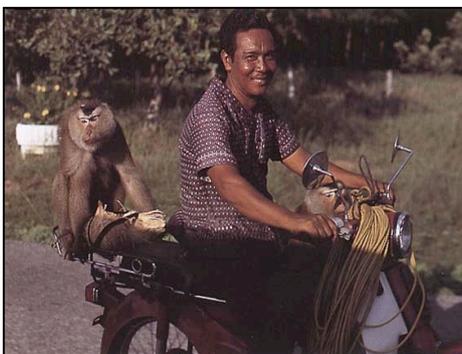
Questi primati trascorrono la maggior parte del loro tempo al suolo, anche se sembra che la sottospecie *M. n. leonina* sia più arboricola della sottospecie *M. n. nemestrina*. In presenza di un pericolo infatti, i macachi della prima sottospecie tendono a cercare rifugio sugli alberi, mentre quelli appartenenti alla seconda scendono a terra e fuggono.

In alcune aree della Malesia da tempo i coltivatori addomesticano i macachi della sottospecie *M. n. nemestrina*, che chiamano *bruh*, (Fig. 3.9) e li ammaestrano ad arrampicarsi sulla palma da cocco e su altri alberi per raccogliere noci di cocco e frutta. La sottospecie *M. n. leonina* invece non è addomesticabile e quindi non può essere sfruttata per questi scopi (Fooden, 1975).

I macachi nemestrini vivono in gruppi formati da 5-20 individui, composti da 1-3 maschi adulti, 2-10 femmine adulte e 2-10 tra giovani e cuccioli. Le femmine

rimangono nel loro gruppo natale mentre molti maschi, raggiunta la maturità sessuale si disperdono. Durante la ricerca di cibo, spesso i membri di uno stesso gruppo si suddividono in più sottogruppi, in modo tale da diminuire la competizione diretta per il cibo nei siti di foraggiamento. Tali sottogruppi, composti da 2-6 individui, mantengono il contatto tra loro mediante vocalizzazioni (Caldecott, 1987). I macachi nemestrini comunque, non comunicano tanto attraverso vocalizzi ma piuttosto mediante mimica facciale ed atteggiamenti posturali (Fig. 3.10). Un tipico esempio di questa modalità di comunicazione è il *pucker*, un'espressione facciale, accompagnata da una particolare postura, nella quale le labbra sono compresse e spinte in avanti, la fronte e le orecchie tirate indietro e le zampe anteriori abbassate per portare la mascella vicino al terreno. Il *pucker* viene effettuato sia dalle femmine, come richiamo per i piccoli, sia dai maschi che lo manifestano o verso femmine in estro o verso altri maschi (Caldecott, 1987).

Per quanto concerne l'aspetto riproduttivo della specie, il ciclo estrale è molto più evidente in essa che nelle altre specie di macaco (Fooden, 1975). La recettività sessuale nelle femmine si manifesta mediante lo sviluppo dello *swelling*, il rigonfiamento della zona circumanale, dell'area attorno alle callosità ischiatiche e dell'area pubica sub-caudale. Lo *swelling* si sviluppa gradualmente a partire dal periodo mestruale, per arrivare alla massima tumescenza verso il quindicesimo giorno. Dopo l'ovulazione, lo *swelling* si riduce in circa quindici giorni fino al seguente mestruo. Il ciclo sessuale dura 31 giorni, mentre la gestazione dura in media 170 giorni, ma può variare tra i 162 e i 186 (Kuehn e colleghi, 1965). In natura sembra non esserci una particolare stagione riproduttiva.



**Figura 3.9:** esemplare addomesticato.



**Figura 3.10:** espressioni facciali ed atteggiamenti posturali.

### 3.2.6 Organizzazione sociale

Come per la maggior parte dei primati, anche in *Macaca nemestrina* è presente una complessa socialità, che comprende ad esempio cure parentali, baby-sitting e gerarchie di dominanza. Le madri si prendono cura dei loro piccoli soprattutto durante il primo anno di vita, nutrendoli, trasportandoli e proteggendoli (Fig. 3.11). Nel primo mese i cuccioli restano costantemente in contatto con le loro madri, mentre a partire dalla quinta settimana iniziano a trascorrere maggior tempo lontano da esse, esplorando l'ambiente circostante. Durante l'infanzia, che va dalla nascita al primo anno di vita, i

piccoli possono essere presi e allontanati dalla loro madri dalle altre femmine adulte del gruppo. Spesso sono quelle di rango più elevato a sottrarre i cuccioli a quelle di rango inferiore (Maestripieri e colleghi, 1997). Questi “sequestri” avvengono solitamente quando un piccolo si allontana momentaneamente dalla propria madre nei primi tentativi di esplorazione e di approccio indipendente con l’ambiente circostante. Se il piccolo resta però troppo a lungo lontano dalla madre rischia di morire per la fame e la disidratazione.



**Figura 3.11: femmine con i piccoli.**

La dominanza e la subordinazione sono aspetti importanti delle relazioni interindividuali. Sebbene la dominanza implichi quasi sempre la minaccia dell’attacco fisico o dell’allontanamento da una risorsa, una volta stabilito il rango, è raro che sia necessario passare alla via di fatto. In *Macaca nemestrina*, all’interno del gruppo, la componente gerarchica è molto forte in entrambi i sessi. Il soggetto dominate è però un maschio adulto. Tale individuo, in virtù della posizione occupata nella scala sociale, gode di alcuni privilegi rispetto agli altri membri del gruppo che gli sono subordinati. Può, ad esempio, accedere per primo al cibo, a luoghi ambiti dove riposare e anche alle femmine in estro. Una volta stabilito il rango esso può essere mantenuto tanto dalla sottomissione degli animali subordinati quanto dalle esibizioni di minaccia degli individui dominanti. In generale sono i maschi adulti ad avere un ruolo dominante e a guidare solitamente il gruppo anche se presenti in numero inferiore rispetto alle femmine. Il rapporto numerico sbilanciato verso le femmine deriva dal fatto che mentre esse rimangono nel loro gruppo natale i giovani maschi, una volta raggiunta la maturità sessuale, vengono spinti dagli altri maschi a lasciare il gruppo di appartenenza. I maschi scacciati cercano sovente un altro gruppo sociale dove vivere oppure vagano solitari (Caldecott, 1987; Oi, 1990). L’acquisizione del rango sociale è comunque un processo complesso diverso nei due sessi e determinato inizialmente dalla minaccia e dal combattimento. Nelle femmine il rango sociale può essere determinato da quello materno, per cui femmine figlie della stessa madre occupano spesso posizioni adiacenti nella scala sociale e si mostrano fra loro molto tolleranti, pulendosi reciprocamente e mangiando insieme. Per mantenere una posizione elevata nella gerarchia di dominanza, essendo questa non sempre stabile, le femmine di alto rango possono formare coalizioni con le altre femmine con cui sono imparentate (Oi, 1990). Tali gruppi si formano anche

quando le femmine si trovano ad affrontare maschi adulti di rango inferiore, visti non tanto come potenziali compagni ma piuttosto come antagonisti nell'accesso alle risorse di cibo. Nei giovani maschi, invece, una volta cresciuti e diventati indipendenti dalla madre, il rango è determinato in larga misura dalle dimensioni fisiche. Fra questi individui, infatti, non appena diventano sessualmente maturi, si osserva un aumento delle dispute atte a stabilire la posizione nella scala sociale. Quando i giovani maschi migrano in un nuovo gruppo sociale diventano all'interno di esso i maschi di rango più basso e possono quindi essere soggetti a comportamenti aggressivi da parte dei maschi di rango più elevato (Oi, 1990).

I soggetti del gruppo mostrano comunque comportamenti, caratterizzati sia da interazioni positive che negative, atti a mantenere e a rafforzare i legami sociali. Un esempio di interazione amichevole, pressoché comune a tutti i primati non umani è il cosiddetto *grooming* (Fig. 3.12). Tale attività, che consiste nella strigliatura e nella pulizia reciproca del pelo, ha una duplice valenza. Non solo permette agli individui di mantenere la pelle ed il pelo sani e liberi da parassiti, ma svolge anche una vera e propria funzione sociale. Può essere un gesto di riappacificazione molto importante; capita infatti molto spesso che un soggetto dominante si “conceda” al *grooming* di un subordinato in seguito ad una interazione nella quale quest'ultimo si è sottomesso ad una breve esibizione di minaccia. Spesso lo schema delle relazioni di *grooming* è un buon indice della struttura sociale dettagliata del gruppo. Tale attività, infatti, mostra quali animali si associano e fornisce una buona misura delle forze coesive che mantengono il gruppo stabile, con le sue caratteristiche di autentica unità sociale.



**Figura 3.12: individui impegnati nell'attività di *grooming*.**

### **3.2.7 Cause di minaccia**

I macachi nemestrini sono abitanti delle foreste, per cui la loro sopravvivenza è legata strettamente all'esistenza di ampie distese forestali. Il pericolo di estinzione è provocato principalmente dalla frammentazione e dalla distruzione dei loro habitat, come risultato della deforestazione, che soprattutto nell'ultimo secolo, ha assunto proporzioni drammatiche ed ha registrato un incremento esponenziale. Vaste aree

forestali sono state abbattute o bruciate per ricavare pascoli o per ottenere terreni dove poter praticare le monocolture.

Un'altra causa di distruzione degli habitat è rappresentata dalla rapida crescita della popolazione nell'India nord-orientale. I macachi nemestrini, poi, come altri primati, vengono cacciati per la loro carne, a cui la cultura orientale attribuisce proprietà curative. L'elevata disponibilità odierna di armi da fuoco, ha reso però le conseguenze della caccia particolarmente drammatiche per questi animali. Oltre a queste cause di minaccia, bisogna considerare le problematiche legate alla raccolta di bambù e all'estrazione di carbone nella foresta. Tali attività non solo distruggono gli habitat, ma causano anche inquinamento e rendono la foresta facilmente accessibile ai cacciatori (Choudhury, 2003).

Infine, i cambiamenti nelle modalità di sfruttamento della terra hanno prodotto effetti notevoli: le aree senza manto forestale sono maggiormente soggette a regolari inondazioni durante la stagione dei monsoni, che possono essere estremamente distruttive sia per la flora che per la fauna locale (Choudhury, 2003).

### **3.2.8 Conservazione**

La specie *Macaca nemestrina* è stata dichiarata "vulnerabile" dall'IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*: IUCN, 2003) e ne è stata proibita l'uccisione e la cattura (*Schedule-II of the Wildlife Protection Act of India*). Comunque questa legge viene rispettata solamente in alcune delle zone protette, dal momento che la maggior parte della popolazione locale ignora lo status legale di questa specie. Ci sono circa trenta riserve nelle quali questi primati vivono abitualmente e sono protetti (Choudhury, 2003). In tali aree, la sicurezza degli animali, sembra sia garantita più dall'inaccessibilità della foresta che dall'osservanza della legge in vigore.

### 3.3 Lo scimpanzè comune

#### Tassonomia

Classe: MAMMALIA

Ordine: PRIMATES

Superfamiglia: HOMINOIDEA

Famiglia: HOMINIDAE

Genere: *Pan*

Specie: *Pan troglodytes* (Blumenbach, 1779).

Sottospecie: *P.t. schweinfurthii*, *P.t. troglodytes*, *P.t. vellerosus*, *P.t. verus*



#### 3.3.1 Sistematica delle scimmie antropomorfe

La superfamiglia degli Hominoidea comprende le scimmie antropomorfe (dal greco: *anthropos*, “uomo” e *morphè*, “forma”) che per caratteristiche fisiche ed intellettive sono simili all’uomo. Secondo Goodman e colleghi (1990), fanno parte della superfamiglia delle scimmie antropomorfe, la famiglia Hylobatidae che comprende i gibboni (4 generi e 12 specie) e la famiglia Hominidae con orangutan, gorilla, scimpanzè, bonobo e Uomo.

Gli Homininae rappresentano una sottofamiglia di primati che comprende attualmente tutte le forme viventi di grandi scimmie antropomorfe, escludendo i pongidi, oltre che numerosi generi estintisi in tempi preistorici, come l’*Australopithecus*. Fino al 1980, alla sottofamiglia veniva ascritta, per motivi di natura prettamente antropocentrica, unicamente la specie umana, mentre le grandi scimmie antropomorfe venivano relegate in una specie a sé stante, quella dei Pongidi (Goodman, 1964). Le scoperte, sia a livello fossile che filogenetico, avvenute con il passare degli anni, hanno fatto sì che tale classificazione non avesse più senso e portarono ad una revisione tassonomica, con lo spostamento delle grandi scimmie nella sottofamiglia Ponginae e dell’Uomo nella sottofamiglia Hominae, ambedue facenti parte della famiglia degli Hominidae (Goodman, 1974). Ulteriori ricerche hanno individuato una parentela più stretta fra uomini, gorilla e scimpanzè rispetto ai legami filogenetici che sussistevano tra questi ultimi due e gli oranghi, il che ha portato ad un accorpamento dei generi *Gorilla* e *Pan* nella sottofamiglia Homininae (Goodman, 1990).

La sottofamiglia Homininae può essere suddivisa in due tribù:

-*Gorillini*: comprendente i gorilla

-*Hominini*: comprendente l’Uomo e le due specie di scimpanzè.

L’istituzione della tribù è derivata dall’idea che, pur ammettendo una forte parentela tra i tre generi viventi della famiglia Hominidae (*Homo*, *Gorilla* e *Pan*), l’Uomo e lo

scimpanzè sono più strettamente imparentati tra loro di quanto non lo siano con i gorilla. Ritrovamenti fossili hanno portato a confermare tale teoria, datando la separazione completa tra queste due linee evolutive tra i sei ed cinque milioni e mezzo di anni fa, dopo un percorso di speciazione piuttosto inusuale durato circa quattro milioni di anni (Patterson e colleghi, 2006). Per poter dividere i generi *Homo* e *Pan*, invece, bisogna scendere al rango di sottotribù con l'Uomo appartenente alla sottotribù *Hominina* e gli scimpanzè alla *Panina* (Mann e colleghi, 1996).

### 3.3.2 La specie *Pan troglodytes*

Lo scimpanzè comune è conosciuto anche come scimpanzè robusto, per distinguerlo dall'altra specie del genere *Pan*, il bonobo (*Pan paniscus*). Il nome scientifico *Pan troglodytes* deriva dalla mitologia greca, dove "Pan" si riferisce ad una divinità rurale mitologica e viene tradotto come spirito della "natura" mentre "Troglodytes" significa "abitante delle caverne". Il nome fu coniato da Johann Friedrich Blumenbach nel suo *Handbuch der Naturgeschichte*, pubblicato nel 1779. Attualmente. Grazie a studi sul DNA mitocondriale (Gonder e colleghi, 2006) vengono riconosciute 4 sottospecie di *Pan troglodytes*: *P.t. schweinfurthii* (Giglioli, 1872), *P.t. troglodytes* (Blumenbach, 1799), *P.t. vellerosus* (Gray, 1862), *P.t. verus* (Schwarz, 1934).

La tassonomia delle sottospecie *Pan troglodytes* è però tutt'ora controversa e presenta delle problematiche ancora non risolte. Secondo uno studio effettuato da Morin e colleghi nel 1994 e basato su studi sul DNA mitocondriale, le sottospecie *P.t. verus* e *P.t. troglodytes* potrebbero essere sufficientemente diverse da essere elevate al rango di specie. Il riconoscimento di *Pan verus* come specie a sé stante non è stato ancora accettato dalla comunità scientifica, in quanto non è stato possibile dimostrare come differenze morfologiche, ecologiche e comportamentali, siano sufficienti alla designazione di una specie (Groves, 2001). Altri autori, sostengono che le differenze tra le popolazioni di scimpanzè siano troppo poco significative per poterle nettamente distinguere in sottospecie.

Dunque l'appropriata designazione tassonomica per le diverse popolazioni di scimpanzè rimane tutt'ora parzialmente irrisolta e il sistema di classificazione utilizzato per questa ricerca potrebbe mutare grazie a lavori futuri, portando al riconoscimento di un numero maggiore o minore di sottospecie.

### 3.3.3 Morfologia

Lo scimpanzè comune adulto ha un'altezza variabile tra i 63,5 cm e i 92,5 cm ma, in posizione eretta, può raggiungere un'altezza compresa tra 1 e 1,7 m. In natura, un soggetto maschio adulto può pesare tra i 34 e i 70 kg mentre una femmina, più piccola ed esile, ha un peso che oscilla tra i 26 e i 50 Kg. In cattività questi valori possono essere abbondantemente superati (Nowak, 1999).

Gli arti anteriori sono lunghi e possono avere un'estensione massima pari a 1,5 volte la lunghezza del corpo mentre quelli posteriori sono più corti, permettendo così all'animale di camminare in posizione quadrupede, ma con la parte anteriore del corpo più sollevata rispetto a quella inferiore, scaricando così il peso del corpo sugli arti inferiori (postura clinograde).

Le dita della mani e dei piedi sono molto lunghe, con pollici relativamente corti ed opponibili: questa morfologia permette agli animali di usare mani e piedi come presa mentre si spostano oscillando tra i rami degli alberi secondo il modello della brachiazione senza subire l'interferenza spaziale del pollice. Sebbene utili alla locomozione, dei pollici così corti, impediscono una precisa adesione con il dito indice, requisito fondamentale per l'esecuzione di manipolazioni fini (Nowak, 1999). Le lunghe mani sono anche utilizzate nella locomozione quadrupede, le dita sono tipicamente curvate verso l'interno del palmo durante il movimento, facendo sì che gli animali camminino sulle nocche (brachiazione modificata, tipica di scimpanzè e gorilla) (Fig. 3.13).

Gli scimpanzè hanno orecchie sporgenti e una prominente cresta sopraorbitale; la capacità cranica è compresa tra i 320 e i 480 cm<sup>3</sup> (quella umana è di circa 1200 cm<sup>3</sup>). Il prognatismo è tipicamente poco sviluppato. Le labbra sono sporgenti e flessibili, permettendo così agli scimpanzè di compiere diverse azioni con la manipolazione labiale (Nowak, 1999).

La dentatura è quella tipica dei primati, con 32 denti posizionati sulla mandibola verso il lato esterno e la placca scimmiesca come sostegno. Presentano il diastema, sono dotati di canini grandi e sessualmente dimorfici e di larghi molari, le cui dimensioni diminuiscono progressivamente verso la zona posteriore della bocca (Nowak, 1999).

La faccia degli adulti è tipicamente scura, così come il mantello che si presenta lungo e folto e con una colorazione che varia poco dal nero-bruno al nero. Spesso, intorno al volto, può anche esserci del pelo bianco. Individui di entrambi i sessi, con l'avanzare dell'età, possono perdere del pelo sulla testa e sviluppare delle ampie zone di pelo bianco sia nella regione lombare che sulla schiena. I piccoli, invece, appena nati mostrano un ciuffo di peli bianchi nella regione ano-genitale, destinato ad essere perduto durante la crescita. Il viso, la regione ano-genitale, la pianta delle mani e dei piedi sono glabri, di colore rosa in giovane età mentre con la crescita diventano neri o maculati (Nowak, 1999).



**Figura 3.13: piccolo di scimpanzè che cammina sulle nocche.**

### 3.3.4 Distribuzione geografica

In passato, la specie occupava probabilmente tutta la fascia equatoriale dell'Africa, dal sud del Senegal al sud-ovest della Tanzania. Oggi gli scimpanzè sono la specie più largamente diffusa delle grandi scimmie africane (Fig. 3.14): se ne ritrovano in 22 stati, ad una altitudine compresa tra il livello del mare e i 2800 m. Con poche eccezioni, la distribuzione passata e presente degli scimpanzè all'interno dei singoli stati è poco conosciuta.

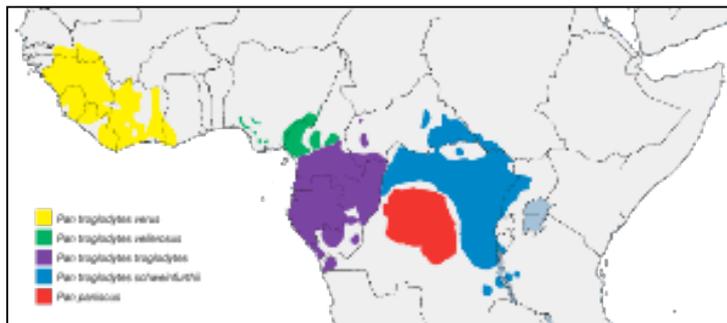


Figura 3.14: distribuzione geografica del genere *Pan*.

- *P.t. verus* (scimpanzè occidentale): è stato ritrovato in 12 stati ma, nella maggior parte di essi, è presente con una distribuzione puntiforme ed estremamente limitata. Attualmente la specie è dislocata a sud del Senegal, Mali, Guinea Bissau, Guinea, Sierra Leone, Liberia e Costa d'Avorio, fino al sud del Ghana. In Togo gli ultimi dati sulla loro presenza risalgono al 1971, mentre in Benin sono scomparsi pochi decenni fa.
- *P.t. troglodytes* (scimpanzè centrale): si ritrova in 7 paesi, presumibilmente dalla zona a sud-ovest del fiume Ubangi fino alla sorgente del fiume Congo, a est, e al fiume Sanaga, a nord.
- *P.t. schweinfurthii* (scimpanzè orientale): presenta un areale di distribuzione molto frammentato e dal 1983 questa sottospecie è stata avvistata molto raramente. Questi Centrafricana, in un'area dell'estremo sud-ovest del Sudan e in alcune zone isolate ad est del fiume Ubangi ed in Congo. Si estendono anche a est nella parte occidentale dell'Uganda e a sud in Ruanda, Burundi e nell'estremo ovest della Tanzania.
- *P.t. vellerosus* (scimpanzè nigeriano): il limite settentrionale dell'areale di questa sottospecie sembra essere il fiume Niger, mentre quello meridionale il fiume Sanada. Questi scimpanzè si localizzano nella parte meridionale della Nigeria, dove le popolazioni sono molto frammentate e nel Camerun Occidentale.

### 3.3.5 Ecologia, biologia e comportamento

Gli scimpanzè si ritrovano in diversi tipi habitat, che includono le foreste pluviali sempreverdi, la savana secca, le foreste di montagne e di palude e gli ambienti di savana a mosaico (Goodall, 1986). Una simile capacità di colonizzare ambienti così diversi è

indice di una buona capacità di adattamento. Nelle foreste pluviali, infatti, vi sono scarse fluttuazioni stagionali delle temperature, l'umidità è sempre alta e vi sono pochi giorni di clima secco all'anno, mentre nelle aree aride, le variazioni di temperature ed umidità sono molto grandi, durante l'intero anno, ed i periodi secchi sono molto lunghi (Goodall, 1986).

Gli scimpanzè sono onnivori, anche se la loro dieta è principalmente frugivora. A seconda della stagione e del territorio occupato integrano, infatti, la loro dieta con foglie. Semi, fiori, cortecce, resine e miele (Goodall, 1986). Sono anche in grado di mangiare terriccio o piccoli frammenti di roccia per assicurarsi un corretto apporto di sali minerali. Inoltre, per sopperire alla scarsità di proteine, dovuta alla dieta prevalentemente vegetariana, mangiano insetti, uova di uccelli, piccoli rettili e mammiferi di piccola taglia, inclusi altri primati (Goodall, 1986). Gli scimpanzè sono stati osservati durante vere e proprie battute di caccia: in questo caso possono anche uccidere mammiferi di taglia media, inclusi cinghiali (*Potamochoerus larvatus*) e scimmie della famiglia Colobinae e pure babbuini. Il comportamento predatorio è diverso nei due sessi, variando anche tra gli individui e la locazione geografica. I maschi, infatti, consumano più carne rispetto alle femmine, le quali però si sono specializzate nella cattura degli insetti. La scelta di cacciare individualmente o in gruppo può essere influenzata sia dal tipo di habitat che dal comportamento delle prede: per esempio gli scimpanzè della Costa d'Avorio, caratterizzata da zone con vegetazione arborea molto fitta, sono stati osservati durante battute di caccia di gruppo, in quanto le prede, per lo più piccole scimmie arboricole, possono scappare facilmente tra gli alberi e, solo una scelta di tipo cooperativo, può garantire un certo successo nella caccia. Nei territori, invece, con una vegetazione più rada e quindi con una possibilità minore di fuga per le prede, risulta più conveniente cacciare individualmente (Boesch, 1994).

Sebbene gli scimpanzè non mangino e non uccidano normalmente membri della loro specie, sono stati riportati diversi casi di cannibalismo. Questo accade durante gli scontri tra due comunità separate che vengono in contatto quando i maschi adulti uccidono i piccoli delle femmine del gruppo rivale. In un solo caso, una femmina e sua figlia adolescente, in Gombe, sono state osservate mentre uccidevano e mangiavano i cuccioli di una femmina di rango inferiore, ma appartenente alla loro stessa comunità (Goodall, 1986). Mentre in natura non sono mai stati osservati episodi di coprofagia, in cattività si possono manifestare tali episodi, ma vanno interpretati come aberrazioni dovuti a stress o ad una gestione non corretta dell'animale.

Infine, per quanto concerne particolari abitudini alimentari, in almeno tre popolazioni di scimpanzè, è stato osservato l'impiego e l'assunzione di 13 varietà di piante con riconosciute proprietà curative, antibiotiche, antitumorali ed antiparassitarie.

Tale utilizzo è stato riscontrato in soggetti apparentemente malati o, comunque, durante periodi dell'anno in cui le malattie ed i parassiti sono più diffusi.

Anche la modalità con cui queste piante vengono mangiate è diversa da quella osservata durante la normale assunzione di foglie. Ad esempio, le foglie possono essere inghiottite intere o succhiate (Fig. 3.15).



**Figura 3.15: selezione delle foglie.**

Gli scimpanzè sono animali altamente sociali e sono capaci di discriminare facilmente i diversi individui. Hanno, inoltre, un'ottima memoria arrivando a ricordare fatti accaduti molti anni prima.

Sono diurni, si spostano da un luogo ad un altro preferibilmente sul terreno attraverso la tipica camminata sulle nocche definita *knockle-walking*, ma possono anche passare molte ore del giorno sugli alberi nutrendosi di frutta. La notte, costruiscono un nido sugli alberi stessi, fatto di materiale vegetale. Sebbene le madri lo condividano con i piccoli, i soggetti giovani e gli adulti tendono a dormire separatamente ed ognuno costruisce il proprio nido quotidianamente (Goodall, 1986).

Sono territoriali: il gruppo occupa un home range che viene però sfruttato in modo differente dai maschi e dalle femmine. I maschi, infatti, tendono a spostarsi spesso per pattugliare le aree periferiche, mentre le femmine preferiscono l'area centrale del territorio e lì vi trascorrono la maggior parte del territorio. Le dimensioni medie dell'home range di una popolazione variano tra i 5 ed i 560 km<sup>2</sup> (Goodall, 1986).

La riproduzione negli scimpanzè è un fenomeno molto complesso; infatti, questi animali hanno una sessualità molto spiccata e la popolazione non ha come unico scopo la riproduzione ma assolve numerose funzioni sociali. Copule frequenti fortificano i legami tra maschi e femmine e concorrono a mantenere l'unità del gruppo. Sia i maschi che le femmine si accoppiano con più partner, anche se in alcune fasi del periodo di estro delle femmine, i maschi dominanti possono lottare per ottenere il diritto di unico accesso ad una femmina, mostrando atteggiamenti aggressivi sia verso i maschi rivali sia verso la femmina stessa. Un maschio può anche costringere una femmina a seguirlo in un'area periferica del territorio, assicurandosi così l'accesso esclusivo (Goodall, 1986; Nowak, 1999). La scelta evolutiva di un sistema sessuale così promiscuo presenta sia dei costi che dei benefici per entrambi i sessi: le femmine, generando una prole la cui paternità è incerta si assicurano un minor rischio di infanticidio, ma il costo che

pagano è quello di subire intimidazioni e vere e proprie violenze da parte dei maschi (Muller e colleghi, 2007). Per quanto riguarda i maschi, il costo pagato è quello di proteggere e quindi di investire energie in una prole che potrebbe non essere la loro, ma i soggetti di basso rango o non preferiti avranno maggiori possibilità di generare figli e quindi di diffondere il proprio patrimonio genetico.

I maschi sembrano, inoltre, in grado di riconoscere lo stato di fertilità delle femmine e il loro stato di interessamento nei loro confronti ne è influenzato. Una femmina che ha il ciclo non fertile, non viene quindi considerata dai maschi adulti. Questi tendono a preferire le femmine più vecchie rispetto a quelle giovani e quelle immigrate nella comunità da poco tempo invece di quelle residenti (Goodall, 1986). Le femmine invece, sembrano preferire quegli individui con i quali hanno instaurato nel tempo un rapporto amichevole, evitando però di accoppiarsi con i propri figli, i propri Non vi è una stagione delle nascite precisa, ma le femmine di scimpanzè mostrano stagionalità per quanto riguarda il numero delle femmine in estro all'interno del gruppo in un certo periodo. Il numero delle femmine in estro è positivamente correlato alla disponibilità di cibo, in quanto sia l'ovulazione che la copulazione richiedono un notevole dispendio energetico (Anderson e colleghi, 2006).

Le femmine hanno un ciclo sessuale che dura circa 36 giorni. Durante questo periodo variazioni ormonali comportano cambiamenti fisici nella grandezza, forma e colore della zona uro-genitale, portando alla formazione di una tumescenza (*swelling*), la cui durata varia a seconda dell'individuo e del suo stadio di maturità (Fig. 3.16).



**Figura 3.16: femmina di scimpanzè con *swelling*.**

Le funzioni del rigonfiamento uro-genitale sono molteplici: grazie allo *swelling* i maschi sono in grado di riconoscere le femmine ricettive mentre quest'ultime possono ottenere più facilmente cibo dai maschi. Inoltre, una femmina in estro ha possibilità maggiori di essere accettata in una nuova comunità di maschi: negli scimpanzè, infatti, sono i maschi ad essere filopatrici, mentre le femmine tendono ad emigrare alla fine del periodo adolescenziale, tra i 9 ed 13 anni (Goodall, 1986).

Il tasso riproduttivo negli scimpanzè è piuttosto basso e spesso tra una gravidanza e la successiva passano in media tra i 3 ed i 6 anni. La gestazione dura circa 8 mesi e dopo la nascita, le cure parentali sono interamente a carico della madre. I vantaggi che i cuccioli ottengono dall'instaurarsi di una così stretta relazione con la madre si traducono

in una maggiore quantità e qualità di cibo in protezione e nella possibilità di osservare e di acquisire abilità. E' stato anche osservato che il giovane scimpanzè tende ad assumere un rango all'interno del gruppo in accordo con quello della madre (Goodall, 1986).

Il piccolo, che alla nascita pesa circa 2 Kg, per i primi sei mesi dipende interamente dalla madre, che lo sorregge vicino al ventre. Poi, dopo aver acquisito maggior forza e sicurezza, il cucciolo comincia a staccarsi ma rimarrà comunque dipendente dalla madre fino ai 4-5 anni e il loro rapporto sarà forte per tutta la vita (Fig. 3.17).



**Figura 3.17: femmina di scimpanzè con cucciolo.**

La pubertà viene raggiunta intorno ai 7 anni. In natura la prima gravidanza si può presentare tra gli 11 ed i 23 anni, mentre i maschi possono accoppiarsi fin da molto giovani, anche se per avere un rapporto completo, devono prima raggiungere la maturità sociale, generalmente attorno ai 15 anni (Goodall, 1986; Nowak, 1999).

Negli scimpanzè vengono riconosciute cinque fasce d'età (Goodall, 1986; Nowak, 1999): gli infanti arrivano fino ai 5 anni, i giovani fino ai 7 anni, gli adolescenti fino ai 10 per le femmine o ai 12 anni per i maschi, i subadulti fino ai 13 per le femmine o ai 15 anni per i maschi e gli adulti fino ai 12 per le femmine o ai 15 anni per i maschi. La speranza di vita varia dai 40 ai 60 anni (Goodall, 1986; Nowak, 1999).

La comunicazione tra gli scimpanzè è molto complessa e avviene mediante una vasta gamma di espressioni facciali, vocalizzi, atteggiamenti del corpo e gesti a cui ricorrono per farsi comprendere dai conspecifici (Goodall, 1986). Si può quindi distinguere una comunicazione visiva, basata sul linguaggio del corpo, che riveste una notevole importanza per la comprensione delle intenzioni degli altri individui; una comunicazione uditiva, basata su vocalizzi che sono strettamente legati all'emotività del singolo soggetto ed, infine, una comunicazione tattile che si esplica attraverso il contatto fisico tra gli individui, sia in contesti amichevoli che aggressivi (Goodall, 1986). Una comunicazione chimica pare essere presente, ma è ancora poco studiata e sembra pure non avere una particolare importanza per gli scimpanzè.

Negli ultimi cinquant'anni i ricercatori hanno dimostrato che gli scimpanzè sono in grado di utilizzare una vasta gamma di utensili per raggiungere obiettivi specifici che risulterebbero altrimenti difficili. In particolar modo, gli scimpanzè si avvalgono di strumenti, nel contesto alimentare per ottenere più facilmente cibo. Ramoscelli, fili d'erba, sassi foglie sono comunemente usati, ed addirittura modificati, per procurare cibo come termiti (*termite fishing*), formiche (*ant dipping*), noci, miele ed acqua. Questa pratica richiede una certa abilità ed una premeditazione per cui i piccoli ed i giovani devono esercitarsi a lungo prima di acquisire la tecnica, ed alcuni di loro non riescono comunque a svolgere il compito nel modo più corretto. In generale le femmine sembrano essere più abili dei maschi nello svolgere queste attività, riuscendo pure a trasmettere tali tecniche anche ai loro figli (Goodall, 1986; Boesch e Boesch, 2003). Il tipo di utensile e il modo con cui tali strumenti vengono utilizzati, cambiano nelle diverse comunità di scimpanzè e ciò indica che potrebbe esistere una sorta di differenza culturale tra le popolazioni. Le femmine che si trasferiscono da un gruppo all'altro contribuiscono a trasmettere alcune abilità ai membri della nuova comunità (Goodall, 1986).

Gli scimpanzè esibiscono capacità cognitive molto complesse, la cui conoscenza è stata approfondita, grazie a numerosi studi condotti soprattutto in cattività. Hanno dimostrato, infatti, capacità di astrazione, di generalizzazione e di trasmettere informazioni acquisite.

### **3.3.6 Organizzazione sociale**

In natura gli scimpanzè costituiscono un tipo di società chiamata *fission-fusion*. La comunità risulta suddivisa in diversi sottogruppi dal carattere temporaneo, la cui composizione è flessibile (Goodall, 1986; Nowak, 1999).

Nelle comunità degli scimpanzè c'è una precisa gerarchia lineare maschile ed i maschi sono dominanti sulle femmine. Per quest'ultime, la completa transizione tra il gruppo natale e quello di nuova appartenenza può durare anche un paio d'anni.

I maschi tendono ad essere più socievoli rispetto alle femmine, le quali si dimostrano più solitarie in virtù del loro faticoso compito di protezione dei piccoli. L grado di socialità, comunque, si modifica con l'età, differenziandosi nei maschi e nelle femmine a partire dall'adolescenza. I maschi, infatti, sperimentano un crescente desiderio di socializzare con i maschi adulti, mentre le femmine, sebbene non manifestino un particolare aumento della socialità, con l'arrivo del ciclo tendono a passare più tempo con gli individui adulti, in particolar modo, con i maschi delle comunità vicine (Goodall, 1986).

La gerarchia lineare vede al vertice il maschio alfa, il quale, grazie al suo status, gode di notevoli vantaggi come il diritto di pretendere una preda cacciata, di allontanare individui dal sito di foraggiamento e di avere l'accesso esclusivo alle femmine in estro. Dati gli indiscussi vantaggi dell'essere il maschio alfa, gli individui combattono

fieramente ed aspramente per conquistare questo status. Normalmente gli adolescenti risultano subordinati agli adulti, i quali si sfidano continuamente per conquistare posizioni gerarchiche più alte. Spesso si creano alleanze e coalizioni che risultano, quindi, avere un peso determinante in queste lotte (Goodall, 1986).

Anche nelle comunità degli scimpanzè l'attività di *grooming* ha un ruolo molto importante dal punto di vista sociale, consentendo agli individui di un gruppo di mantenere e consolidare legami. Solitamente tale attività viene praticata dai subordinati nei confronti dei dominanti (Goodall, 1986). Anche il gioco ha un ruolo importante per la socialità: sebbene siano i giovani a giocare con più frequenza, tale attività può coinvolgere tutti gli individui della comunità. Il gioco sociale è importante in quanto aiuta a sviluppare relazioni amichevoli che possono consolidarsi nel tempo ed, addirittura, durare per tutta la vita. Il gioco negli scimpanzè presenta gli stessi elementi che si ritrovano nell'attività ludica dei bambini come farsi il solletico, rincorrersi e fare la lotta. Tali comportamenti sono spesso accompagnati da una particolare espressione facciale denominata "play face" in cui la bocca è aperta ma i denti non vengono mostrati, e da un suono detto "play panting", molto simile ad una risata repressa (Goodall, 1986; Matsusaka, 2004).

Le aggressioni fisiche all'interno della comunità sono molto rare, si tratta soprattutto di *display*, ovvero gesti intimidatori, come scuotere rami o lanciare oggetti, compiuti con l'intento di spaventare un individuo e di ribadire la propria superiorità. Molto diverso è, invece, il comportamento aggressivo nei confronti di individui non appartenenti alla comunità. Effettuare incursioni nei territori occupati da comunità nemiche allo scopo di uccidere, è un comportamento riscontrabile solo negli scimpanzè e negli uomini (Goodall, 1986; Nowak, 1999).

### **3.3.7 Cause di minaccia**

Nonostante sia difficile stimare quanti siano gli scimpanzè esistenti in natura, si può affermare con certezza che il loro numero sia drasticamente diminuito nel corso dell'ultimo secolo. Il rapido declino sta coinvolgendo tutte e quattro le sottospecie ed è dovuto a molteplici cause. La deforestazione e la perdita di habitat sono probabilmente la causa più significativa. L'inquinamento e la cattiva gestione dei rifiuti ha contribuito a rendere ancora più compromesso il delicato ecosistema della foresta (Inskipp, 2005).

Altro importante fattore di rischio per la sopravvivenza degli scimpanzè è rappresentato dall'introduzione di specie aliene che hanno diffuso malattie e patogeni ai quali il sistema immunitario degli scimpanzè stessi non era preparato a rispondere, come l'Ebola, la poliomielite paralitica, la tubercolosi e l'influenza.

Un'ulteriore causa del declino degli scimpanzè è imputabile al mercato del *bushmeat*, il quale prevede la caccia di questi animali per consumarne la carne. Inoltre, la cattura di esemplari vivi venduti poi a circhi, a centri biomedici o a privati, ha

contribuito a diminuire ulteriormente il numero degli scimpanzè in natura e ha creato il problema della loro gestione in cattività (Inskipp, 2005).

### **3.3.8 Conservazione**

Nel 2000 gli scimpanzè sono stati collocati nella categoria delle specie minacciate (EN, Endangered) dalla IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resource), ovvero la categoria che include taxa ad alto rischio di estinzione in natura.

Assieme alle altre scimmie antropomorfe, sono stati inseriti nell'Appendice I della CITES, che comprende specie protette in senso stretto, il cui commercio è proibito e l'uso può essere concesso solo in circostanze eccezionali.

In Europa è stata recentemente creata una coalizione di associazioni britanniche ed olandesi, CEECE (Coalition to End Experiments on Chimpanzees in Europe), sostenuta da Sir David Attenborough, dalla dottoressa Jane Goodall e dal dottor Desmond Morris, la quale si propone di fermare gli esperimenti sugli scimpanzè, in particolar modo, nell'ambito della ricerca biomedica.



**4.1 Introduzione**

Sia i cercopitechi grigio-verde, che i macachi nemestrini che gli scimpanzè sono, dal punto di vista della visione dei colori, tre specie considerate tricromatiche di routine (Jacobs e Degan, 1999). Osservare, quindi, come tali primati usino la capacità di discriminare i colori, ha conseguenze importanti per comprendere come si sia evoluta la tricromaticità. Studi simili a quello in oggetto portano, infatti, a supportare o a smentire le due ipotesi principali relative all'evoluzione della visione tricromatica. Da un lato la capacità di distinguere pienamente il rosso dal verde potrebbe essersi evoluta come conseguenza della necessità di distinguere frutti maturi e foglie giovani e nutrienti su uno sfondo di foglie verdi (Dominy e colleghi, 2003). Dall'altro la visione tricromatica potrebbe assumere un ruolo importante in relazione alla comunicazione sessuale intraspecifica, permettendo agli individui di riconoscere tratti fenotipici rossi che, nelle femmine di alcune specie sembrano essere indice di recettività, mentre nei maschi rappresentano un buon patrimonio genetico ed un indice di benessere (Changizi e colleghi, 2006).

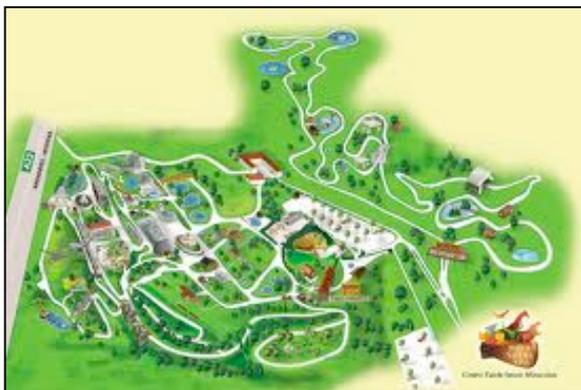
Tuttavia, i soggetti sperimentali potrebbero presentare una preferenza manuale che li porterebbe a scegliere oggetti di colori diversi secondo la mano preferita utilizzata per afferrare gli oggetti stessi e non secondo il loro colore (McGrew e Marchant, 1997).

Per tentare di fare luce su questi quesiti ed aggiungere ulteriori informazioni circa l'evoluzione della visione tricromatica si è osservato come le tre specie di primati coinvolte nello studio fossero in grado di discriminare apparati di diverso colore (rosso e verde) allo scopo di recuperare delle ricompense in cibo contenute al loro interno. Questo studio, in particolare, cerca in primo luogo di valutare quale colore tra il verde ed il rosso venga maggiormente scelto dai soggetti, sia a livello di gruppo che individuale, e di verificare in secondo luogo se vi sia l'influenza della preferenza manuale nella scelta di un oggetto di un determinato colore.

**4.2 Area di ricerca**

Lo studio è stato condotto presso il Parco Natura viva, situato a Bussolengo, in provincia di Verona, a pochi chilometri dalla sponda orientale del Lago di Garda. Il Parco venne progettato nel 1965 secondo i principi di valorizzazione del territorio e della divulgazione naturalistica, proponendo inizialmente il ripopolamento di alcune specie animali locali a rischio di estinzione. Attualmente il Parco è una struttura privata, molto attiva nello studio, nella tutela e nella riproduzione di specie minacciate. Si estende su una superficie collinosa di circa 400.000 mq, coperta in parte da un fitto

querceto, ed è organizzato in due settori distinti: il Parco Safari e il Parco Faunistico (Fig.4.1).



**Figura 4.1: mappa del Parco Faunistico e del parco Safari.**

- Il Parco Safari si è aggiunto al Parco Faunistico nel 1973, è visitabile esclusivamente a bordo del proprio veicolo e vi si possono ammirare le specie animali che popolano la savana africana. Molti degli animali ospitati sono lasciati liberi all'interno di ampi spazi.
- Il Parco Faunistico, accessibile a piedi, ospita invece numerose specie di animali rappresentative dei cinque continenti, molte delle quali in pericolo di estinzione nel loro ambiente. Molte delle specie ospitate sono inserite in programmi di riproduzione e salvaguardia di specie rare, quali l'EEP (*European Endangered Species Project*), un programma di gestione ed allevamento delle specie minacciate di estinzione, e l'ESB (*studbook keeper*), una sorta di registro elettronico nel quale sono annotate tutte le informazioni dei diversi individui di ciascuna specie ospitati nei diversi giardini zoologici. Lo scopo di questi programmi è coordinare il lavoro di allevamento delle specie minacciate con il fine di reintrodurle in natura.

Tutti gli animali sono ospitati in reparti che riproducono le caratteristiche del loro habitat naturale, studiati da esperti ed adeguati alle esigenze specifiche della specie ospitata.

Fin dalla sua nascita, avvenuta nel 1969, il Parco ha adottato come criteri fondamentali per una corretta gestione, la conservazione delle specie minacciate, la divulgazione di informazioni naturalistiche e la ricerca scientifica in ambito zoologico. In quest'ottica il Parco, che si avvale di numerosi contatti con istituzioni internazionali, Il Parco è anche membro dell'UIZA (Unione Italiana Zoo e Acquari), dell'EAZA (*European Association of Zoo and Acquaria*) e coopera con il nucleo CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora*) del Corpo Forestale dello Stato per il controllo sul commercio illegale degli animali, ospitando soggetti confiscati. Negli ultimi anni il Parco si è attivato per effettuare campagne di sensibilizzazione delle scolaresche e dei visitatori alle problematiche relative alla conservazione delle specie ospitate.

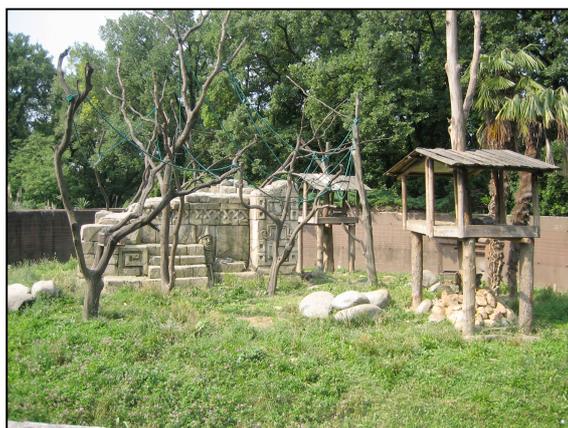
### 4.3 Scelta per il rosso o per il verde: *Chlorocebus aethiops*

#### 4.3.1 Il reparto dei cercopitechi grigio-verde

Il reparto dei cercopitechi coinvolti nella ricerca si trova all'interno del Parco Faunistico e comprende un ricovero interno, situato in un capannone, e un ampio reparto esterno, oggetto dello studio, visibile al pubblico. Le due zone sono collegate da un reparto intermedio costituito da un breve tunnel di rete metallica, alle cui estremità sono posizionate due chiusure a ghigliottina manovrate dai Keepers durante le operazioni di rientro ed uscita del gruppo. Il ricovero interno è ad uso esclusivo dei cercopitechi, mentre il reparto esterno ospita oltre ai cercopitechi una colonia di manguste zebrate (*Mungos mungo*), che in natura condividono il medesimo habitat.

In prossimità del reparto esterno, nel tunnel è stata ricavata una piccola finestra che può essere aperta effettuando una lieve pressione verso l'alto: tale apertura è molto importante poiché permette agli individui di interagire con eventuali apparati sperimentali utilizzati per varie necessità (ricerca, somministrazione di antibiotici o altro).

- **Ricovero interno:** è costituito da due stanze in muratura (area totale 28,8 m<sup>2</sup>) al cui interno sono presenti delle cassette riempite giornalmente con frutta e verdura, una grata metallica e alcuni tronchi con rami, tutti utilizzati come posatoi. Le stanze comunicano tra loro tramite una ghigliottina, con l'esterno tramite due piccole finestre e sono visibili dagli addetti grazie a due grandi vetrate. Il pavimento viene ricoperto da trucioli e segatura i quali vengono quotidianamente puliti, e, in inverno, entrambe le stanze vengono opportunamente scaldate. Adiacente al ricovero interno si trova una cucina, dove il personale addetto provvede alla preparazione dei pasti per gli animali, ed una stanza adibita alla preparazione degli arricchimenti.
- **Reparto esterno:** è costituito da una struttura circolare (area 419 m<sup>2</sup>) delimitata da un alto muro di cemento ed include uno spiazzo ciottoloso che affianca il perimetro del muro, un pendio che si sviluppa circolarmente lungo tutta la struttura, un piccolo tempio adibito a reparto interno per le manguste e due piattaforme di legno sopraelevate dotate di tetto per offrire un riparo coperto agli animali. Sono inoltre presenti alcuni alberi spogli, contornati da lunghe funi. Durante la stagione invernale i cercopitechi escono in questo reparto solo durante le ore più calde della giornata, mentre trascorrono la maggior parte del tempo nel ricovero interno. Il tempo di permanenza all'esterno viene gradualmente prolungato con il miglioramento delle condizioni climatiche. Da marzo fino a Novembre, infatti, i cercopitechi passano tutto il loro tempo nel reparto esterno (Fig. 4.2).



**Figura 4.2: il reparto esterno dei cercopitechi.**

#### **4.3.2 I soggetti sperimentali**

Il gruppo dei cercopitechi coinvolto nella ricerca è costituito da 8 individui di cui 3 femmine adulte, 2 maschi adulti e 3 giovani (2 maschi e 1 femmina), tutti inclusi nello studio. Nel corso del 2008 a ciascun soggetto è stato inserito un microchip contenente un codice di identificazione. Fino ad allora tutti i dati relativi a date di nascita e rapporti di parentela erano scarsi tanto che, le date di nascita di alcuni individui sono approssimative. Le caratteristiche generali dei soggetti sono riassunte nella tabella I.

<b>Soggetto</b>	<b>Sesso</b>	<b>Breve descrizione fisica</b>
ALF	M	Maschio anziano di mole media, con coda corta e storta verso sinistra. Locomozione lenta e curva in avanti. Le dita degli arti anteriori sono ricurve.
NICOLA	M	Maschio adulto, di mole medio grande con muso scuro ed allungato. La corporatura è snella e la lunga coda termina con un ciuffo bianco.
FAUNA	F	Femmina adulta di mole grande e robusta con coda medio-lunga priva di pelo bianco all'estremità.
FIAMMA	F	Femmina adulta di mole grande e robusta con abbondante peluria bianca sul viso
FRECCIA	F	Femmina adulta di mole medio-piccola e corporatura esile con muso piccolo e scuro e coda medio-lunga con ciuffo bianco.
FLORIO	M	Maschi giovane con corporatura snella e coda lunga e regolare.
PANSA	M	Maschio giovane con corporatura esile e coda medio-lunga e sottile.
CHICCA	F	Femmina giovane di mole medio-piccola con muso nero e coda corta che termina con un piccolo ciuffo chiaro.

**Tabella I: caratteristiche dei cercopitechi oggetto dello studio. Nella tabella sono riportati i nomi dei singoli soggetti, il sesso ed una breve descrizione fisica.**

### 4.3.3 Apparati sperimentali

Al fine di investigare circa la capacità scegliere gli oggetti in base al proprio colore ed in modo particolare l'eventuale preferenza di un colore rispetto ad un altro (rosso vs verde), per lo studio sono stati utilizzati come apparati tovaglioli di carta colorata rossi e verdi (dimensioni 33x33 cm).

All'interno di ogni tovagliolo è stata posta una ricompensa costituita da cibo particolarmente gradito agli animali, come gelatina per primati, noccioline, semi di girasole e noci. I tovaglioli, una volta riempiti sono stati ripiegati e chiusi in modo da ottenere dei piccoli pacchetti che non permettevano la visione della ricompensa ai soggetti sperimentali (Fig. 4.3).



Figura 4.3: apparati sperimentali utilizzati nello studio in oggetto.

### 4.3.4 Procedura sperimentale

Lo studio è stato condotto presso il Parco Natura Viva da Settembre 2008 a Marzo 2009 (Pagani e colleghi, 2011). Tuttavia nei mesi più freddi non è stato possibile effettuare raccolta dati ed osservazioni, in quanto gli animali trascorrevano la maggior parte del giorno nel reparto interno, non implicato nello studio in oggetto. Lo studio è stato suddiviso quindi in due fasi: una prima fase preliminare ed una successiva di raccolta dati vera e propria.

La fase preliminare della ricerca ha avuto come scopo principale l'identificazione dei soggetti sperimentali, con l'obiettivo di acquisire la capacità di effettuarne il riconoscimento individuale e di abituare i soggetti stessi alla presenza dello sperimentatore. Questi aspetti rappresentano dei requisiti fondamentali per il corretto svolgimento della fase sperimentale vera e propria. Questa fase si è svolta per circa 2-3 ore al giorno, in particolar modo la mattina. I cercopitechi sono stati osservati durante il periodo estivo-autunnale del 2008.

La fase sperimentale vera e propria si è svolta nei mesi di febbraio e marzo 2009. Durante questo periodo i cercopitechi coinvolti sono stati sottoposti ad un esperimento che si è svolto interamente nel reparto esterno durante le ore più calde della giornata (circa dalle 13 alle 14).

Le sessioni sperimentali sono state effettuate nel contesto sociale. Sono stati quindi somministrati ai gruppi di soggetti sperimentali coppie di stimoli colorati contenenti la ricompensa: coppie formate ognuna da un tovagliolo verde e da uno rosso sono state inserite nel reparto dove gli animali sono soliti sostare durante la giornata.

In particolare al cercopitechi grigio-verde sono state presentate in ogni sessione manipolativa 10 coppie di tovaglioli verde-rosso con ricompensa (20 pacchetti in totale di cui 10 rossi e 10 verdi), ognuna delle quali è stata legata ed appesa tramite una cordicella ad alcuni alberi presenti nel reparto esterno. Gli stimoli colorati erano facilmente raggiungibili dai soggetti, che avevano quindi la possibilità di manipolare i singoli tovaglioli per accedere alla ricompensa contenuta al loro interno.

Sono state eseguite 10 sessioni manipolative sperimentali della durata di 15 minuti ciascuna. Le sessioni sono state effettuate a distanza di due o tre giorni l'una dall'altra per evitare che gli individui si abituassero agli apparati mostrando in tal modo non una scelta, bensì un comportamento appreso. In ogni sessione sperimentale la posizione reciproca dei tovaglioli di ogni coppia è stata variata, in modo da controllare la variabile "posizione": in 5 sessioni il rosso si presentava alla destra dei soggetti ed il verde alla sinistra, nelle altre 5 sessioni la disposizione appariva invertita.

#### **4.3.5 Raccolta dei dati**

Tutte le sessioni sono state videoregistrate per consentire un'accurata raccolta dei dati ed i filmati sono stati in seguito visionati.

Al fine di comprendere se fra i cercopitechi coinvolti nello studio vi fosse una preferenza cromatica, ed in particolar modo, una tendenza a scegliere il rosso rispetto al verde o viceversa, si è tenuto conto della prima scelta relativa al colore degli apparati effettuata da ciascun soggetto e di tutte le successive azioni del gruppo dirette verso gli apparati stessi. In particolar modo sono stati annotati:

- il colore dell'apparato scelto ed afferrato per primo da ogni soggetto,
- il colore degli apparati scelti o manipolati successivamente alla prima scelta effettuata da ogni soggetto.

Per poter valutare, invece, l'influenza della preferenza manuale, sia a livello individuale che di gruppo, sulla scelta di oggetti contenenti la stessa ricompensa, ma di colore diverso, è stata posta l'attenzione sulla mano impiegata dai singoli soggetti sperimentali nell'afferrare gli apparati. In particolare sono stati annotati:

- la mano impiegata dai singoli soggetti per effettuare la prima scelta,
- la mano utilizzata da ogni soggetto per effettuare le scelte o manipolazioni successive degli apparati.

Al fine di osservare le preferenze manifestate dai soggetti nei confronti degli apparati è stato stilato un etogramma delle categorie comportamentali proprie di ogni soggetto osservato (Tab. II).

<b>Classe</b>	<b>Categoria comportamentale</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrizione operativa</b>
Colore	Rosso 1° scelta	RP	Prima scelta dell'oggetto rosso in alternativa al verde.
	Verde 1° scelta	VP	Prima scelta dell'oggetto verde in alternativa al rosso.
	Rosso	R	Presa successiva alla prima dell'oggetto rosso.
	Verde	V	Presa successiva alla prima dell'oggetto verde.
Preferenza manuale	Destra	dx	Presa dell'apparato con la mano destra.
	Sinistra	sin	Presa dell'apparato con la mano sinistra.
	Due mani	B	Presa dell'apparato con entrambe le mani.

**Tabella II: etogramma di categorie comportamentali; sono indicate la classi di appartenenza delle categorie, le sigle e la definizione operativa.**

Per ciascuna categoria comportamentale è stata registrata la frequenza dei comportamenti manifestati dai singoli soggetti sperimentali, mediante il metodo “*all occurrences*”. Grazie a tale metodo è possibile registrare un determinato comportamento, tutte le volte che si manifesta nell'intervallo prefissato (Altmann, 1974; Conte e Renzi, 1996).

#### **4.3.6 Analisi statistica**

I dati raccolti visionando i filmati sono stati inseriti in fogli di lavoro Excel per poi essere elaborati mediante l'analisi statistica. Il programma utilizzato per l'analisi è StatView 5.0.

Per l'analisi statistica dei dati, raccolti come frequenze, è stato scelto un approccio conservativo. Infatti, dovendo analizzare categorie comportamentali riguardanti un numero ridotto di soggetti sono stati applicati test non parametrici, scegliendo come livello di significatività  $p < 0,05$  (Siegel e Castellan, 1992).

Il test di *Wilcoxon*, usato normalmente per confrontare due categorie comportamentali in uno stesso gruppo di soggetti, è stato usato per confrontare i dati relativi alla preferenza manifestata dall'intero gruppo nella scelta di uno dei due colori (rosso vs verde) e nell'uso di una mano rispetto all'altra (destra vs sinistra). Inoltre per effettuare una verifica sull'eventuale preferenza a livello individuale per quanto riguarda sia la scelta del colore sia la mano impiegata per effettuare le scelte stesse, è stato utilizzato il *test binomiale* (Siegel e Castellan, 1992). Negli studi pubblicati sulla lateralizzazione nei primati non umani la preferenza manuale di ogni singolo individuo viene analizzata mediante questo test: soggetti che presentano un valore di *z-score*

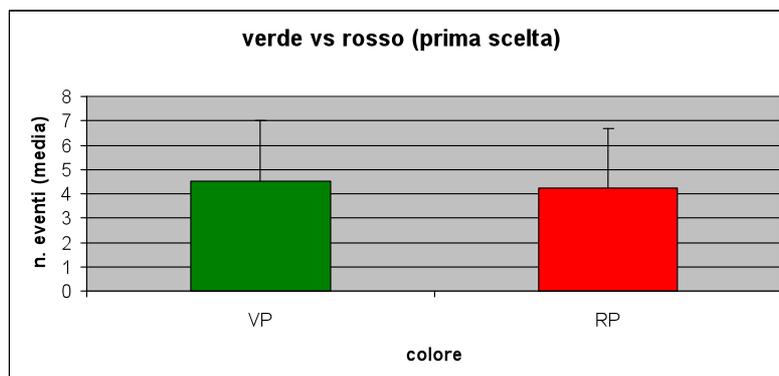
superiore a 1,96 o inferiore a -1,96 sono classificati come destrimani o mancini. Tutti gli altri valori caratterizzano individui ambidestri, che quindi, non manifestano alcuna preferenza manuale (McGrew e Marchant, 1997). Inoltre, per ogni individuo, in relazione alla mano utilizzata per compiere le diverse scelte, è stato calcolato un indice di preferenza manuale (*Handedness Index* o HI) utilizzando la formula:  $HI = (dx - sin) / (dx + sin)$  dove dx rappresenta il numero di volte in cui viene usata la mano destra, mentre sin è la frequenza di utilizzo della sinistra (Alonso e colleghi, 1991). L'HI rivela la direzione della preferenza manuale e varia da -1 (completa preferenza per la sinistra) a +1 (completa preferenza per la destra). Infine, per analizzare le differenze nella distribuzione dei valori assoluti dell'HI è stato utilizzato il *One-Sample Sign test*.

#### 4.3.7 Risultati

##### Preferenza del rosso o del verde

###### *Confronto tra la prima scelta del verde e la prima scelta del rosso*

Inizialmente è stata verificata la preferenza tra il verde ed il rosso manifestata dai soggetti sperimentali sia a livello di gruppo che a livello individuale, tenendo in considerazione solamente le prime scelte compiute dai soggetti stessi. Dal grafico di figura 4.4 emerge che a livello di gruppo i cercopitechi sembrano preferire il verde (media = 4,5; dev.st. = 2,5) rispetto al rosso (media = 4,25; dev.st. = 2,4). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

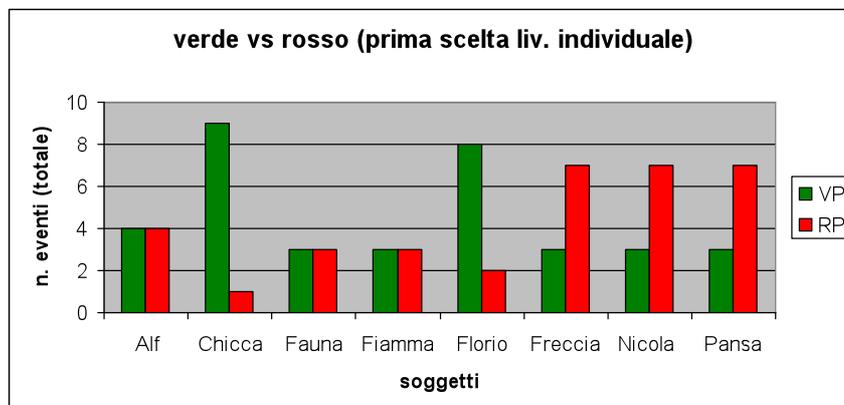


**Figura 4.4: frequenza media degli eventi relativi alla prima scelta del rosso e del verde manifestata dagli individui (le barre indicano la deviazione standard).**

A livello individuale le preferenze manifestate dai singoli soggetti relative alla prima scelta tra verde e rosso sono illustrate nel grafico di figura 4.5.

Analizzando tali dati emerge che il soggetto che maggiormente sembra preferire il verde rispetto al rosso è Chicca (9 eventi per il verde, 1 evento per il rosso), seguita da Florio (8 eventi per il verde, 2 eventi per il rosso). Freccia, Nicola e Pansa, invece, preferiscono in misura maggiore il rosso (7 eventi per il rosso, 3 eventi per il verde, per

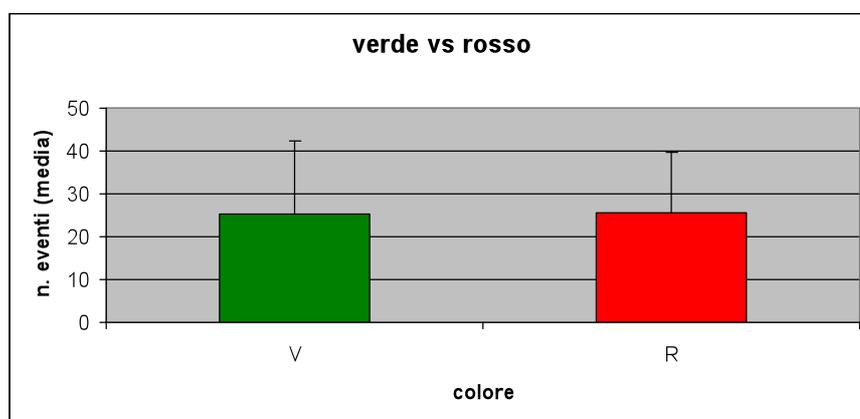
tutti e tre i soggetti). Tuttavia dall'analisi statistica risulta che solo la preferenza di Chicca per il verde è significativa (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -2,21$ ;  $p < 0,05$ ; vedi appendice, tab. I).



**Figura 4.5:** frequenza totale della prima scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.

*Confronto tra la scelta del verde e del rosso complessivamente*

Si è poi analizzato quale colore tra il rosso e il verde fosse scelto complessivamente in misura maggiore dai soggetti sperimentali, sia a livello di gruppo che a livello individuale. Si è quindi tenuto conto sia della prima scelta effettuata dagli individui per recuperare la ricompensa, sia di quelle successive. Dal grafico di figura 4.6 si evince che a livello di gruppo i cercopitechi non sembrano preferire un colore in particolar modo (media = 25,6; dev.st. = 14,0 per il verde; media = 25,3; dev.st. = 16,8 per il rosso). Dall'analisi statistica, infatti, non emerge alcuna differenza significativa nella preferenza per il rosso o per il verde complessivamente (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.6:** frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativa alle scelte complessive (prima scelta e scelte successive) del verde e del rosso (le barre indicano la deviazione standard).

Analizzando a livello individuale le scelte complessive dei soggetti tra apparati verdi e rossi, come si evince dal grafico di figura 4.7, è emerso che Chicca e Florio sono i soggetti che sembrano preferire maggiormente gli oggetti di colore verde rispetto a quelli rossi (36 eventi per il verde, 9 eventi per il rosso per Chicca; 45 eventi per il verde, 31 per il rosso per Florio). Pansa risulta, invece, essere il soggetto che sceglie con maggior frequenza gli apparati rossi rispetto ai verdi (50 eventi per il rosso, 28 eventi per il verde), seguito da Nicola (34 eventi per il rosso, 21 eventi per il verde) e da Freccia (44 eventi per il rosso, 39 per il verde). Gli altri soggetti del gruppo non sembrano preferire in particolar modo un colore rispetto ad un altro. Tuttavia l'analisi statistica conferma solo in parte questi risultati: solo due soggetti hanno manifestato una preferenza significativa, Chicca per il verde e Pansa per il rosso (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -3,88$ ;  $p < 0,05$ ;  $z\text{-score} = 2,38$ ;  $p < 0,05$  rispettivamente; vedi appendice tab. II.).

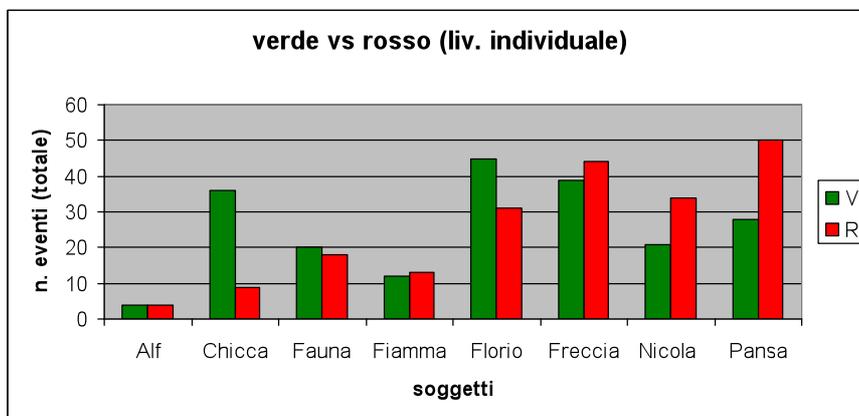


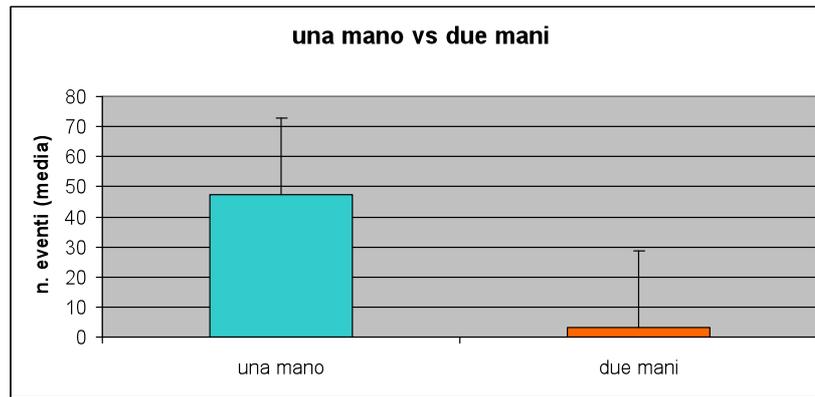
Figura 4.7: frequenza totale della scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.

### Preferenza manuale

Per ciò che riguarda la preferenza manuale è importante verificare se all'interno del gruppo dei cercopitechi, sia presente un utilizzo preferenziale di una mano rispetto all'altra. È, inoltre, importante investigare circa la relazione tra la mano più utilizzata ed il colore scelto, in quanto tale dato può essere utile per comprendere meglio se vi sia l'influenza di un'eventuale preferenza manuale nella scelta del colore.

#### *Confronto tra una mano e due mani nella presa e/o manipolazione degli apparati*

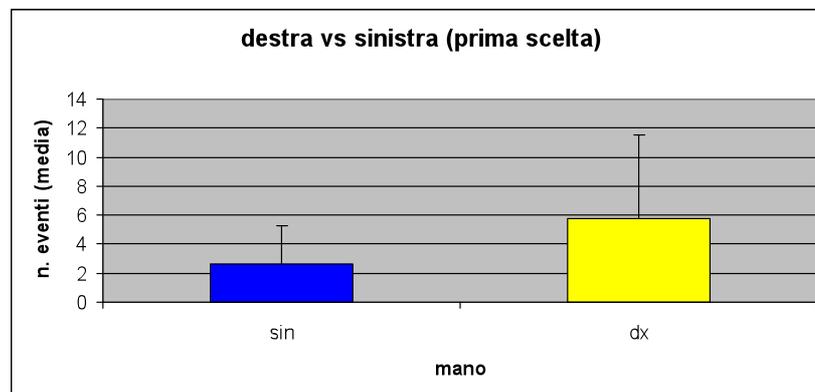
Inizialmente è stato verificato se a livello di gruppo esistesse una preferenza tra l'utilizzo di una mano piuttosto che di entrambe nella presa e/o manipolazione degli apparati colorati. Come si evince dal grafico di figura 4.8 il gruppo di cercopitechi tende ad usare nettamente una sola mano (media = 47,2 ; dev.st. = 25,5) rispetto ad entrambe (media = 3,0; dev.st. = 1,9). Dall'analisi statistica tale differenza risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,521$ ;  $p = 0,0117$ ).



**Figura 4.8: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con una o due mani (le barre indicano la deviazione standard).**

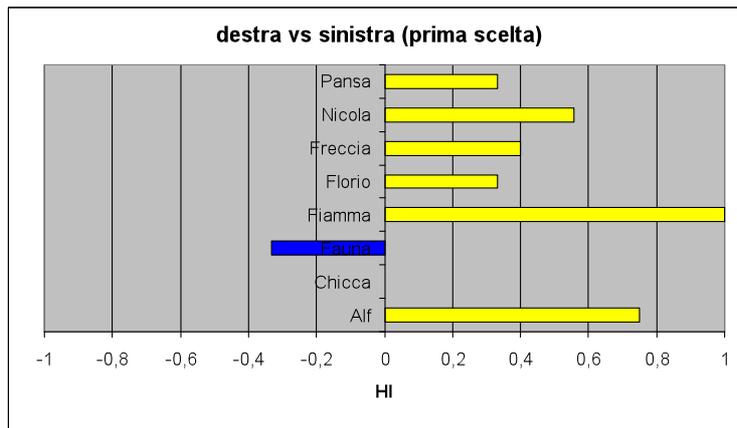
*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta*

E' stato quindi verificato se esistesse una preferenza nell'utilizzo della mano destra o della mano sinistra nella presa o manipolazione dell'apparato, considerando esclusivamente le prime scelte effettuate dai soggetti. Dal grafico di figura 4.9 si può osservare che a livello di gruppo i cercopitechi sembrano usare maggiormente la mano destra (media = 5,8; dev.st. = 1,7) rispetto alla sinistra (media = 2,6, dev.st. = 1,6). L'analisi statistica conferma che tale differenza è significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,205$ ;  $p = 0,0274$ ).



**Figura 4.9: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante la prima scelta (le barre indicano la deviazione standard).**

Come mostrato dal grafico di figura 4.10 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche analizzando tale parametro, a livello di gruppo i cercopitechi sembrano utilizzare maggiormente la mano destra rispetto alla sinistra durante la prima scelta. All'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 6, mentre uno solo utilizza maggiormente la sinistra. Dall'analisi statistica tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).

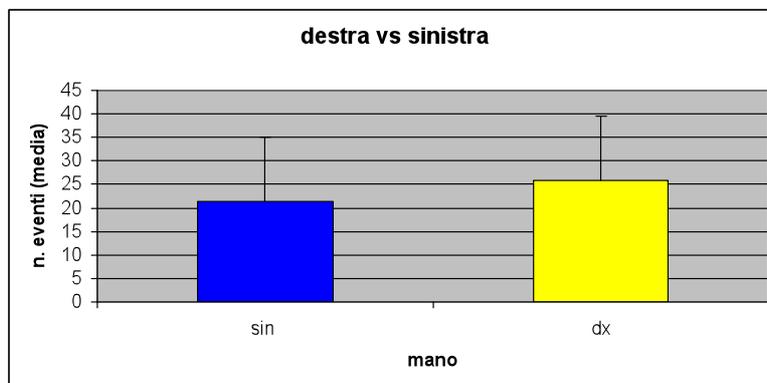


**Figura 4.10: Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno degli 8 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante la prima scelta.**

A livello individuale, quindi, 6 soggetti su 8 dimostrano di preferire la mano destra durante la prima presa dell'apparato, un soggetto mostra preferenza per la mano sinistra (Fauna), mentre un soggetto utilizza in modo equo entrambe le mani (Chicca). Fiamma ed Alf, il maschio anziano, risultano essere i soggetti che mostrano una preferenza maggiore per la mano destra (6 eventi per la destra, 0 eventi per la sinistra per Fiamma; 7 eventi per la destra, 1 evento per la sinistra per Alf). Tuttavia, dall'analisi statistica tali differenze non risultano significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab.III).

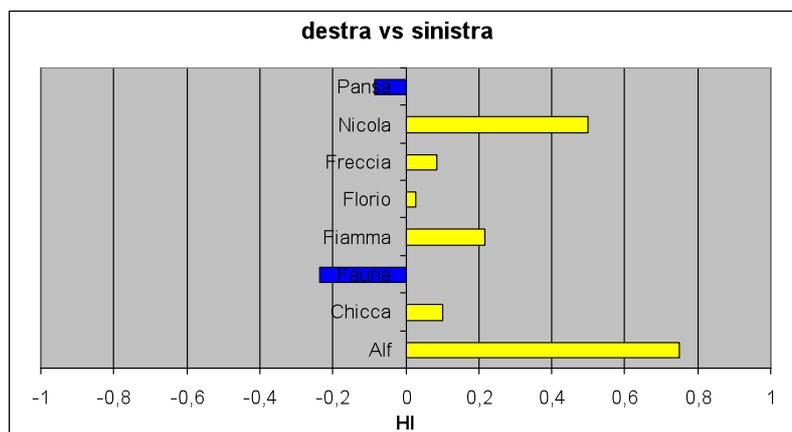
*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta e le scelte successive*

Dopo aver preso in considerazione solo le prime scelte ed aver osservato l'utilizzo di una mano piuttosto che l'altra per effettuare tali scelte, è stato quindi osservato quale fosse la preferenza nell'utilizzo della mano destra e della mano sinistra sia nella manipolazione che nella presa degli apparati durante le scelte complessive. Dal grafico di figura 4.11, come accaduto durante le prime scelte, a livello di gruppo i soggetti sembrano utilizzare maggiormente la mano destra (media = 25,9; dev. st. = 13,7) rispetto alla sinistra (media = 21,4; dev. st. = 13,8). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.)



**Figura 4.11: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante le scelte complessive (le barre indicano la deviazione standard).**

Come mostrato dal grafico di figura 4.12 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche l'analisi di tale indice conferma che a livello di gruppo i cercopitechi sembrano utilizzare maggiormente la mano destra rispetto alla sinistra nell'effettuare la prima scelta e le scelte successive. Come accaduto durante le sole prime scelte, all'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 6, mentre due individui utilizzano maggiormente la sinistra. Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).



**Figura 4.12: Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno degli 8 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante le scelte complessive.**

Analizzando i dati a livello individuale, emerge che Pansa e Fauna sono gli unici due soggetti che sembrano preferire la mano sinistra rispetto alla destra durante le scelte complessive (38 eventi per la sinistra, 32 eventi per la destra per Pansa; 21 eventi per la sinistra, 13 per la destra per Fauna). Gli altri individui del gruppo pare mostrino una preferenza per la mano destra. In particolare Alf, il maschio anziano, su un totale di otto eventi, mostra una preferenza per la mano destra in ben 7 e per la sinistra solo in 1, Nicola 39 eventi per la destra e solo 13 per la sinistra; Chicca 22 per la destra e 18 per la sinistra; Fiamma 14 per la destra e 9 per la sinistra; Florio 36 per la destra e 34 per la sinistra; Freccia 44 per la destra e 37 per la sinistra. Dall'analisi statistica, tuttavia, risulta che l'unico soggetto che mostra una differenza significativa è Nicola. Tale differenza è significativamente maggiore per l'uso della mano destra rispetto alla sinistra. (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -3,47$ ;  $p < 0,05$ ; vedi appendice tab. IV).

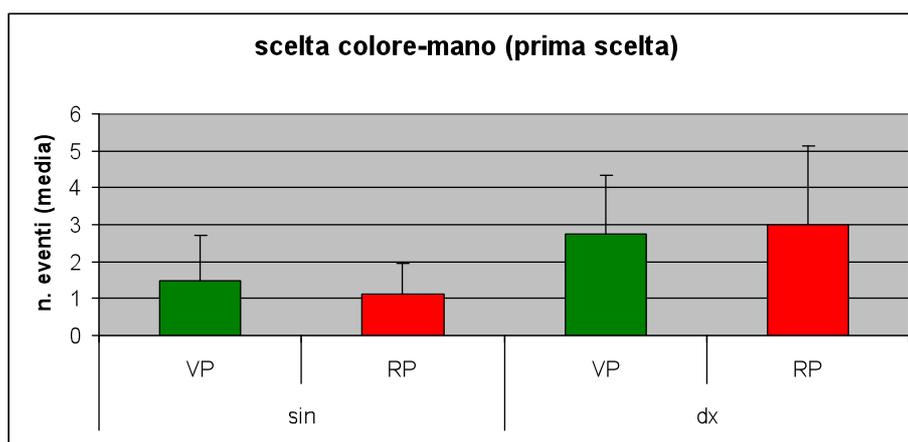
### **Scelta del rosso o del verde in relazione alla preferenza manuale**

*Confronto tra la scelta del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra durante le prime scelte*

E' stato quindi osservato quale fosse la preferenza tra il colore rosso ed il colore verde durante le prime scelte sia con la mano sinistra che con la mano destra. Dal grafico di figura 4.13 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del

colore con la mano sinistra, i cercopitechi manifestano una preferenza esigua per il verde rispetto al rosso (media = 1,5; dev.st. = 1,19 per il verde; media = 1,12; dev.st. = 0,83 per il rosso). Dall'analisi statistica tale differenza risulta, infatti, non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le prime scelte è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano al contrario preferire il rosso, anche se in misura ridotta, rispetto al verde (media = 3; dev.st. = 2,14 media = 2,75; dev.st. = 1,58 rispettivamente per il rosso e per il verde). Tale differenza risulta, infatti, dall'analisi statistica non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

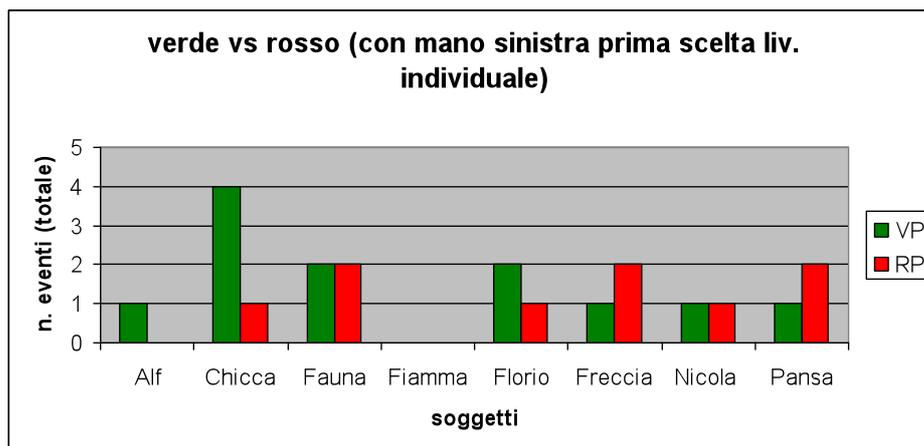
Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.13, la scelta per il rosso effettuata con la mano destra risulta essere maggiore rispetto a quella effettuata con la mano sinistra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.). Lo stesso si verifica per quanto concerne le prime scelte del colore verde, che risultano essere maggiormente effettuate con la mano destra rispetto alla sinistra. Dall'analisi statistica questa differenza risulta, però, significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -1,983$ ;  $p = 0,0473$ ).



**Figura 4.13: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

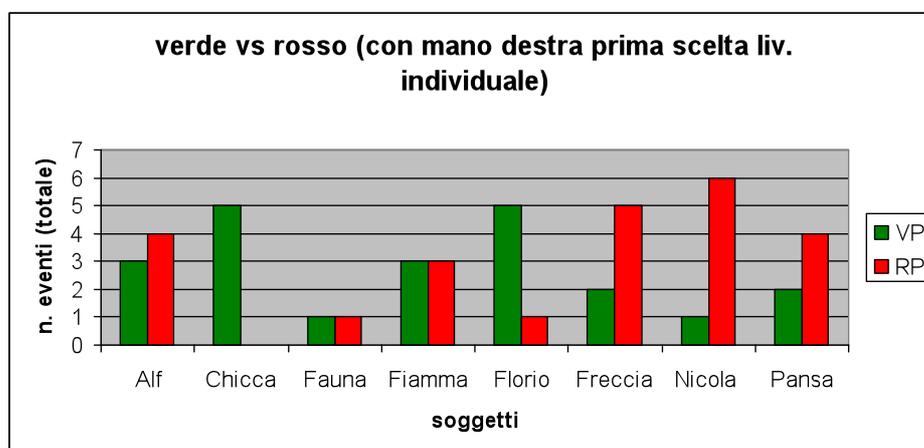
A livello individuale le preferenze relative alla prima scelta tra rosso e verde, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.14 ed in quello di figura 4.15.

Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda la prima scelta del colore con la mano sinistra, tre soggetti del gruppo, Alf, Chicca e Florio, sembrano preferire il verde rispetto al rosso (1 evento per il verde, 0 per il rosso per Alf; 4 eventi per il verde, 1 per il rosso per Chicca; 2 eventi per il verde, 1 per il rosso per Florio). Freccia e Pansa sembrano avere, invece, una preferenza per il rosso (2 eventi per il rosso, 1 per il verde per entrambi i soggetti). Gli altri tre individui del gruppo (Fauna, Fiamma e Nicola) non ne manifestano alcuna. In particolar modo, Fiamma, non effettua prime scelte con la mano sinistra.



**Figura 4.14: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.15 si può notare che, per quanto concerne la prima scelta del rosso e del verde con la mano destra quattro soggetti del gruppo (Alf, Freccia, Nicola e Pansa) mostrano una preferenza per il rosso (4 eventi per il rosso, 3 per il verde per Alf; 5 eventi per il rosso, 2 per il verde per Freccia; 6 eventi per il rosso, 1 per il verde per Nicola; 4 eventi per il rosso, 2 per il verde per Pansa). Chicca e Florio sembrano preferire, invece il verde (5 eventi per il verde, 0 per il rosso per Chicca; 5 eventi per il verde, 1 per il rosso per Florio). Fauna e Fiamma non manifestano alcuna preferenza particolare.



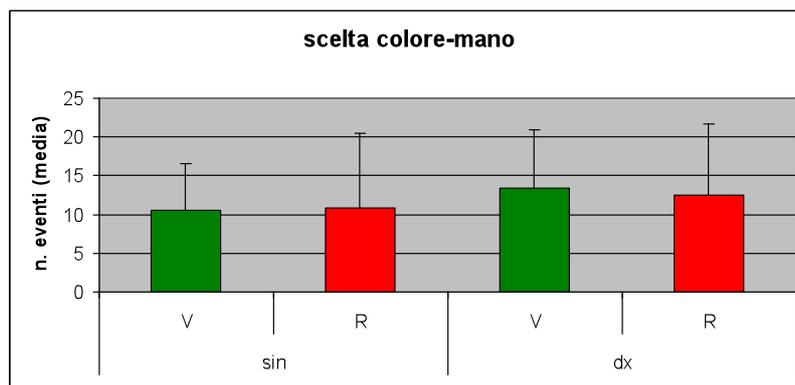
**Figura 4.15: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano destra.**

*Confronto tra le scelte complessive del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra*

E' stato, infine, verificato quale fosse la preferenza tra la scelta del colore rosso e del colore verde durante le prime scelte e tutte quelle successive, sia con la mano sinistra che con la mano destra e sia a livello di gruppo che a livello individuale.

Dal grafico di figura 4.16 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, non sembra emergere una preferenza per un particolare colore (media = 10,50; dev.st. = 6,17 per il verde; media = 10,87; dev.st. = 9,54 per il rosso). Dall'analisi statistica non emergono, infatti, differenze significative (*Wilcoxon test*: N.S.). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le scelte complessive è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano preferire il verde, anche se in misura ridotta, rispetto al rosso (media = 13,37; dev.st. = 7,52; media = 12,50; dev.st. = 9,15 rispettivamente per il verde e per il rosso). Tale differenza dall'analisi statistica non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.16, le scelte per il rosso effettuate con la mano destra risultano essere maggiori rispetto a quelle effettuate con la mano sinistra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.). Lo stesso si verifica per il colore verde che viene scelto in misura maggiore con la mano destra rispetto alla mano sinistra, durante le scelte complessive, ma non in modo significativo (*Wilcoxon test*: N.S.).

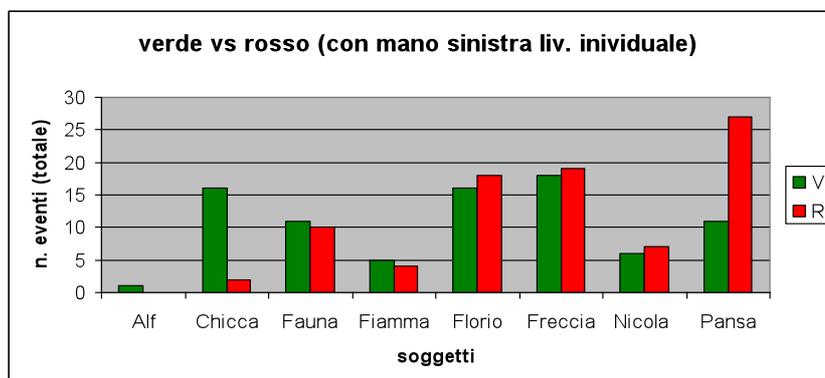


**Figura 4.16: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

A livello individuale le preferenze relative alle scelte complessive tra rosso e verde, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.17 ed in quello di figura 4.18.

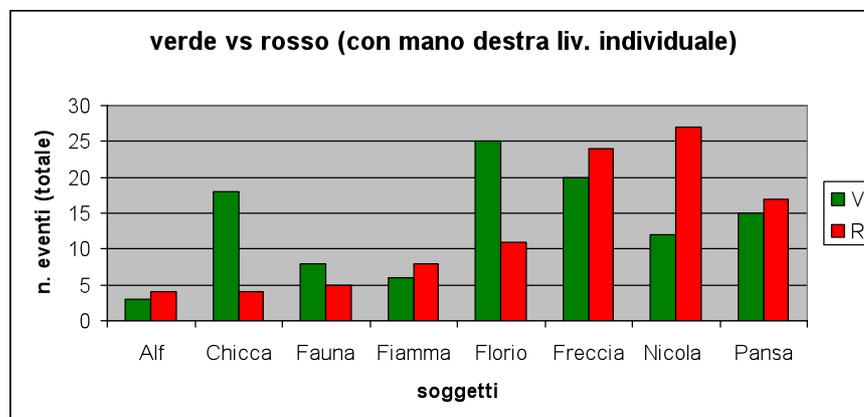
Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda le scelte complessive del colore rosso e del verde con la mano sinistra, quattro soggetti del gruppo, Alf, Chicca, Fauna e Fiamma, sembrano preferire il verde rispetto al rosso (1 evento per il verde, 0 per il rosso per Alf; 16 eventi per il verde, 2 per il rosso per Chicca; 11 eventi per il verde, 10 per il rosso per Fauna; 5 eventi per il verde, 4 per il rosso per Fiamma). Florio, Freccia, Nicola e Pansa sembrano avere, invece, una preferenza per il rosso (18 eventi per il rosso, 16 per il verde per Florio; 19 eventi per il rosso, 18 per il verde per Freccia; 7 eventi per il rosso, 6 per il verde per Nicola; 27 eventi per il rosso, 11 per il verde per Pansa). L'analisi statistica rivela che solo per due soggetti tali preferenze sono

significative: Chicca manifesta una preferenza significativa nello scegliere con la mano sinistra il verde, mentre Pansa il rosso (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -3,06$ ;  $p < 0,05$ ;  $z\text{-score} = -2,43$ ;  $p < 0,05$  rispettivamente; vedi appendice tab.V).



**Figura 4.17: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.18 si può notare che, per quanto concerne le scelte complessive del rosso e del verde con la mano destra cinque soggetti del gruppo (Alf, Fiamma, Freccia, Nicola e Pansa) mostrano una preferenza per il rosso (4 eventi per il rosso, 3 per il verde per Alf; 8 eventi per il rosso, 6 per il verde per Fiamma; 24 eventi per il rosso, 20 per il verde per Freccia; 27 eventi per il rosso, 12 per il verde per Nicola; 17 eventi per il rosso, 15 per il verde per Pansa). Chicca, Fauna, Florio sembrano preferire, invece il verde (18 eventi per il verde, 4 per il rosso per Chicca; 8 eventi per il verde, 5 per il rosso per Fauna; 25 eventi per il verde, 11 per il rosso per Florio). Dall'analisi statistica emerge che per tre soggetti del gruppo tali preferenze sono significative: Chicca e Florio scelgono significativamente di più con la mano destra il verde rispetto al rosso (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -2,77$ ;  $p < 0,05$ ;  $z\text{-score} = -2,17$ ;  $p < 0,05$  rispettivamente; vedi appendice tab. VI), mentre Nicola con la mano destra tende a scegliere significativamente di più il rosso rispetto al verde (*Binomial test*:  $z\text{-score} = 2,24$ ;  $p < 0,05$ ; vedi appendice tab. VI).



**Figura 4.18: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano destra.**

## 4.4 Scelta per il rosso o per il verde: *Macaca nemestrina*

### 4.4.1 Il reparto dei macachi nemestrini

La colonia di *Macaca nemestrina nemestrina*, presa in considerazione nello studio, è ospitata in un reparto del Parco Faunistico costituito da due ambienti distinti, comunicanti tra loro mediante un sistema di apertura a ghigliottina e visibili dall'esterno mediante grandi vetrate.

- **Ricovero interno:** è costituito da una costruzione in legno e cemento, che occupa una superficie complessiva di circa 45 m<sup>2</sup>, nella quale di notte vengono alloggiati gli animali. L'ambiente, che durante l'inverno è costantemente riscaldato ad una temperatura di circa 18° C è arricchito con tronchi e corde sia in posizione orizzontale che verticale, che vengono utilizzate dai macachi per arrampicarsi, giocare e per compiere qualsiasi altro tipo di azione tipica del comportamento naturale. E' presente anche una piccola fontana dove gli animali possono abbeverarsi. Parte del reparto interno presenta delle grate ed un sistema di ghigliottine atte a creare un piccolo reparto di servizio, utilizzato per isolare i soggetti durante la procedura del *training* di isolamento.
- **Area esterna** (Fig. 4.19): si sviluppa su una superficie di 119 m<sup>2</sup>. Il reparto è arricchito con corde e grossi tronchi sui quali gli animali possono arrampicarsi. Inoltre al centro presenta una piccola vasca, di circa 1,5 m di lunghezza ed 1 m di larghezza, contenente acqua potabile, nella quale gli animali possono abbeverarsi. Alla base di alcuni tronchi verticali, a circa 70 cm di altezza dal terreno, sono posizionate alcune ceste di metallo, atte a contenere il cibo, che solitamente vengono utilizzate dai macachi anche come piano di appoggio durante il pasto.

Le due aree hanno tutte accesso indipendente dall'esterno per il personale addetto che vi può accedere mediante una porta a grata. Nel complesso i macachi hanno a disposizione un'area abitativa di circa 150 m<sup>2</sup>.



Figura 4.19: il reparto esterno dei macachi nemestrini.

#### 4.4.2 I soggetti sperimentali

La colonia di macachi nemestrini, ospitata presso il Parco Natura Viva ed oggetto dello studio, fu costituita nel 1975, a partire da due fondatori, un maschio adulto ed una femmina adulta, provenienti da donatori privati. Tutti i componenti attuali della colonia sono nati in cattività, all'interno della struttura odierna. Attualmente il gruppo è costituito da 8 individui di cui 7 adulti (2 maschi e 5 femmine) ed 1 giovane (femmina). Tutti gli individui sono stati coinvolti nello studio. Le loro caratteristiche generali sono riassunte nella tabella III.

Soggetto	Sesso	Breve descrizione fisica
BETTY	F	Femmina adulta dalla corporatura media. anulare sinistro mancante di una falange.
AMELIA	F	Femmina adulta dalla corporatura esile, nuca con pelo rado, pelliccia poco folta.
UGLA	F	Femmina adulta dalla corporatura snella con arti posteriori ed anteriori piuttosto lunghi.
RICKY	M	Maschio adulto dalla corporatura medio-grande, pelliccia piuttosto chiara.
REDA	F	Femmina adulta dalla corporatura media, pelo rado.
OLAF	M	Maschio dominante, corporatura imponente, pelliccia folta e ciuffo nero sulla testa.
PAULA	F	Femmina adulta dalla corporatura media, pelo folto dalla colorazione uniforme.
NEMMY	F	Femmina giovane dalla corporatura piccola e ciuffo nero di peli sul capo.

**Tabella III: caratteristiche generali dei macachi oggetto dello studio. Nella tabella sono riportati i nomi dei singoli soggetti, il sesso ed una breve descrizione fisica.**

#### 4.4.3 Apparati sperimentali

Al fine di investigare circa la possibile preferenza di un colore rispetto ad un altro ed in modo particolare la preferenza tra il colore rosso ed il verde, per lo studio con i nemestrini sono stati utilizzati come apparati, tovaglioli di carta rossi e tovaglioli di carta verdi (dimensioni 33x33 cm), uguali al quelli impiegati per i cercopitechi grigio-verde.

All'interno di ogni tovagliolo è stata posta una ricompensa costituita da cibo particolarmente gradito agli animali, come gelatina per primati, noccioline, semi di girasole e noci. I tovaglioli, una volta riempiti sono stati ripiegati e chiusi ad entrambe le estremità in modo da ottenere dei piccoli sacchetti che non permettevano la visione della ricompensa ai soggetti sperimentali (vedi Fig. 4.3 par. 4.3.3).

#### **4.4.4 Procedura sperimentale**

Lo studio è stato condotto presso il Parco Natura Viva da Settembre 2008 a Marzo 2009 (Fornalè e colleghi, 2009; Fistarol e colleghi, 2009), ed è stato suddiviso, come per i cercopitechi, in due fasi: una prima fase preliminare ed una successiva di raccolta dati vera e propria.

La fase preliminare dello studio che ha coinvolto i macachi nemestrini ha avuto come scopo principale l'identificazione dei soggetti sperimentali e delle loro rispettive caratteristiche, con l'obiettivo di acquisire la capacità di effettuare il riconoscimento individuale e di abituare i soggetti stessi alla presenza dello sperimentatore. Questa fase si è svolta per circa 2-3 ore al giorno, in particolar modo la mattina durante il periodo autunnale-invernale del 2008.

La fase sperimentale vera e propria si è svolta nei mesi di gennaio, febbraio e marzo 2009. Durante questo periodo i nemestrini coinvolti sono stati sottoposti ad un esperimento che si è svolto nel reparto esterno durante le ore più calde della giornata (circa dalle 14 alle 15).

Sono state effettuate quindi sessioni sperimentali manipolative nel contesto sociale.

Sono state somministrate all'intero gruppo di soggetti sperimentali coppie di stimoli colorati contenenti la stessa ricompensa in cibo: coppie di tovaglioli colorati verdi e rossi sono stati inseriti nel reparto esterno dove gli animali sono soliti sostare durante la giornata. Complessivamente sono state sparse sul terreno dodici coppie di oggetti colorati per sessione (24 sacchetti in totale, 12 rossi e 12 verdi), che potevano essere facilmente afferrati dagli individui per poter accedere alla ricompensa contenuta all'interno. Sono state effettuate 10 sessioni sperimentali della durata di 15 minuti ciascuna.

In ogni sessione sperimentale la posizione reciproca dei tovaglioli di ogni coppia è stata variata, in modo da controllare la variabile "posizione": in 5 sessioni il rosso si presentava alla destra dei soggetti ed il verde alla sinistra, nelle altre 5 sessioni la disposizione appariva invertita.

Tutte le sessioni sono state videoregistrate ed è stata focalizzata l'attenzione sulle scelte effettuate dai singoli soggetti ed in modo particolare su: colore dell'oggetto scelto e mano utilizzata dall'individuo per compiere tale scelta.

#### **4.4.5 Raccolta dei dati**

Tutte le sessioni sono state videoregistrate per consentire un'accurata raccolta dei dati ed i filmati sono stati in seguito visionati.

Al fine di comprendere se fra i macachi nemestrini coinvolti nello studio vi fosse una preferenza cromatica, ed in particolar modo, una tendenza a scegliere il rosso rispetto al verde, durante le 10 sessioni manipolative si è tenuto conto della prima scelta relativa al colore degli apparati effettuata da ciascun soggetto e di tutte le successive azioni del gruppo dirette verso gli apparati stessi. In particolar modo sono stati annotati:

- il colore dell'apparato scelto ed afferrato per primo da ogni soggetto,

- il colore degli apparati scelti o manipolati successivamente alla prima scelta effettuata da ogni soggetto.

Per poter valutare, invece, l'influenza della preferenza manuale, sia a livello individuale che di gruppo, sulla scelta di oggetti contenenti la stessa ricompensa, ma di colore diverso, come per i cercopitechi, è stata posta l'attenzione sulla mano impiegata dai singoli soggetti sperimentali nell'afferrare gli apparati. In particolare sono stati annotati:

- la mano impiegata dai singoli soggetti per effettuare la prima scelta,
- la mano utilizzata da ogni soggetto per effettuare le scelte o manipolazioni successive degli apparati.

Al fine di osservare le preferenze manifestate dai soggetti nei confronti degli apparati è stato stilato un etogramma delle categorie comportamentali proprie di ogni soggetto osservato, uguale a quello impiegato per i cercopitechi. (Vedi tab II par. 4.3.5).

Per ciascuna categoria comportamentale è stata registrata la frequenza dei comportamenti manifestati dai singoli soggetti sperimentali, mediante il metodo “*all occurrences*”. Grazie a tale metodo è possibile registrare un determinato comportamento, tutte le volte che si manifesta nell'intervallo prefissato (Altmann, 1974; Conte e Renzi, 1996).

#### **4.4.6 Analisi statistica**

I dati raccolti visionando i filmati sono stati inseriti in fogli di lavoro Excel per poi essere elaborati mediante l'analisi statistica. Il programma utilizzato per l'analisi è StatView 5.0.

Per l'analisi statistica dei dati, raccolti come frequenze, è stato scelto come per i cercopitechi un approccio conservativo. Infatti sono stati applicati test non parametrici, scegliendo come livello di significatività  $p < 0,05$  (Siegel e Castellan, 1992).

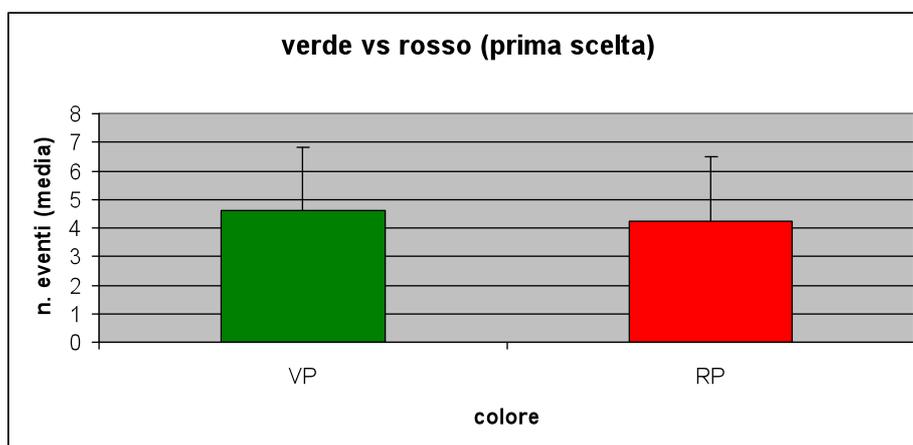
Il test di *Wilcoxon*, è stato usato per confrontare i dati relativi alla preferenza manifestata dall'intero gruppo nella scelta di uno dei due colori (rosso vs verde) e nell'uso di una mano rispetto all'altra (destra vs sinistra). Inoltre per effettuare una verifica sull'eventuale preferenza a livello individuale per quanto riguarda sia la scelta del colore sia la mano impiegata per effettuare le scelte stesse, è stato utilizzato il *test binomiale* (Siegel e Castellan, 1992). Inoltre, come per i cercopitechi, per ogni individuo, in relazione alla mano utilizzata per compiere le diverse scelte, è stato calcolato l'indice di preferenza manuale (*Handedness Index* o HI) (Alonso e colleghi, 1991), e per l'analisi delle differenze nella distribuzione dei valori assoluti dell'HI è stato quindi utilizzato il *One-Sample Sign test*.

#### 4.4.7 Risultati

##### Preferenza del rosso o del verde

###### *Confronto tra la prima scelta del verde e la prima scelta del rosso*

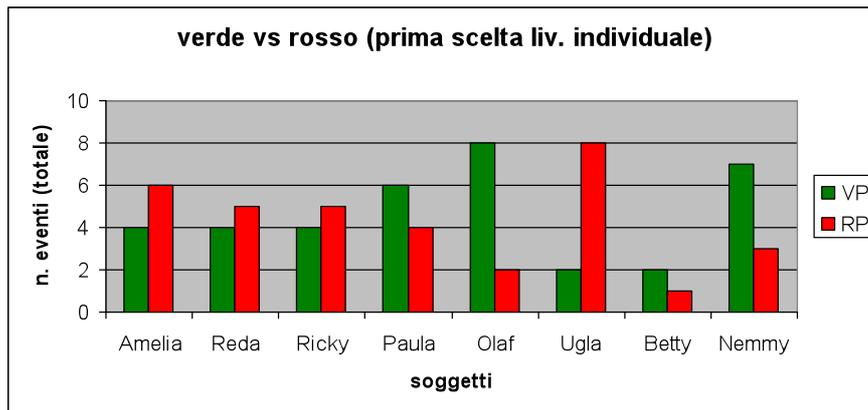
Inizialmente è stata verificata la preferenza tra il verde ed il rosso manifestata dai soggetti sperimentali sia a livello di gruppo che a livello individuale durante le sessioni sperimentali nel contesto sociale, tenendo in considerazione solamente le prime scelte compiute dai soggetti stessi. Dal grafico di figura 4.20 emerge che a livello di gruppo i nemestrini sembrano preferire il verde (media = 4,63; dev.st. = 2,2) rispetto al rosso (media = 4,25; dev.st. = 2,25). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.20: frequenza media degli eventi relativi alla prima scelta del verde e del rosso manifestata dagli individui (le barre indicano la deviazione standard).**

A livello individuale le preferenze manifestate dai singoli soggetti relative alla prima scelta tra verde e rosso sono illustrate nel grafico di figura 4.21.

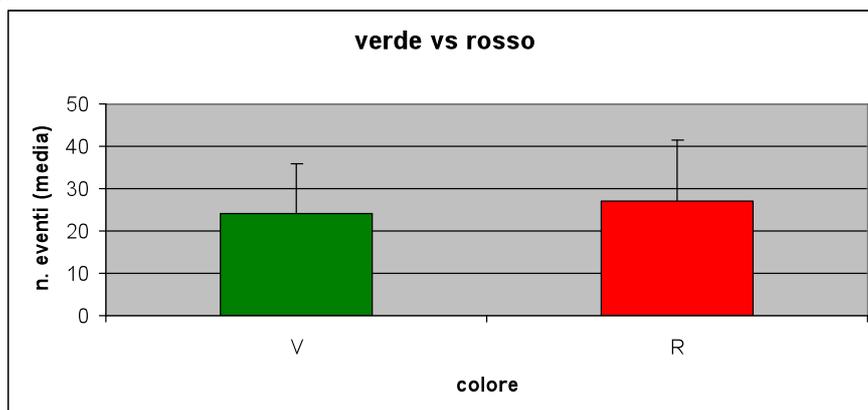
Analizzando tali dati emerge che il soggetto che maggiormente sembra preferire il verde rispetto al rosso è Olaf (8 eventi per il verde, 2 eventi per il rosso), seguito da Nemmy (7 eventi per il verde, 3 eventi per il rosso) da Paula (6 eventi per il verde, 4 per il rosso) e da Betty (2 eventi per il verde, 1 per il rosso). Uglà, invece sembra preferire nettamente il rosso ( 8 eventi per il rosso, 2 per il verde), seguita da Amelia (6 eventi per il rosso, 4 per il verde) da Reda e da Ricky (5 eventi per il rosso, 4 per il verde per entrambi i soggetti). Tuttavia dall'analisi statistica risulta che tali preferenze non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. VII).



**Figura 4.21: frequenza totale della prima scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.**

#### *Confronto tra la scelta del verde e del rosso complessivamente*

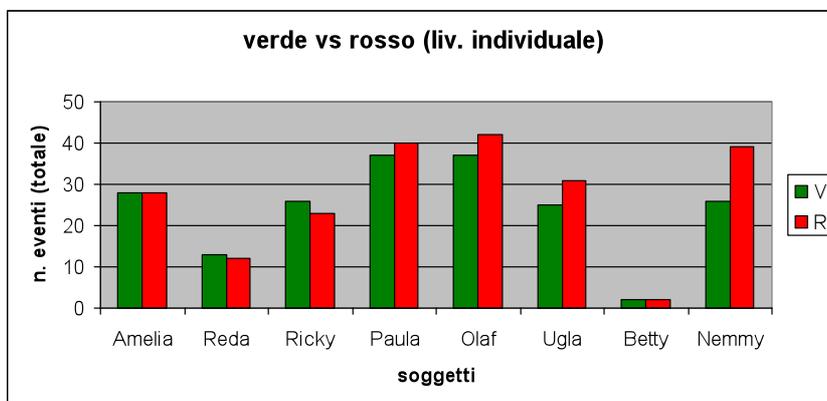
Si è poi analizzato quale colore tra il rosso e il verde fosse scelto complessivamente in misura maggiore dai soggetti sperimentali, sia a livello di gruppo che a livello individuale durante le sessioni nel contesto sociale. Si è quindi tenuto conto sia della prima scelta effettuata dagli individui per recuperare la ricompensa, sia di quelle successive. Dal grafico di figura 4.22 si evince che a livello di gruppo i nemestrini sembrano preferire il rosso (media = 27,13; dev.st. = 14,25) rispetto al verde (media = 24,25; dev.st. = 11,76). Dall'analisi statistica, tuttavia, non emerge alcuna differenza significativa nella preferenza per il rosso o per il verde complessivamente (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.22: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativa alle scelte complessive (prima scelta e scelte successive) del verde e del rosso (le barre indicano la deviazione standard).**

Analizzando a livello individuale le scelte complessive dei soggetti tra apparati verdi e rossi, come si evince dal grafico di figura 4.23, è emerso che Nemmy risulta essere il soggetto che preferisce maggiormente gli oggetti rossi rispetto ai verdi (39 eventi per il rosso, 26 eventi per il verde) seguita da Uгла (31 eventi per il rosso, 25 per il verde) da Olaf (42 eventi per il rosso, 37 per il verde) e da Paula (40 eventi per il rosso, 37 per il

verde). Ricky sembra, invece, preferire il verde (26 eventi per il verde, 23 per il rosso) seguito da Reda (13 eventi per il verde, 12 per il rosso). Amelia e Betty, infine non manifestano particolari preferenze relative alla scelta del colore. Tuttavia l'analisi statistica rivela che le preferenze manifestate non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. VIII).



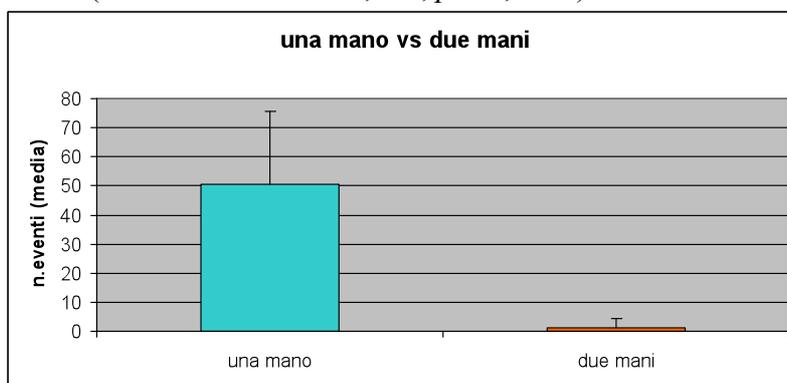
**Figura 4.23: frequenza totale della scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.**

### Preferenza manuale

Per ciò che riguarda la preferenza manuale è importante verificare, come per i cercopitechi, se anche all'interno del gruppo dei nemestrini sia presente un utilizzo preferenziale di una mano rispetto all'altra. È quindi importante investigare circa la relazione tra la mano più utilizzata ed il colore scelto, in quanto tale dato può essere utile per comprendere meglio se vi sia l'influenza di un'eventuale preferenza manuale nella scelta del colore.

#### *Confronto tra una mano e due mani nella presa e/o manipolazione degli apparati*

Inizialmente è stato verificato se a livello di gruppo esistesse una preferenza tra l'utilizzo di una mano piuttosto che di entrambe nella presa e/o manipolazione degli apparati colorati. Come si evince dal grafico di figura 4.24 il gruppo di nemestrini tende nettamente ad usare una sola mano (media = 50,36 ; dev.st. = 25,16) rispetto ad entrambe (media = 1,13; dev.st. = 3,18). Dall'analisi statistica tale differenza risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,524$ ;  $p = 0,0116$ ).

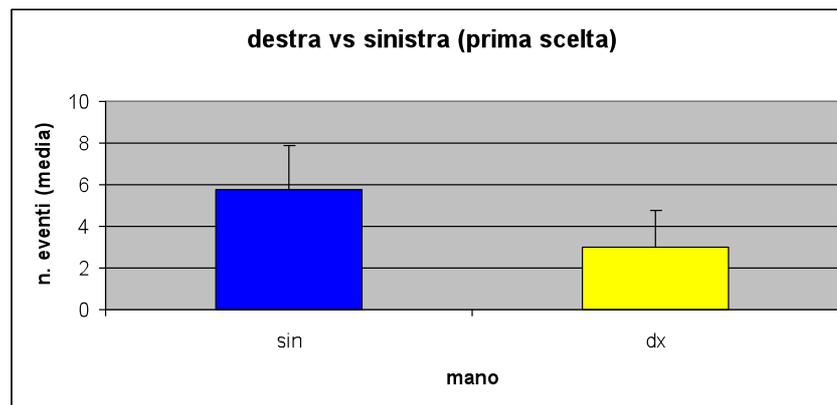


**Figura 4.24: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con una o due mani (le barre indicano la deviazione standard).**

*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta*

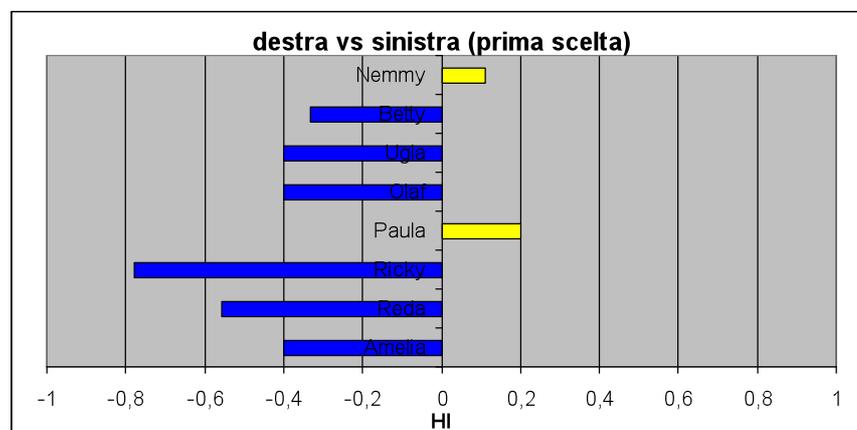
E' stato quindi verificato se esistesse una preferenza nell'utilizzo della mano destra o della mano sinistra nella presa o manipolazione dell'apparato, considerando esclusivamente le prime scelte effettuate dai soggetti nel contesto sociale.

Dal grafico di figura 4.25 si può osservare che a livello di gruppo i nemestrini sembrano usare maggiormente la mano sinistra (media = 5,75; dev.st. = 2,12) rispetto alla destra (media = 3,0; dev.st. = 1,77). L'analisi statistica, tuttavia rivela che tale differenza non è significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.25:** frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante la prima scelta (le barre indicano la deviazione standard).

Come mostrato dal grafico di figura 4.26 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche analizzando tale parametro, a livello di gruppo i nemestrini sembrano utilizzare maggiormente la mano sinistra rispetto alla destra durante la prima scelta. All'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 6, mentre due individui utilizzano maggiormente la destra. Tuttavia, dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).

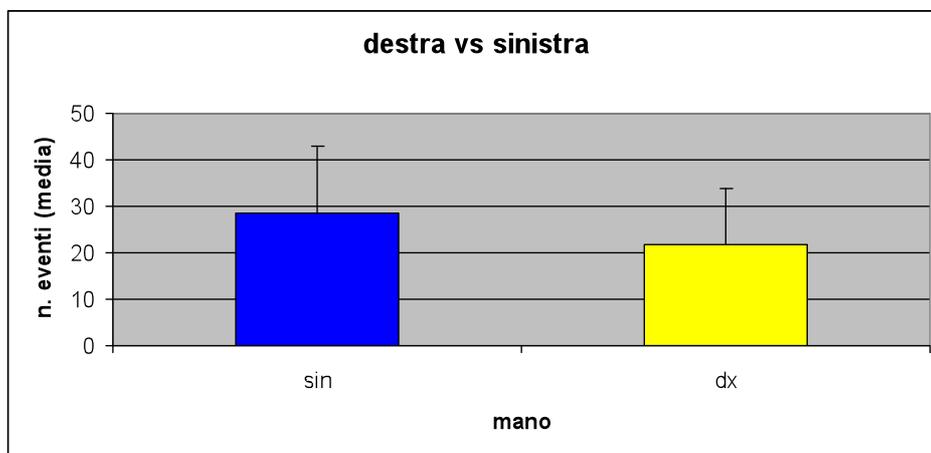


**Figura 4.26:** Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno degli 8 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante la prima scelta.

A livello individuale, quindi, 6 soggetti su 8 dimostrano di preferire la sinistra durante la prima presa dell'apparato. Ricky, in particolar modo, usa la mano sinistra in 8 eventi e la destra in uno solo, seguito da Reda (7 eventi per la sinistra, 2 per la destra), Amelia, Olaf ed Uglia (7 eventi per la sinistra, 3 per la destra per tutti tre i soggetti) e Betty (2 eventi per la sinistra, 1 per la destra). Paula, invece usa la mano destra in 6 eventi e la sinistra in 4, mentre Nemmy usa la destra in 5 e la sinistra in 4. Dall'analisi statistica solo la preferenza di Ricky per la sinistra risulta essere significativa (*Binomial test*:  $z\text{-score} = 2,00$ ;  $p < 0,05$ ; vedi appendice tab. IX).

*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta e le scelte successive*

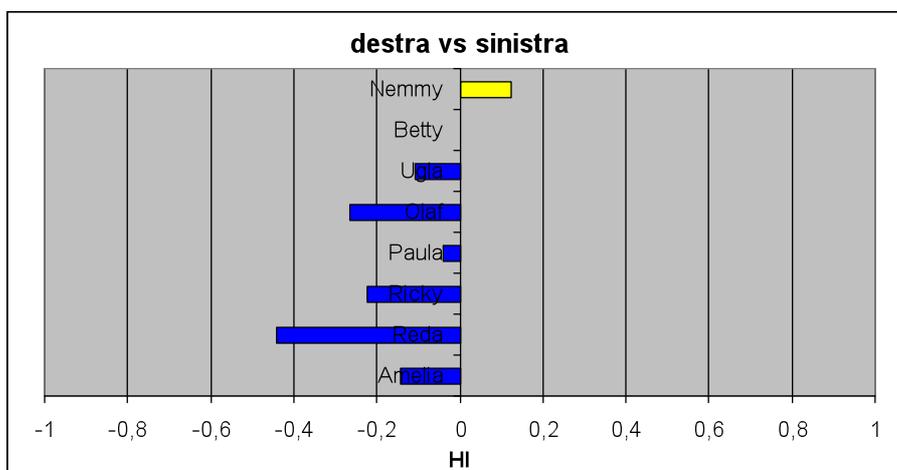
Dopo aver preso in considerazione solo le prime scelte ed aver osservato l'utilizzo di una mano piuttosto che l'altra per effettuare tali scelte, è stato poi osservato quale fosse la preferenza nell'utilizzo della mano destra o della mano sinistra sia nella manipolazione che nella presa degli apparati durante tutte le scelte nel complesso. Dal grafico di figura 4.27, come accaduto durante le prime scelte, a livello di gruppo i soggetti sembrano utilizzare maggiormente la mano sinistra (media = 28,5; dev. st. = 14,34) rispetto alla destra (media = 21,87; dev. st. = 12,07). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.)



**Figura 4.27: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante le scelte complessive (le barre indicano la deviazione standard).**

Come mostrato dal grafico di figura 4.28 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche l'analisi di tale indice conferma che a livello di gruppo i nemestrini sembrano utilizzare maggiormente la mano sinistra rispetto alla destra nell'effettuare la prima scelta e le scelte successive. All'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 6, mentre un individuo utilizza maggiormente la

destra. Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).



**Figura 4.28: Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno degli 8 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante le scelte complessive.**

Analizzando i dati a livello individuale, emerge che Reda risulta essere il soggetto che in proporzione preferisce usare maggiormente la mano sinistra rispetto alla destra (18 eventi per la sinistra, 7 eventi per la destra). Seguono Olaf (50 eventi per la sinistra, 29 per la destra), Ricky (30 per la sinistra, 19 per la destra), Amelia (32 eventi per la sinistra, 24 per la destra), Ugla (31 eventi per la sinistra, 25 per la destra) e Paula (40 eventi per la sinistra, 37 per la destra).

Nemmy è l'unico soggetto a preferire la destra (32 eventi per la destra, 25 per la sinistra), mentre Betty non mostra alcuna preferenza.

Dall'analisi statistica, tuttavia, risulta che solo due soggetti mostrano una preferenza significativa: Reda ed Olaf. Tale preferenza è significativamente maggiore per l'uso della mano sinistra rispetto alla destra. (*Binomial test*:  $z\text{-score} = 2,00$ ;  $p < 0,05$  per Reda;  $z\text{-score} = 2,25$ ;  $p < 0,05$  per Olaf; vedi appendice tab. X).

### **Scelta del rosso o del verde in relazione alla preferenza manuale**

*Confronto tra la scelta del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra durante le prime scelte*

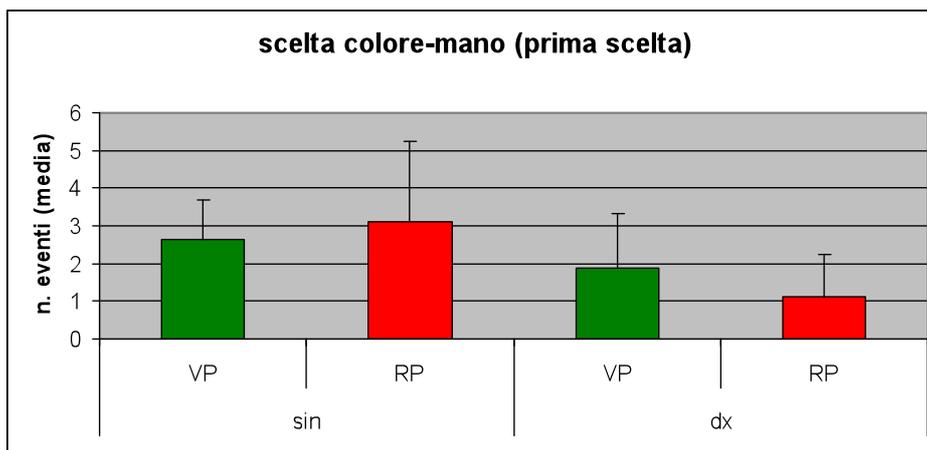
E' stato quindi osservato quale fosse la preferenza del tra il colore rosso ed il colore verde durante le prime scelte sia con la mano sinistra che con la mano destra.

Dal grafico di figura 4.29 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, i nemestrini manifestano una preferenza per il rosso rispetto al verde (media = 3,12; dev.st. = 2,1 per il rosso; media = 2,63; dev.st. =

1,06 per il verde). Dall'analisi statistica, tuttavia, tale differenza risulta non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le prime scelte è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano al contrario preferire il verde, anche se in misura ridotta, rispetto al rosso (media = 1,86; dev.st. = 1,46 media = 1,13; dev.st. = 1,12 rispettivamente per il verde e per il rosso). Tale differenza risulta, infatti, dall'analisi statistica non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.29, la scelta per il rosso effettuata con la mano sinistra risulta essere maggiore rispetto a quella effettuata con la mano destra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.).

Lo stesso si verifica per quanto concerne le prime scelte del colore verde, che risultano essere maggiormente effettuate con la mano sinistra rispetto alla destra. Anche in questo caso, dall'analisi statistica questa differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

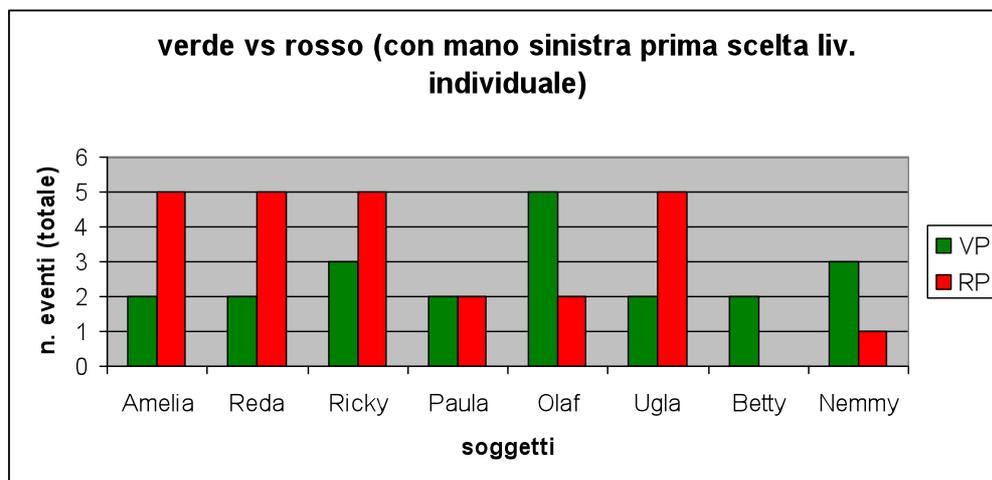


**Figura 4.28: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde edel rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

A livello individuale le preferenze relative alla prima scelta tra rosso e verde, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.30 ed in quello di figura 4.31.

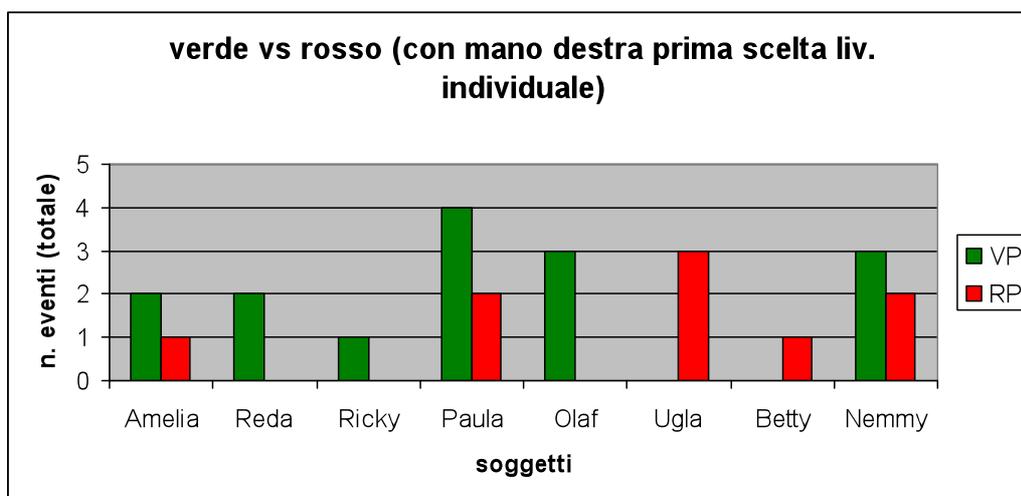
Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda la prima scelta del colore con la mano sinistra, tre soggetti del gruppo, Olaf, Betty e Nemmy sembrano preferire il verde rispetto al rosso (5 eventi per il verde, 2 per il rosso per Olaf; 2 eventi per il verde, 0 per il rosso per Betty; 3 eventi per il verde, 1 per il rosso per Nemmy). Amelia, Reda, Ricky ed Uglia sembrano avere, invece, una preferenza per il rosso (5 eventi per il rosso, 2 per

il verde per Amelia, Reda ed Ugly; 5 eventi per il rosso, 3 per il verde per Ricky). Paula, invece, non manifesta alcuna preferenza tra i due colori.



**Figura 4.30: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.31 si può notare che, per quanto concerne la prima scelta del rosso e del verde con la mano destra sei soggetti del gruppo (Amelia, Reda, Ricky, Paula, Olaf e Nemmy) mostrano una preferenza per il verde (2 eventi per il verde, 1 per il rosso per Amelia; 2 eventi per il verde, 0 per il rosso per Reda; 1 evento per il verde, 0 per il rosso per Ricky; 4 eventi per il verde, 2 per il rosso per Paula; 3 eventi per il verde, 0 per il rosso per Olaf; 3 eventi per il verde, 2 per il rosso per Nemmy). Ugly e Betty sembrano preferire, invece, nettamente il rosso (3 eventi per il rosso, 0 per il verde per Ugly; 1 evento per il rosso, 0 per il verde per Betty).



**Figura 4.31: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano destra.**

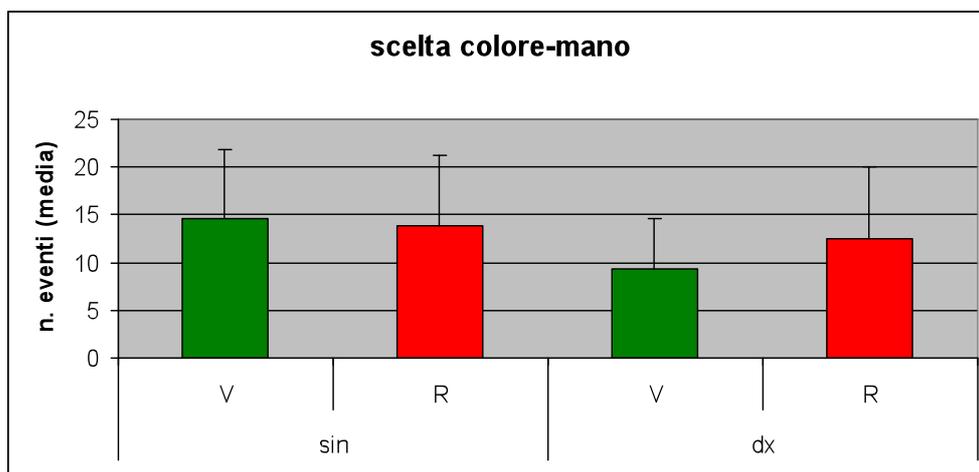
### Confronto tra le scelte complessive del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra

E' stato, infine, verificato quale fosse la preferenza nella scelta del colore rosso e del colore verde durante le prime scelte e tutte quelle successive, sia con la mano sinistra che con la mano destra e sia a livello di gruppo che a livello individuale.

Dal grafico di figura 4.32 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, sembra emergere una leggera preferenza per il verde (media = 14,62; dev.st. = 7,17 per il verde; media = 13,87; dev.st. = 7,4 per il rosso). L'analisi statistica conferma che la differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le scelte complessive è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano invece preferire il rosso rispetto al verde (media = 12,5; dev.st. = 7,46; media = 9,37; dev.st. = 5,18 rispettivamente per il rosso e per il verde). Tale differenza dall'analisi statistica risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -1,973$ ;  $p = 0,0486$ ).

Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.32, le scelte per il rosso effettuate con la mano sinistra risultano essere maggiori rispetto a quelle effettuate con la mano destra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.).

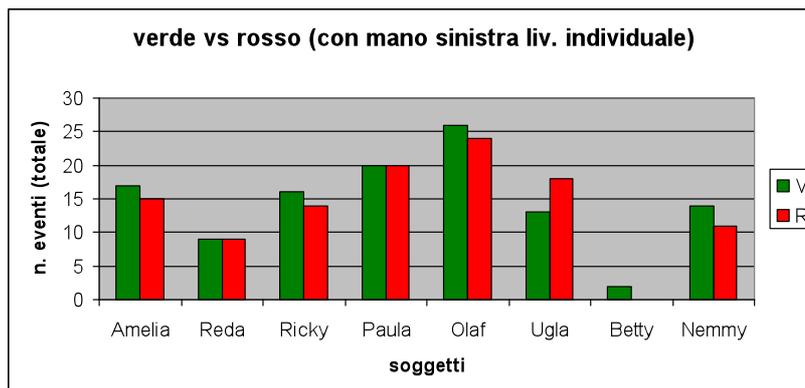
Lo stesso si verifica per il colore verde che viene scelto in misura maggiore con la mano sinistra rispetto alla mano destra, durante le scelte complessive. Tale differenza risulta inoltre, dall'analisi statistica, significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,524$ ;  $p = 0,0116$ ).



**Figura 4.32: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

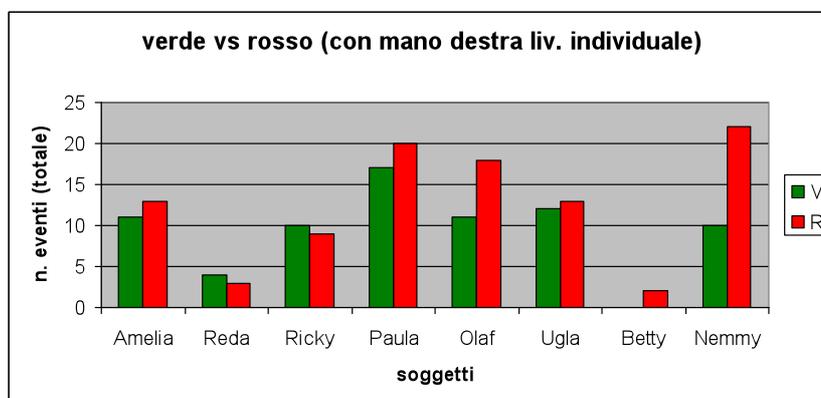
A livello individuale le preferenze relative alle scelte complessive tra rosso e verde, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.33 ed in quello di figura 4.34. Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda le scelte

complessive del colore rosso e del verde con la mano sinistra, cinque soggetti del gruppo, Amelia, Ricky, Olaf, Betty e Nemmy, sembrano preferire il verde rispetto al rosso (17 eventi per il verde, 15 per il rosso per Amelia; 16 eventi per il verde, 14 per il rosso per Ricky; 26 eventi per il verde, 24 per il rosso per Olaf; 2 eventi per il verde, 0 per il rosso per Betty; 14 eventi per il verde, 11 per il rosso per Nemmy). Uгла, invece, sembra preferire il rosso (18 eventi per il rosso, 13 eventi per il verde). Reda e Paula, infine non mostrano una preferenza particolare per uno dei due colori. L'analisi statistica rivela, tuttavia, che tali preferenze non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XI).



**Figura 4.33: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde edel rosso effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.34 si può notare che, per quanto concerne le scelte complessive del rosso e del verde con la mano destra sei soggetti del gruppo (Amelia, Paula, Olaf, Uгла, Betty e Nemmy) mostrano una preferenza per il rosso (13 eventi per il rosso, 11 per il verde per Amelia; 20 eventi per il rosso, 17 per il verde per Paula; 18 eventi per il rosso, 11 per il verde per Olaf; 13 eventi per il rosso, 12 per il verde per Uгла; 2 eventi per il rosso, 0 per il verde per Betty; 22 eventi per il rosso, 10 per il verde per Nemmy). Reda e Ricky preferiscono invece il verde (4 eventi per il verde, 3 per il rosso per Reda; 10 eventi per il verde, 9 eventi per il rosso per Ricky). Tuttavia, l'analisi statistica rivela che tali preferenze non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XII).



**Figura 4.34: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde edel rosso effettuate con la mano destra.**

## 4.5 Scelta per il rosso o per il verde: *Pan troglodytes*

### 4.5.1 Il reparto degli scimpanzè

L'area dedicata agli scimpanzè si trova all'interno del Parco Faunistico in una particolare zona denominata *Sentieri d'Africa* che fino all'anno scorso era parte integrante del Parco Safari. All'interno dei *Sentieri d'Africa* si possono ammirare, oltre agli scimpanzè, grandi erbivori come rinoceronti ed ippopotami, grandi felini come i leoni, i suricati ed altri primati come bertucce e lemuri. Il reparto degli scimpanzè è suddiviso in tre ambienti distinti: un settore interno, un reparto esterno minore ed uno maggiore.

- **Reparto interno:** misura complessivamente 313 m<sup>2</sup> ed è suddiviso a sua volta in tre zone distinte, due a sezione rettangolare ed una circolare più ampia del diametro di 12 m. Durante i mesi invernali viene riscaldato ed ospita gli animali durante la notte o nei periodi più freddi. Il settore rettangolare di maggiori dimensioni presenta al suo interno sei reparti di diverse dimensioni, delimitati da una rete metallica su tutti i lati eccetto uno, delimitato, invece, da un muro di cemento. Tre di questi reparti ospitano 4 individui maschi adulti, tenuti separati dalla colonia principale. Questi spazi sono adiacenti e comunicanti tra loro grazie ad aperture con ghigliottina, aperte o chiuse dai Keeper a seconda delle necessità. Uno di questi comunica mediante un tunnel con il reparto esterno in cui alloggia il gruppo dei maschi durante il giorno. Nelle restanti tre zone, sempre comunicanti tra loro, trovano alloggio tre piccoli di scimpanzè, allevati dai Keeper ed ancora troppo giovani per poter essere inseriti nel gruppo sociale. Uno di questi reparti è visibile dall'esterno grazie ad un'ampia vetrata. Il settore rettangolare minore, invece, comprende un piccolo ambiente a disposizione dei Keeper e tre reparti in serie comunicanti e collegati allo spazio esterno di maggiori dimensioni detto "isola". Il settore di forma circolare ospita la colonia principale, costituita da 10 soggetti di sesso e classi d'età diverse. È delimitato da mura di cemento eccetto che per una porzione in rete metallica che si affaccia sullo spazio a disposizione dei Keeper. È visibile dall'esterno grazie a due vetrate e al suo interno si trovano alcuni arricchimenti come corde, ripiani in legno a diverse altezze e dei "nidi" metallici sopraelevati riempiti in paglia.
- **Reparto esterno minore:** misura 198 m<sup>2</sup> ed ospita il gruppo dei soli maschi. Ha forma rettangolare ed è alto circa 5 metri. Gli arricchimenti presenti al suo interno sono costituiti da una sorgente d'acqua, due tronchi d'albero, una struttura in pietra e cemento e diverse corde appese. Quest'area non è visibile al pubblico.
- **Reparto esterno maggiore** (Fig. 4.35): oggetto di parte dello studio, misura circa 1300 m<sup>2</sup> ed accoglie il gruppo principale. È delimitato da robuste ed alte palizzate in legno e da un fossato largo 8 metri, che costituisce una barriera

naturale per gli scimpanzè. Il terreno ha un'altimetria irregolare ed è ricoperto da un manto erboso e da alcuni arbusti. Presenta, inoltre, due ripari costituiti da capanne in legno e pietra con i lati a ridosso della collinetta interrati. Gli arricchimenti presenti al suo interno sono una sorgente d'acqua, tronchi, corde e due imponenti impalcature a due piani.



**Figura 4.35: reparto esterno maggiore degli scimpanzè.**

#### **4.5.2 I soggetti sperimentali**

La colonia degli scimpanzè ospitata presso il Parco è costituita da 17 individui, ma solo 14 sono stati impiegati nello studio in oggetto.

La colonia stessa può essere suddivisa in tre gruppi sociali:

- il gruppo misto, coinvolto nello studio,
- il gruppo dei soli maschi, anch'esso coinvolto
- ed il gruppo dei piccoli allevati dai Keeper, ed escluso dallo studio.

**Il gruppo misto** è composto da 10 individui, 3 maschi e 7 femmine, appartenenti a classi di età diverse. Questo gruppo può essere a sua volta suddiviso in due sottogruppi: quello degli introdotti e quello degli storici. Il primo sottogruppo è costituito da 5 individui: Mary, adulta sequestrata nel 1992 dal CFS e inserita nel gruppo sociale nel 2003, Jacky, adulto confiscato dal CFS nel 1992 ed inserito nel 2006; Camilla, Davidino e Tommy, tre giovani allevati dai Keeper ed inseriti nel gruppo sociale nel 2004. Il secondo sottogruppo è composto da 5 individui tutti nati e cresciuti a contatto con conspecifici. Il gruppo alloggia di notte nel settore circolare e di giorno nel reparto esterno di maggiori dimensioni, visibile al pubblico.

**Il gruppo dei maschi** è costituita da 4 maschi adulti, tutti sequestrati nel 1992 dal CFS. Alloggiano di notte nel reparto interno e di giorno nello spazio esterno di minori dimensioni.

**Il gruppo dei giovani** è composto da 3 individui allevati dai Keeper ed ancora troppo piccoli per essere inseriti all'interno del gruppo misto. Alloggiano nei reparti interni.

Le caratteristiche generali dei singoli soggetti impiegati nello studio sono riassunte nella tabella IV.

<b>Soggetto</b>	<b>Sesso</b>	<b>Breve descrizione fisica</b>	<b>Gruppo</b>
SAMY	F	Femmina adulta dalla mole robusta. Nata in natura.	Misto
JUDY	F	Femmina adulta dalla corporatura media. Schiena ed arti anteriori con pelo chiaro. Nata in natura.	Misto
LUISA	F	Femmina adulta dalla corporatura snella. Nata in natura.	Misto
JACHY	M	Maschio adulto dalla corporatura snella. Luogo di nascita sconosciuto.	Misto
MARY	F	Femmina adulta dalla mole molto robusta. Sulla testa presenza di pel chiaro. Luogo di nascita sconosciuto.	Misto
TOMMY	M	Maschio subadulto dalla corporatura media e con pelo folto. Nato in cattività.	Misto
CAMILLA	F	Femmina subadulto dalla mole molto robusta. Orecchie sporgenti e pelo poco folto. Nata in cattività.	Misto
DAVIDINO	M	Maschio adolescente dalla corporatura imponente. Pelo folto. Nato in cattività.	Misto
GIORGINA	F	Femmina adolescente dalla corporatura snella. Nata in cattività.	Misto
VALENTINA	F	Piccola femmina con pelo folto nata in cattività.	Misto
JASMINE	M	Maschio adulto dalla corporatura robusta con pelo più chiaro. Sequestrato dal CFS.	Maschi
GULLIT	M	Maschio adulto dalla corporatura media. Sequestrato dal CFS.	Maschi
RAFFI	M	Maschio adulto dalla corporatura robusta. Sequestrato dal CFS.	Maschi
MORENO	M	Maschi adulto dalla corporatura media e pelo folto. Sequestrato dal CFS.	Maschi

**Tabella IV: caratteristiche degli scimpanzè oggetto dello studio. Nella tabella sono riportati i nomi dei soggetti, il sesso ed una breve descrizione fisica.**

#### **4.5.3 Apparati sperimentali**

Al fine di investigare circa la possibile preferenza di un colore rispetto ad un altro ed in modo particolare la preferenza tra il colore rosso ed il verde, per lo studio con gli scimpanzè sono stati utilizzati come apparati, tovaglioli di carta rossi e tovaglioli di

carta verdi (dimensioni 33x33 cm), uguali al quelli impiegati per i cercopitechi grigio-verde e per i nemestrini.

All'interno di ogni tovagliolo è stata posta una ricompensa costituita da cibo particolarmente gradito agli animali, come gelatina per primati, noccioline, semi di girasole e noci. I tovaglioli, una volta riempiti sono stati ripiegati e chiusi ad entrambe le estremità in modo da ottenere dei piccoli sacchetti che non permettevano la visione della ricompensa ai soggetti sperimentali (vedi Fig. 4.3 par. 4.3.3).

#### **4.5.4 Procedura sperimentale**

Lo studio è stato condotto presso il Parco Natura Viva da Marzo 2010 a Settembre 2010, ed è stato suddiviso, come per i cercopitechi e per i nemestrini, in due fasi: una prima fase preliminare ed una successiva di raccolta dati vera e propria.

La fase preliminare della parte di ricerca che ha coinvolto gli scimpanzè ha avuto come scopo principale l'identificazione dei soggetti sperimentali e delle loro rispettive caratteristiche, con l'obiettivo di acquisire la capacità di effettuare il riconoscimento individuale e di abituare i soggetti stessi alla presenza dello sperimentatore. Questa fase si è svolta per circa 2-3 ore al giorno, in particolar modo la mattina durante il periodo primaverile del 2010.

La fase sperimentale vera e propria si è svolta dal mese di Maggio a quello di Settembre del 2010. Durante questo periodo gli scimpanzè coinvolti sono stati sottoposti ad un esperimento che si è svolto in parte nel reparto esterno maggiore durante le prime ore della giornata ed in parte in quello minore, sempre di mattina. Sono state effettuate sessioni sperimentali manipolative nel contesto sociale.

Sono stati quindi somministrati ai due gruppi di soggetti sperimentali (gruppo misto e gruppo dei soli maschi) coppie di stimoli colorati contenenti la ricompensa: coppie formate ognuna da un tovagliolo verde e da uno rosso sono state inserite nel reparto dove gli animali sono soliti sostare durante la giornata. Agli scimpanzè del gruppo misto sono state presentate, in ogni sessione, 20 coppie di tovaglioli colorati con ricompensa (40 pacchetti in totale), che sono state sparse sul terreno del reparto esterno di maggiori dimensioni, mentre ai 4 scimpanzè del gruppo dei maschi ne sono state somministrate 10 (20 pacchetti in totale). I tovaglioli, in questo caso sono stati appesi tramite una cordicella o uno spago alla recinzione metallica che delimita il reparto esterno di minori dimensioni dove i 4 maschi trascorrono la giornata. Gli scimpanzè, sia del gruppo misto che del gruppo dei maschi potevano, quindi, agevolmente accedere agli stimoli colorati, scegliendo di manipolarne uno o più, al fine di ottenere la ricompensa in essi contenuta.

Sono state effettuate 10 sessioni manipolative sperimentali della durata di 15 minuti ciascuna. Le sessioni sono state giornaliere ed effettuate spesso ad una certa distanza

l'una dall'altra per evitare che gli individui si abituassero agli apparati mostrando in tal modo non una scelta, bensì un comportamento appreso.

In ogni sessione sperimentale la posizione reciproca dei tovaglioli di ogni coppia è stata variata, in modo da controllare la variabile "posizione": in 5 sessioni il rosso si presentava alla destra dei soggetti ed il verde alla sinistra, nelle altre 5 sessioni la disposizione appariva invertita.

#### **4.5.5 Raccolta dei dati**

Tutte le sessioni sono state videoregistrate per consentire un'accurata raccolta dei dati ed i filmati sono stati in seguito visionati.

Al fine di comprendere se fra gli scimpanzè coinvolti nello studio vi fosse una preferenza cromatica, ed in particolar modo, una tendenza a scegliere il rosso rispetto al verde, durante le 10 sessioni, si è tenuto conto della prima scelta relativa al colore degli apparati effettuata da ciascun soggetto e di tutte le successive azioni del gruppo dirette verso gli apparati stessi. In particolar modo sono stati annotati:

- il colore dell'apparato scelto ed afferrato per primo da ogni soggetto,
- il colore degli apparati scelti o manipolati successivamente alla prima scelta effettuata da ogni soggetto.

Per poter valutare, invece, l'influenza della preferenza manuale, sia a livello individuale che di gruppo, sulla scelta di oggetti contenenti la stessa ricompensa, ma di colore diverso, come per i cercopitechi e per i nemestrini, anche in questo studio è stata posta l'attenzione sulla mano impiegata dai singoli soggetti sperimentali nell'afferrare gli apparati. In particolare sono stati annotati:

- la mano impiegata dai singoli soggetti per effettuare la prima scelta,
- la mano utilizzata da ogni soggetto per effettuare le scelte o manipolazioni successive degli apparati.

Al fine di osservare le preferenze manifestate dai soggetti nei confronti degli apparati è stato stilato un etogramma delle categorie comportamentali proprie di ogni soggetto osservato, uguale a quello impiegato per i cercopitechi e per i nemestrini durante le sessioni manipolative nel contesto sociale. (Vedi tab. II par. 4.3.5).

Per ciascuna categoria comportamentale è stata registrata la frequenza dei comportamenti manifestati dai singoli soggetti sperimentali, mediante il metodo "*all occurrences*" (Altmann, 1974; Conte e Renzi, 1996).

#### 4.5.6 Analisi statistica

I dati raccolti visionando i filmati sono stati inseriti in fogli di lavoro Excel per poi essere elaborati mediante l'analisi statistica. Il programma utilizzato per l'analisi è StatView 5.0.

Per l'analisi statistica dei dati, raccolti come frequenze, è stato scelto come per i cercopitechi e per i nemestrini un approccio conservativo. Infatti sono stati applicati test non parametrici, scegliendo come livello di significatività  $p < 0,05$  (Siegel e Castellan, 1992).

Il test di *Wilcoxon*, è stato usato per confrontare i dati relativi alla preferenza manifestata dall'intero gruppo nella scelta di uno dei due colori (rosso vs verde) e nell'uso di una mano rispetto all'altra (destra vs sinistra). Inoltre per effettuare una verifica sull'eventuale preferenza a livello individuale per quanto riguarda sia la scelta del colore sia la mano impiegata per effettuare le scelte stesse, è stato utilizzato il *test binomiale* (Siegel e Castellan, 1992). Inoltre, come per i cercopitechi e per i nemestrini, per ogni individuo, in relazione alla mano utilizzata per compiere le diverse scelte, è stato calcolato l'indice di preferenza manuale (*Handedness Index* o HI) (Alonso e colleghi, 1991), e per l'analisi delle differenze nella distribuzione dei valori assoluti dell'HI è stato quindi utilizzato il *One-Sample Sign test*.

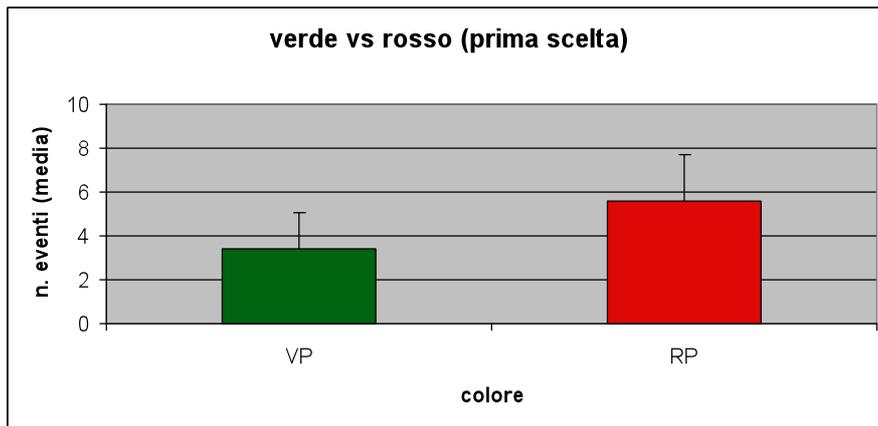
Infine, il *test di Mann-Whitney*, utile per analizzare la stessa categoria comportamentale manifestata però da due gruppi diversi, è stato utilizzato per confrontare i dati relativi sia alla scelta del colore che alla preferenza manuale, considerando i due gruppi di scimpanzè (gruppo misto e gruppo dei maschi) separatamente e non come unica colonia. Tale analisi si è resa necessaria dal momento che individui della stesse specie ma situati in reparti distinti, interagivano con apparati posti in modo diverso: sparsi sul terreno per il gruppo misto, appesi per il gruppo dei maschi.

#### 4.5.7 Risultati

##### **Preferenza del rosso o del verde**

###### *Confronto tra la prima scelta del verde e la prima scelta del rosso*

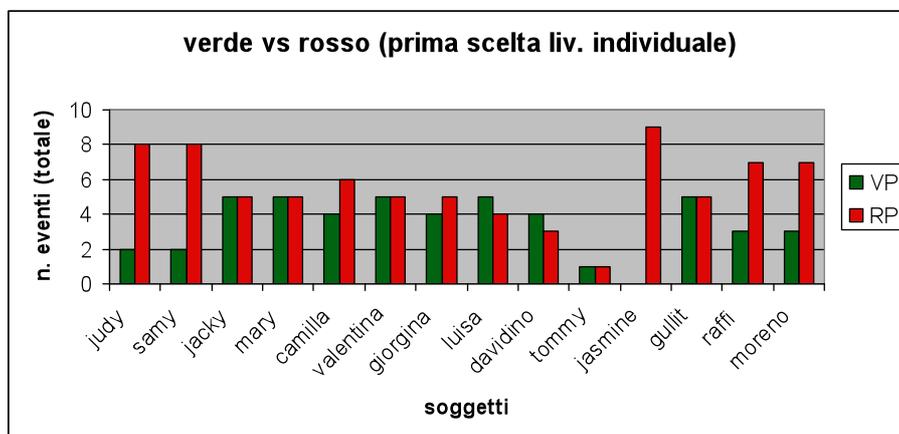
Inizialmente è stata verificata la preferenza tra il verde ed il rosso manifestata dagli scimpanzè sia a livello di gruppo che a livello individuale, tenendo in considerazione solamente le prime scelte compiute dai soggetti sperimentali stessi. Dal grafico di figura 4.36 emerge che a livello di gruppo gli scimpanzè sembrano preferire il rosso (media = 5,57; dev.st. = 2,13) rispetto al verde (media = 3,43; dev.st. = 1,65). Dall'analisi statistica tale differenza risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,203$ ;  $p = 0,0276$ ).



**Figura 4.36: frequenza media degli eventi relativi alla prima scelta del verde e del rosso manifestata dagli individui (le barre indicano la deviazione standard).**

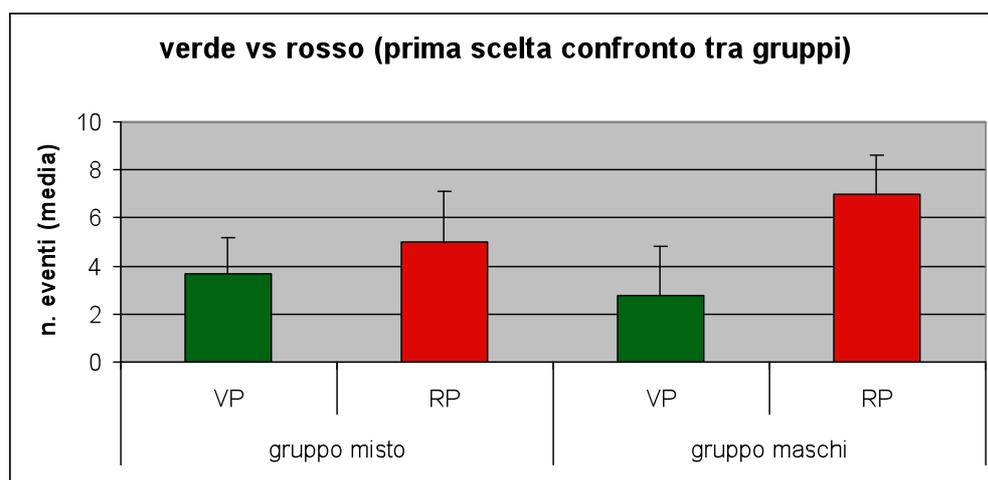
A livello individuale le preferenze manifestate dai singoli soggetti relative alla prima scelta tra verde e rosso sono illustrate nel grafico di figura 4.37.

Analizzando tali dati emerge che il soggetto che maggiormente sembra preferire il rosso rispetto al verde è Jasmine (9 eventi per il rosso, 0 per il verde). Altri sei soggetti della colonia mostrano tale preferenza: Judy e Samy preferiscono il rosso per 8 eventi ed il verde per 2; Camilla sceglie il rosso per 6 eventi ed il verde per 4; Giorgina sceglie il rosso per 5 eventi ed il verde per 4; infine Raffi e Moreno, due soggetti del gruppo dei maschi, preferiscono il rosso entrambi per 7 eventi e il verde per 3 eventi. Solo due soggetti della colonia (Luisa e Davidino, appartenenti al gruppo misto) sembrano preferire il verde al rosso: Luisa sceglie il verde per 5 eventi ed il rosso per 4, mentre Davidino lo sceglie per 4 eventi, optando per il rosso per 3 eventi. Ben cinque individui non mostrano una preferenza particolare per uno dei due colori: Jacky, Mary, Valentina e Gullit scelgono sia il rosso che il verde per 5 eventi, mentre Tommy sceglie entrambi i colori per 1 evento. Tuttavia dall'analisi statistica risulta che la sola preferenza di Jasmine per il rosso è significativa (*Binomial test*:  $z\text{-score} = 2,67$ ;  $p < 0,05$ ; vedi appendice tab. XIII).



**Figura 4.37: frequenza totale della prima scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.**

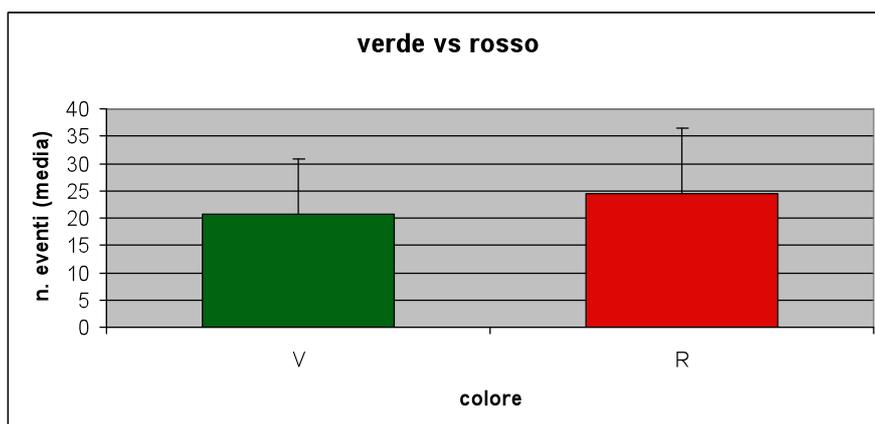
E' stato quindi effettuato un confronto relativo alle prime scelte effettuate dai soggetti considerando separatamente le azioni manifestate dal gruppo misto e quelle mostrate dal gruppo dei maschi. Come si evince dal grafico di figura 4.38, sia il gruppo misto che quello dei maschi sembra preferire maggiormente il rosso rispetto al verde (media = 5,0; dev.st. = 2,10 per il rosso; media = 3,7; dev.st. = 1,49 per il verde nel gruppo misto; media = 7; dev.st. = 1,63 per il rosso; media = 2,75; dev.st. = 2,06 per il verde nel gruppo dei maschi). Tuttavia dall'analisi statistica tale preferenza non risulta significativa (*Wilcoxon test*: N.S.). Il gruppo dei maschi manifesta durante le prime scelte una preferenza per il rosso maggiore rispetto al gruppo misto. Tale differenza, tuttavia non è risultata significativa dall'analisi statistica (*Mann-Whitney test*: N.S.). Il gruppo misto, al contrario sceglie maggiormente il verde rispetto al gruppo dei maschi. Dall'analisi statistica, anche questa preferenza non risulta essere significativa (*Mann-Whitney test*: N.S.).



**Figura 4.38: frequenza media degli eventi relativi alla prima scelta del verde e del rosso manifestata dal gruppo misto e dal gruppo dei maschi (le barre indicano la deviazione standard).**

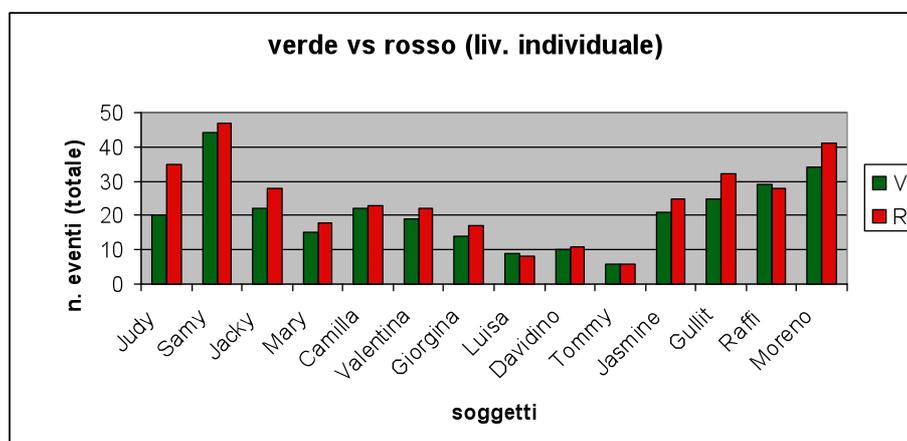
#### *Confronto tra la scelta del verde e del rosso complessivamente*

Si è poi analizzato quale colore tra il rosso e il verde fosse scelto complessivamente in misura maggiore dai soggetti sperimentali, sia a livello di gruppo che a livello individuale. Si è quindi tenuto conto sia delle prime scelte effettuate dagli individui per recuperare la ricompensa contenuta negli apparati, sia di tutte quelle successive. Dal grafico di figura 4.39 si evince che a livello di gruppo gli scimpanzè della colonia, come accaduto per le prime scelte, sembrano preferire il rosso (media = 24,36; dev.st. = 12,0) rispetto al verde (media = 20,71; dev.st. = 10,22). Dall'analisi statistica, emerge inoltre che tale preferenza è significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,849$ ;  $p = 0,0044$ ).



**Figura 4.39: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativa alle scelte complessive (prima scelta e scelte successive) del verde e del rosso (le barre indicano la deviazione standard).**

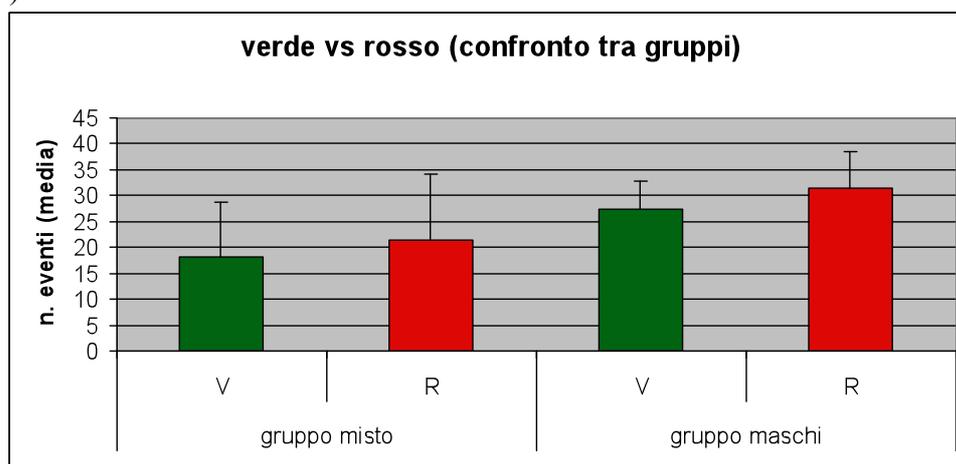
Analizzando a livello individuale le scelte complessive dei soggetti tra apparati verdi e rossi, come si evince dal grafico di figura 4.40, è emerso che ben undici soggetti della colonia mostrano di preferire il rosso al verde. Judy sceglie il rosso per 35 eventi, il verde per 20; Samy lo sceglie per 47 eventi, mentre opta per il verde per 44 eventi; Jacky sceglie il rosso per 28 eventi, il verde per 22; Mary sceglie il rosso per 18 eventi, il verde per 15. Camilla e Davidino mostrano una preferenza esigua per il rosso che viene scelto dalla prima per 23 eventi rispetto al verde scelto per 22 e da Davidino per 11 eventi rispetto al verde scelto per 10. Valentina preferisce il rosso per 22 eventi ed il verde per 19; Giorgina opta per il rosso per 17 eventi e 14 per il verde, mentre Jasmine sceglie il rosso per 25 eventi ed il verde per 21. Infine Gullit sceglie il rosso per 32 eventi ed il verde per 25, mentre Moreno preferisce il rosso per 41 eventi ed il verde per 34. Due soli soggetti sembrano preferire il verde al rosso: Luisa lo sceglie per 9 eventi rispetto al rosso scelto per 8 eventi, mentre Raffi lo sceglie per 29 eventi rispetto al rosso scelto per 28 eventi. Infine, solo Tommy non mostra alcuna preferenza particolare scegliendo sia il rosso che il verde per sei eventi. Tuttavia l'analisi statistica rivela che le preferenze manifestate dai soggetti sperimentali non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XIV).



**Figura 4.40: frequenza totale della scelta del verde e del rosso manifestata dai singoli individui.**

E' stato infine effettuato un confronto relativo alle scelte complessive (prime scelte e scelte successive) effettuate dai soggetti considerando separatamente le azioni manifestate dal gruppo misto e quelle mostrate dal gruppo dei maschi. Come si evince dal grafico di figura 4.41, il gruppo dei maschi sembra interagire con gli apparati maggiormente rispetto al gruppo misto. Entrambi i gruppi manifestano una preferenza per il rosso rispetto al verde (media = 21,5; dev.st. = 12,66 per il rosso; media = 18,1; dev.st. = 10,68 per il verde nel gruppo misto; media = 31,5; dev.st. = 6,95 per il rosso; media = 27,25; dev.st. = 5,56 per il verde nel gruppo dei maschi). L'analisi statistica rivela che la sola preferenza per il rosso manifestata dal gruppo misto risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,459$ ;  $p = 0,0139$ ).

Il gruppo dei maschi manifesta durante le scelte complessive una preferenza per il rosso maggiore rispetto al gruppo misto. Tale differenza, tuttavia non è risultata significativa dall'analisi statistica (*Mann-Whitney test*: N.S.). Il gruppo dei maschi, inoltre, sceglie maggiormente il verde rispetto al gruppo misto. Dall'analisi statistica questa preferenza risulta essere significativa (*Mann-Whitney test*:  $u\text{-prime} = 34,000$ ;  $p = 0,0475$ ).



**Figura 4.41: frequenza media degli eventi relativi alle scelte complessive (prima scelta e scelte complessive) del verde e del rosso manifestata dal gruppo misto e dal gruppo dei maschi (le barre indicano la deviazione standard).**

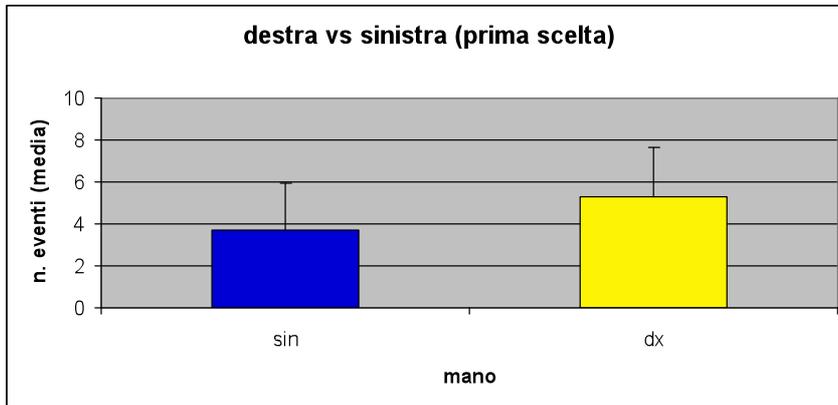
### **Preferenza manuale**

Per ciò che riguarda la preferenza manuale è importante verificare, come per i cercopitechi e per i nemestrini, se anche all'interno della colonia di scimpanzè sia presente un utilizzo preferenziale di una mano rispetto all'altra. È quindi importante osservare se esista una relazione tra la mano più utilizzata ed il colore scelto, in quanto tale dato può essere utile per comprendere meglio se vi sia l'influenza di un'eventuale preferenza manuale nella scelta del colore.

### *Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta*

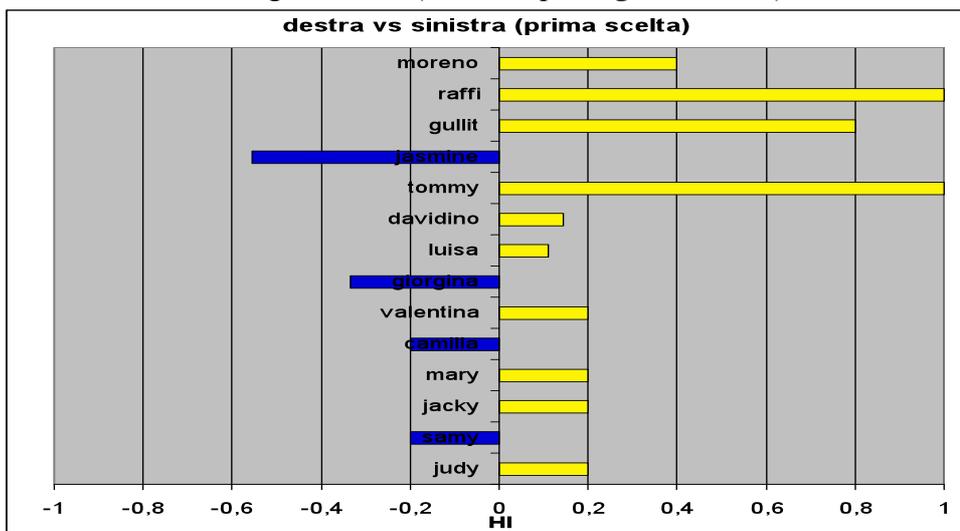
Dopo aver osservato che tutti i soggetti sperimentali utilizzavano una sola mano per effettuare le loro scelte, è stato quindi verificato se esistesse una preferenza nell'utilizzo

della mano destra o della mano sinistra nella presa o manipolazione degli apparati colorati, considerando esclusivamente le prime scelte effettuate dai soggetti. Dal grafico di figura 4.42 si può osservare che a livello di gruppo gli scimpanzè sembrano usare maggiormente la mano destra (media = 5,28; dev.st. = 2,37) rispetto alla sinistra (media = 3,71; dev.st. = 2,70). L'analisi statistica, tuttavia rivela che tale differenza non è significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.42: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante la prima scelta (le barre indicano la deviazione standard).**

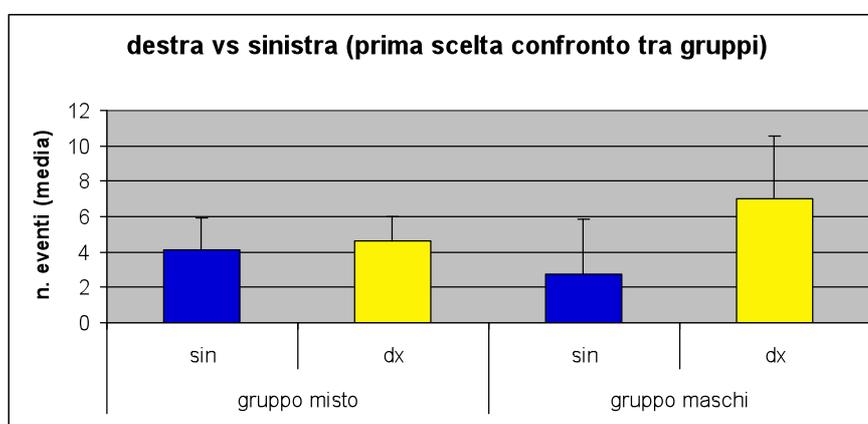
Come mostrato dal grafico di figura 4.43 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche analizzando tale parametro, a livello di gruppo gli scimpanzè coinvolti nello studio (sia quelli appartenenti al gruppo misto che al gruppo dei maschi) sembrano utilizzare maggiormente la mano destra rispetto alla sinistra quando effettuano le prime scelte degli apparati sperimentali colorati. All'interno del gruppo considerato, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 10, mentre 4 individui utilizzano maggiormente la mano sinistra. Tuttavia, dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).



**Figura 4.43: Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno dei 14 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante la prima scelta.**

A livello individuale, quindi, 10 soggetti su 14 dimostrano di preferire la mano destra quando effettuano la prima presa dell'apparato. In particolar modo, Raffi, appartenente al gruppo dei maschi, usa la mano destra per 10 eventi e mai la sinistra, seguito da Gullit (9 eventi per la destra, 1 per la sinistra) e da Moreno (7 eventi per la destra, 3 per la sinistra). Gli altri soggetti che sembrano preferire la mano destra durante le prime scelte sono: Judy, Jacky, Mary e Valentina (6 eventi per la destra, 4 per la sinistra), Luisa (5 eventi per la destra, 4 per la sinistra), Davidino (4 eventi per la destra, 3 per la sinistra) e Tommy (2 eventi per la destra, 0 per la sinistra). Gli altri quattro soggetti della colonia mostrano una preferenza per la mano sinistra: Jasmine la usa per 7 eventi mentre opta per la destra per 2 eventi, seguito da Giorgina (6 eventi per la sinistra, 3 per la destra), Camilla e Samy (6 eventi per la sinistra, 4 per la destra). Dall'analisi statistica solo le preferenze di Raffi e di Gullit per la mano destra risultano significative (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -2,85$ ;  $p < 0,05$  per Raffi;  $z\text{-score} = -2,21$ ;  $p < 0,05$  per Gullit; vedi appendice tab. XV).

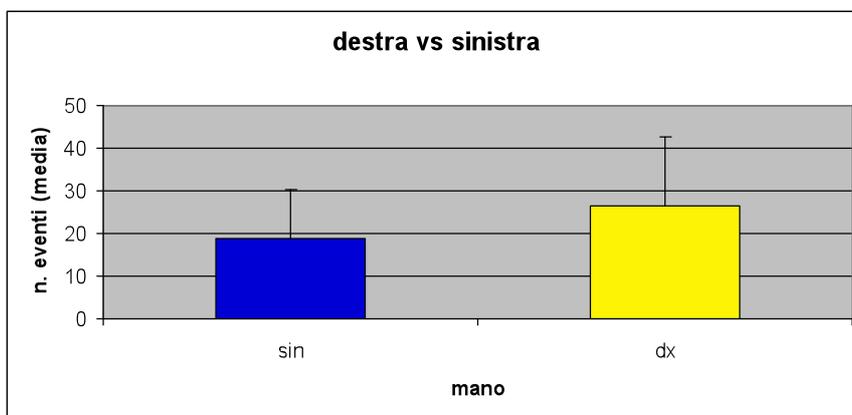
E' stato, quindi, effettuato un confronto tra i dati relativi alla preferenza manuale manifestata dai soggetti appartenenti al gruppo misto durante le prime scelte, e quelli relativi alla preferenza mostrata dagli scimpanzè del gruppo dei maschi. Come si evince dal grafico di figura 4.44, entrambi i gruppi mostrano una preferenza per la mano destra, nell'effettuare le prime scelte, rispetto alla sinistra (media = 4,1; dev.st. = 1,79 per la destra; media = 4,6; dev.st. = 1,43 per la sinistra nel gruppo misto; media = 2,75; dev.st. = 3,09 per la destra; media = 7; dev.st. = 3,56 per la sinistra nel gruppo dei maschi). Tuttavia dall'analisi statistica tali preferenze non risultano significative (*Wilcoxon test*: N.S.). Il gruppo dei maschi manifesta, inoltre, una preferenza maggiore per l'utilizzo della mano destra rispetto a quella mostrata dal gruppo misto. Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Mann-Whitney test*: N.S.). Il gruppo misto, mostra al contrario una preferenza maggiore per la sinistra rispetto al gruppo dei maschi. Anche in questo caso, l'analisi statistica rivela che la differenza riscontrata non è significativa (*Mann-Whitney test*: N.S.).



**Figura 4.44: frequenza media degli eventi relativi alla preferenza manuale manifestata dal gruppo misto e dal gruppo dei maschi durante le prime scelte (le barre indicano la deviazione standard).**

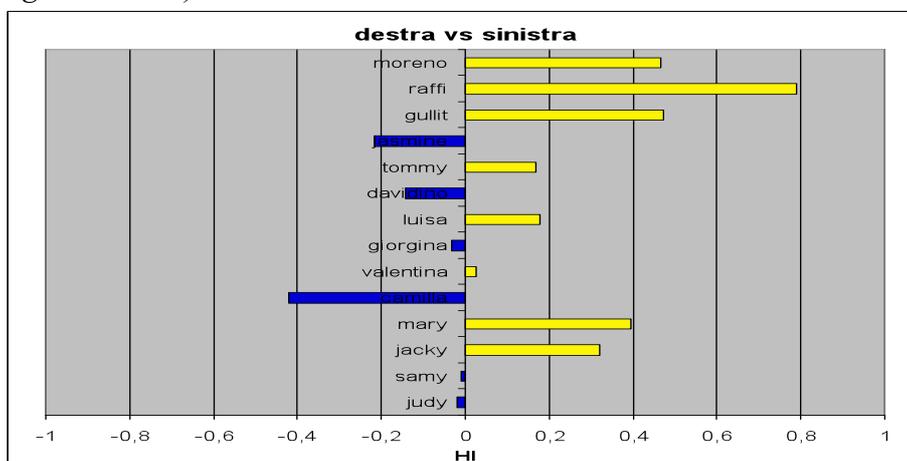
*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta e le scelte successive*

Dopo aver preso in considerazione solo le prime scelte effettuate dagli scimpanzè ed aver osservato, quindi, l'utilizzo di una mano piuttosto che l'altra per effettuare tali scelte, è stato poi osservato quale fosse la preferenza nell'utilizzo della mano destra o della mano sinistra nella manipolazione o presa degli apparati colorati durante tutte le scelte nel complesso (prima scelta e scelte complessive). Dal grafico di figura 4.45, come accaduto durante le prime scelte, a livello di gruppo i soggetti sembrano utilizzare maggiormente la mano destra (media = 26,36; dev. st. = 16,23) rispetto alla sinistra (media = 18,71; dev. st. = 11,53). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.)



**Figura 4.45** frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante le scelte complessive (le barre indicano la deviazione standard).

Come mostrato dal grafico di figura 4.46 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche l'analisi di tale indice conferma che a livello di gruppo gli scimpanzè mostrano una preferenza per la mano destra rispetto alla sinistra nell'effettuare la prima scelta e le scelte successive. All'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 8, mentre 6 individui utilizzano di preferenza la mano sinistra. Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).



**Figura 4.46:** Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno dei 14 individui relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante le scelte complessive.

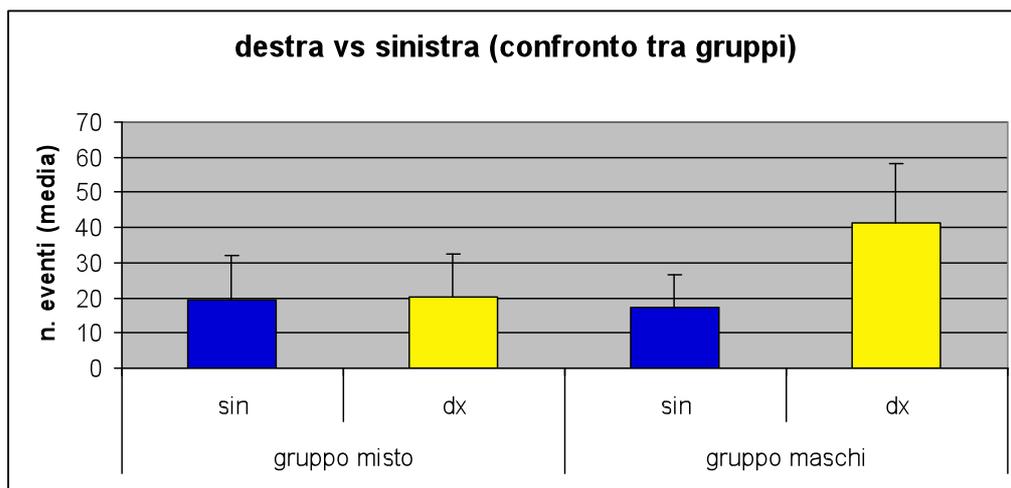
Analizzando i dati a livello individuale, emerge che Raffi e Moreno sembrano essere i soggetti che utilizzano maggiormente la mano destra rispetto alla sinistra (51 eventi per la destra, 6 eventi per la sinistra per Raffi; 55 eventi per la destra, 20 eventi per la sinistra per Moreno). Seguono Gullit (42 eventi per la destra, 15 per la sinistra), Mary (23 eventi per la destra, 10 per la sinistra), Jacky (33 eventi per la destra, 17 per la sinistra), Luisa (10 eventi per la destra, 7 per la sinistra), Tommy (7 eventi per la destra, 5 per la sinistra) e Valentina (21 eventi per la destra, 20 per la sinistra). I soggetti che mostrano, invece, una preferenza per la sinistra sono: Camilla (32 eventi per la sinistra, 13 per la destra), Jasmine (28 eventi per la sinistra, 18 eventi per la destra), Davidino (12 eventi per la sinistra, 9 per la destra), Judy (28 eventi per la sinistra, 27 per la destra); Giorgina (16 eventi per la sinistra, 15 per la destra) e Samy (46 eventi per la sinistra, 45 per la destra). Dall'analisi statistica, risulta che cinque soggetti mostrano una preferenza significativa per la mano destra (Moreno, Gullit, Raffi, Jacky, e Mary), mentre solo Camilla preferisce in modo significativo la sinistra (*Binomial test*:  $z\text{-score} = -3,93$ ;  $p < 0,05$  per Moreno;  $z\text{-score} = -3,44$ ;  $p < 0,05$  per Gullit;  $z\text{-score} = -5,83$ ;  $p < 0,05$  per Raffi;  $z\text{-score} = -2,12$   $p < 0,05$  per Jacky;  $z\text{-score} = -2,09$   $p < 0,05$  per Mary;  $z\text{-score} = 2,68$   $p < 0,05$  per Camilla; vedi appendice tab. XVI).

E' stato quindi effettuato, come per le prime scelte, un confronto tra i dati relativi alla preferenza manuale manifestata dai soggetti appartenenti al gruppo misto durante le scelte complessive (prima scelta e scelte successive), e quelli relativi alla preferenza mostrata dagli scimpanzè del gruppo dei maschi.

Come si evince dal grafico di figura 4.47, entrambi i gruppi mostrano una preferenza per la mano destra, nell'effettuare le scelte complessive, rispetto alla sinistra (media = 20,30; dev.st. = 12,09 per la destra; media = 19,03; dev.st. = 12,75 per la sinistra nel gruppo misto; media = 41,5; dev.st. = 16,58 per la destra; media = 17,25; dev.st. = 9,21 per la sinistra nel gruppo dei maschi). Tuttavia dall'analisi statistica tali preferenze non risultano significative (*Wilcoxon test*: N.S.).

Il gruppo dei maschi manifesta, inoltre, una preferenza maggiore per l'utilizzo della mano destra rispetto a quella mostrata dal gruppo misto. Dall'analisi statistica tale differenza risulta essere significativa (*Mann-Whitney test*:  $u\text{-prime} = 34,000$ ;  $p = 0,0477$ ).

Il gruppo misto, mostra invece una preferenza maggiore per la sinistra rispetto al gruppo dei maschi. Tuttavia, in questo caso, l'analisi statistica rivela che la differenza riscontrata non è significativa (*Mann-Whitney test*: N.S.).



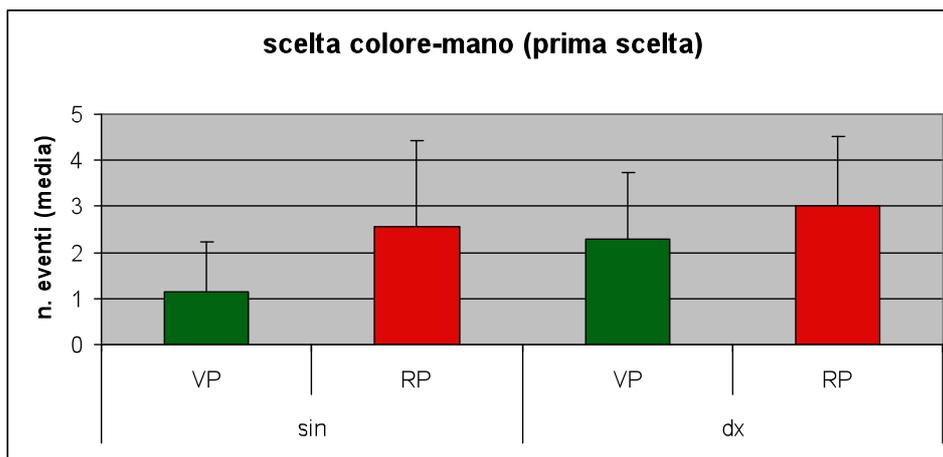
**Figura 4.47: frequenza media degli eventi relativi alla preferenza manuale manifestata dal gruppo misto e dal gruppo dei maschi durante le scelte complessive (le barre indicano la deviazione standard).**

### Scelta del rosso o del verde in relazione alla preferenza manuale

*Confronto tra la scelta del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra durante le prime scelte*

E' stato quindi osservato quale fosse la preferenza tra la scelta del colore rosso e del colore verde manifestata dagli scimpanzè durante le prime scelte effettuate sia con la mano sinistra che con la mano destra. Dal grafico di figura 4.48 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, gli scimpanzè manifestano una preferenza per il rosso rispetto al verde (media = 2,57; dev.st. = 1,86 per il rosso; media = 1,14; dev.st. = 1,09 per il verde). Dall'analisi statistica tale differenza risulta significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,325$ ;  $p = 0,0201$ ). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le prime scelte è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano preferire, come nel caso precedente, il rosso rispetto al verde (media = 3,0; dev.st. = 1,52 media = 2,28; dev.st. = 1,43 rispettivamente per il rosso e per il verde). Tale differenza risulta, tuttavia, dall'analisi statistica non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

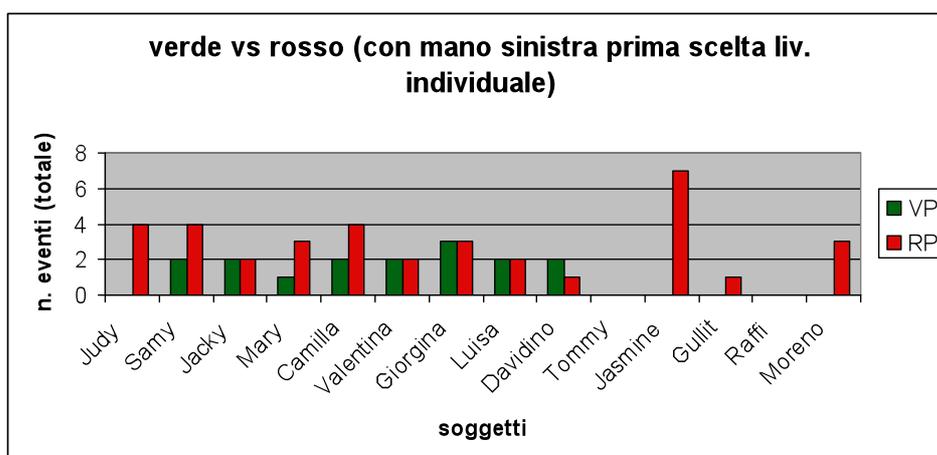
Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.48, la scelta per il rosso effettuata con la mano destra risulta essere maggiore rispetto a quella effettuata con la mano sinistra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.). Lo stesso si verifica per quanto concerne le prime scelte del colore verde, che risultano essere maggiormente effettuate con la mano destra rispetto alla sinistra. Anche in questo caso, dall'analisi statistica questa differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.48: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

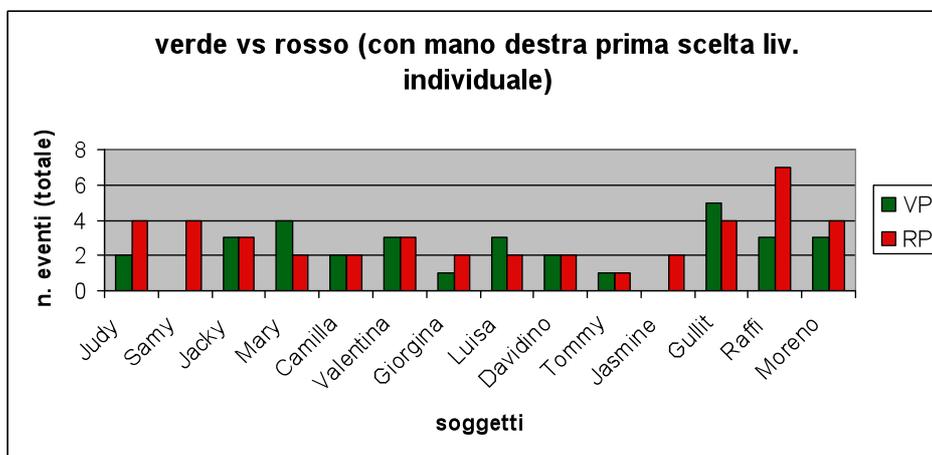
A livello individuale le preferenze relative alla prima scelta tra rosso e verde, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.49 ed in quello di figura 4.50.

Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda la prima scelta del colore con la mano sinistra, sette soggetti su 14 mostrano una preferenza per il rosso: Jasmine (7 eventi per il rosso, 0 per il verde), Judy (4 eventi per il rosso, 0 per il verde), Samy (4 eventi per il rosso, 2 per il verde), Mary (3 eventi per il rosso, 1 per il verde), Camilla (4 eventi per il rosso, 2 per il verde), Gullit (1 evento per il rosso, 0 per il verde) e Moreno (3 eventi per il rosso, 0 per il verde). Un solo soggetto, Davidino, mostra una preferenza per il verde: lo sceglie per 2 eventi rispetto al rosso scelto per 1 evento. Quattro soggetti non mostrano una preferenza particolare per uno dei due colori: Jachy, Valentina, Giorgina e Luisa. Infine, due soggetti, Tommy e Raffi non hanno effettuato alcuna scelta.



**Figura 4.49: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.50 si può notare che, per quanto concerne la prima scelta del rosso e del verde con la mano destra sei soggetti del gruppo mostrano una preferenza per il verde. In particolar modo, Raffi risulta essere il soggetto che maggiormente sceglie il rosso usando la mano destra (7 eventi per il rosso, 3 per il verde) seguito da Samy (4 eventi per il rosso, 0 per il verde), Judy (4 eventi per il rosso, 2 per il verde) Moreno (4 eventi per il rosso, 3 per il verde), Jasmine (2 eventi per il rosso, 0 per il verde) e Giorgina (2 eventi per il rosso, 1 evento per il verde). Tre soggetti mostrano una preferenza per il verde: Gullit lo sceglie per 5 eventi, mentre opta per il rosso per 4 eventi; Mary sceglie il verde per 4 eventi ed il rosso per 2 ed infine Luisa lo sceglie per 3 eventi ed il rosso per 2. Cinque soggetti non mostrano particolari preferenze quando effettuano la prima scelta con la mano destra: Jacky, Camilla, Valentina, Davidino e Tommy, infatti, scelgono il rosso ed il verde in egual misura.



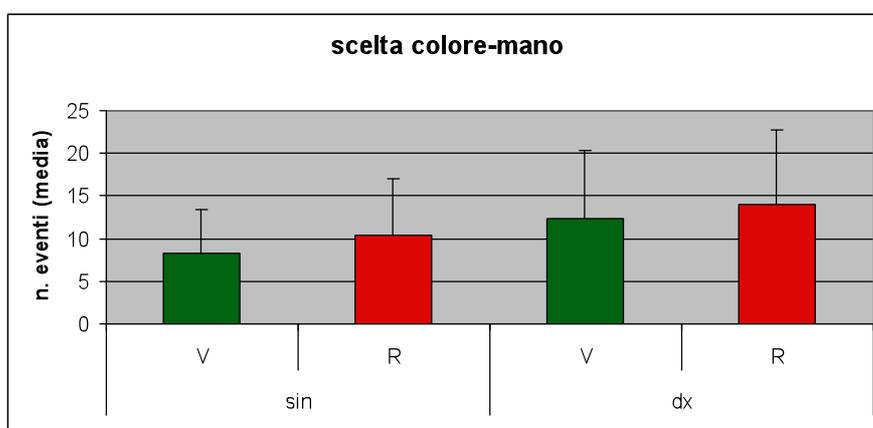
**Figura 4.50: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano destra.**

*Confronto tra le scelte complessive del rosso e del verde con la mano sinistra e la mano destra*

E' stato, infine, verificato quale fosse la preferenza manifestata dagli scimpanzè, nella scelta del colore rosso e del colore verde durante le prime scelte e tutte quelle successive, sia con la mano sinistra che con la mano destra e sia a livello di gruppo che a livello individuale.

Dal grafico di figura 4.51 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, sembra emergere una preferenza per il rosso (media = 10,36; dev.st. = 6,73 per il rosso; media = 8,35; dev.st. = 5,02 per il verde). L'analisi statistica conferma che tale differenza risulta essere significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,328$ ;  $p = 0,0199$ ). Analizzando la scelta tra rosso e verde con la mano destra durante le scelte complessive è emerso che a livello di gruppo gli scimpanzè sembrano preferire ancora il rosso rispetto al verde (media = 14,00; dev.st. = 8,71; media = 12,36; dev.st. = 7,91 rispettivamente per il rosso e per il verde). Tuttavia, tale differenza dall'analisi statistica non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

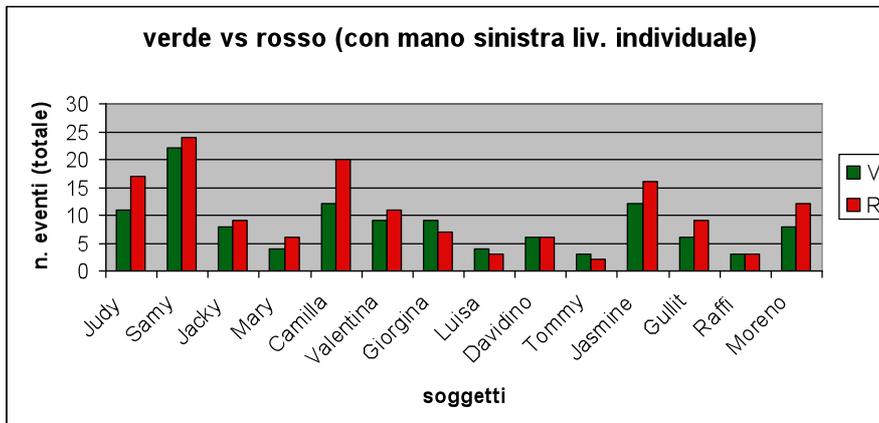
Si è poi andati a vedere quale fosse la mano preferita tra sinistra e destra per la scelta del colore verde e del colore rosso. Come emerge dal grafico di figura 4.51, le scelte per il rosso effettuate con la mano destra risultano essere maggiori rispetto a quelle effettuate con la mano sinistra. Tale differenza, tuttavia, non risulta essere significativa dall'analisi statistica (*Wilcoxon test*: N.S.). Lo stesso si verifica per gli apparati di colore verde che vengono scelti in misura maggiore con la mano destra rispetto alla mano sinistra, durante le scelte complessive (prime scelte e scelte successive). Come per la scelta del rosso, anche in questo caso, l'analisi statistica rivela che tale differenza non è significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.51: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

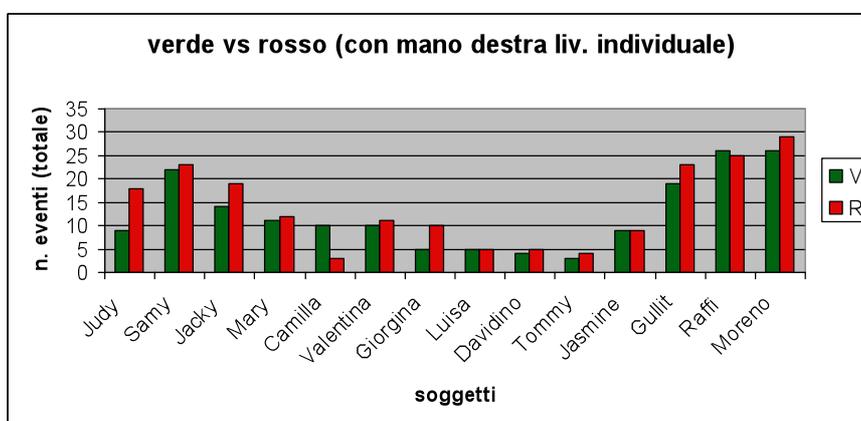
Le preferenze relative alle scelte complessive tra rosso e verde a livello individuale, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.52 ed in quello di figura 4.53. Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda le scelte complessive del colore rosso e del verde con la mano sinistra, ben nove soggetti della colonia mostrano una preferenza per il rosso. Samy e Camilla sono i soggetti che lo scelgono per un maggior numero di eventi (24 eventi per il rosso, 22 per il verde per Samy; 20 eventi per il rosso, 12 eventi per il verde per Camilla) Seguono: Judy (17 eventi per il rosso, 11 per il verde), Jasmine (16 eventi per il rosso, 12 per il verde), Moreno (12 eventi per il rosso, 8 per il verde), Valentina (11 eventi per il rosso, 9 per il verde) Gullit (9 eventi per il rosso, 6 per il verde), Jacky (9 eventi per il rosso 8 per il verde) e Mary (6 eventi per il rosso, 4 per il verde). Tre soggetti (Giorgina, Luisa e Tommy mostrano una preferenza per il verde: Giorgina lo sceglie per 9 eventi ed il rosso per 7; Luisa per 4 eventi ed il rosso per 3, mentre Tommy lo sceglie per 3 eventi ed il rosso per 2. Due soggetti, infine, non mostrano una particolare preferenza. Davidino e Raffi, infatti, scelgono rosso e verde in egual misura. L'analisi statistica

rivela, tuttavia, che tali preferenze non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XVII).



**Figura 4.52:** frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle scelte complessive (prime scelte e successive) del verde e del rosso effettuate con la mano sinistra.

Nel grafico di figura 4.53 si può notare che, per quanto concerne le scelte complessive del rosso e del verde con la mano destra, ben dieci soggetti della colonia mostrano una preferenza per il rosso. Moreno, Gullit e Samy sono i soggetti che lo scelgono per un maggior numero di eventi (29 eventi per il rosso, 26 eventi per il verde per Moreno; 23 eventi per il rosso, 19 eventi per il verde per Gullit; 23 eventi per il rosso, 22 per il verde per Samy). Seguono: Jacky (19 eventi per il rosso, 14 per il verde); Judy (18 eventi per il rosso, 9 per il verde); Mary (12 eventi per il rosso, 11 per il verde); Valentina (11 eventi per il rosso, 10 per il verde); Giorgina (10 eventi per il rosso, 5 per il verde); Davidino (5 eventi per il rosso, 4 per il verde) e Tommy (4 eventi per il rosso, 3 per il verde). Due soggetti mostrano una preferenza per il verde: Camilla lo sceglie per 10 eventi ed il rosso per 3, mentre Raffi lo sceglie per 26 eventi ed il rosso per 25. Luisa e Jasmine, infine, non mostrano una preferenza per uno dei due colori, scegliendoli in egual misura. Tuttavia, l'analisi statistica rivela che tali preferenze non sono significative (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XVIII).



**Figura 4.53:** frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde e del rosso effettuate con la mano destra.

## **4.6 Scelta per il rosso o per il verde nel contesto individuale: *Macaca nemestrina***

Dopo aver analizzato sia la preferenza per il rosso o per il verde che un'eventuale preferenza manuale nelle tre specie in oggetto, è stato compiuto un ulteriore esperimento, volto ad investigare ulteriormente circa la scelta di oggetti di colore diverso, ma contenenti la stessa ricompensa in cibo. Tale esperimento, diversamente dai precedenti, è stato effettuato non in un contesto sociale, bensì durante il *Training* di isolamento, procedura attraverso la quale gli animali si abituano a rimanere isolati in un'area a loro familiare dove sono soliti sostare con il resto del gruppo. In questo modo, si è voluto analizzare la preferenza del colore escludendo l'influenza del contesto sociale nella scelta degli apparati colorati (Sussman e Garber, 2007), introducendo, inoltre, un nuovo stimolo (apparato di colore bianco), oltre ai tovaglioli verdi e rossi usati in precedenza. L'introduzione dello stimolo bianco è stata effettuata per verificare se i soggetti sceglissero o per contrasto o per colore (Morgan e colleghi, 1992). L'esperimento ha coinvolto solo il gruppo dei nemestrini, essendo maggiormente abituati al *Training* di isolamento, rispetto ai cercopitechi ed agli scimpanzè.

### **4.6.1 Il reparto dei macachi nemestrini**

La colonia di *Macaca nemestrina nemestrina*, presa in considerazione nell'esperimento, è ospitata nel reparto del Parco Faunistico descritto al paragrafo 4.4.1. L'esperimento si è svolto totalmente nel ricovero interno, ed in particolar modo nella parte di esso delimitata da grate e da un sistema di ghigliottine atte a creare un piccolo reparto di servizio, utilizzato per isolare i soggetti durante la procedura del *Training* di isolamento.

### **4.6.2 I soggetti sperimentali**

In questo esperimento sono stati coinvolti 7 degli 8 individui che costituiscono il gruppo di macachi descritti nel paragrafo 4.4.2. I sette individui sono: Amelia, Ricky, Uгла, Reda, Olaf, Paula e la giovane Nemmy. Betty è stato l'unico soggetto ad essere escluso dall'esperimento in quanto non abituata alla procedura di *Training*.

### **4.6.3 Apparati sperimentali**

Al fine di investigare circa la possibile preferenza di un colore rispetto ad un altro ed in modo particolare la preferenza tra il colore rosso, il verde, ed uno stimolo neutro (il bianco), in questo esperimento con i nemestrini sono stati utilizzati come apparati, tovaglioli di carta rossi, tovaglioli di carta verdi (dimensioni 33x33 cm), uguali ai quelli impiegati in precedenza, ed anche tovaglioli di carta bianchi.

All'interno di ogni tovagliolo è stata posta una ricompensa costituita da cibo particolarmente gradito agli animali, come gelatina per primati, noccioline, semi di girasole e noci. I tovaglioli, una volta riempiti sono stati ripiegati e chiusi ad entrambe le estremità in modo da ottenere dei piccoli sacchetti che non permettevano la visione della ricompensa ai soggetti sperimentali (vedi Fig. 4.3 par. 4.3.3).

#### **4.6.4 Procedura sperimentale**

Lo studio è stato condotto presso il Parco Natura Viva nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo 2009.

Durante questo periodo i nemestrini coinvolti sono stati sottoposti ad un esperimento che si è svolto totalmente nel reparto interno durante il *Training* di isolamento e nel quale sono state effettuate sessioni sperimentali manipolative in un contesto individuale.

Ai singoli soggetti, quindi, isolati nel reparto di servizio sono stati somministrati contemporaneamente tre stimoli di diverso colore contenenti un'uguale ricompensa in cibo: un tovagliolo rosso uno verde ed uno bianco. Con l'utilizzo di quest'ultimo è stato, quindi, introdotto uno stimolo neutro. I tre oggetti sono stati posti su una piattaforma esternamente al reparto interno ma raggiungibili dai singoli individui che potevano in tal modo afferrarne uno alla volta per ottenere la ricompensa. Per ogni soggetto la posizione dei tovaglioli sulla piattaforma è stata cambiata in ogni sessione sperimentale in modo da ottenere tutte le combinazioni possibili. Le sessioni sono state giornaliere e sono state effettuate a giorni alterni. In totale sono state svolte 18 sessioni al fine di ottenere tutte le combinazioni possibili per tre volte.

Tutte le sessioni sono state videoregistrate ed è stata focalizzata l'attenzione sulla prima scelta effettuata dai singoli soggetti ed in modo particolare su: colore dell'oggetto scelto per primo e mano utilizzata dall'individuo per compiere la prima scelta.

#### **4.4.5 Raccolta dei dati**

Tutte le sessioni sono state videoregistrate per consentire un'accurata raccolta dei dati ed i filmati sono stati in seguito visionati.

Al fine di comprendere se fra i macachi nemestrini coinvolti nello studio vi fosse una preferenza per un colore, ed in particolar modo, una tendenza a scegliere un oggetto colorato oppure bianco o una preferenza tra oggetti di colore rosso e verde, e per verificare, inoltre, se in assenza di pressioni date dallo stare in gruppo e quindi, anche dal rango sociale, i macachi mostrassero una reale preferenza per un colore rispetto ad un altro, durante le sessioni manipolative in condizione di isolamento, l'attenzione è stata focalizzata principalmente sul colore dell'oggetto scelto per primo da ogni soggetto.

Inoltre per poter valutare anche l'eventuale presenza di una preferenza manuale è stata anche testata la mano utilizzata dai singoli soggetti per effettuare la prima scelta. In particolare, quindi, sono stati annotati:

- il colore dell'apparato scelto per primo da ogni soggetto,
- la mano utilizzata da ogni soggetto per effettuare la prima scelta.

Al fine di osservare le preferenze manifestate dai soggetti nei confronti degli apparati è stato stilato un etogramma delle categorie comportamentali proprie di ogni soggetto osservato (Tab V).

<b>Classe</b>	<b>Categoria comportamentale</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrizione operativa</b>
Colore	Rosso 1° scelta	RP	Prima scelta dell'oggetto rosso in alternativa al verde e al bianco.
	Verde 1° scelta	VP	Prima scelta dell'oggetto verde in alternativa al rosso e al bianco.
	Bianco 1° scelta	BP	Prima scelta dell'oggetto bianco in alternativa al rosso e al verde.
Preferenza manuale	Destra Sinistra	dx sin	Prima presa dell'apparato con la mano destra. Prima presa dell'apparato con la mano sinistra.

**Tabella V: etogramma di categorie comportamentali utilizzato nelle sessioni nel contesto individuale; sono indicate la classi di appartenenza delle categorie, le sigle e la definizione operativa.**

#### 4.6.6 Analisi statistica

I dati raccolti visionando i filmati sono stati inseriti in fogli di lavoro Excel per poi essere elaborati mediante l'analisi statistica. Il programma utilizzato per l'analisi è StatView 5.0.

Per l'analisi statistica dei dati, raccolti come frequenze, è stato scelto come in precedenza un approccio conservativo. Infatti sono stati applicati test non parametrici, scegliendo come livello di significatività  $p < 0,05$  (Siegel e Castellan, 1992).

Il test di *Wilcoxon*, è stato usato per confrontare i dati relativi alla preferenza manifestata dall'intero gruppo nella scelta di uno dei due colori (rosso vs verde) e nell'uso di una mano rispetto all'altra (destra vs sinistra). Inoltre per effettuare una verifica sull'eventuale preferenza a livello individuale per quanto riguarda sia la scelta del colore sia la mano impiegata per effettuare le scelte stesse, è stato utilizzato il *test binomiale* (Siegel e Castellan, 1992). Inoltre, come in precedenza, per ogni individuo, in

relazione alla mano utilizzata per compiere le diverse scelte, è stato calcolato l'indice di preferenza manuale (*Handedness Index* o HI) (Alonso e colleghi, 1991), e per l'analisi delle differenze nella distribuzione dei valori assoluti dell'HI è stato quindi utilizzato il *One-Sample Sign test*.

Infine, il *test di Friedman*, utile per confrontare tre o più categorie comportamentali in uno stesso gruppo di soggetti, è stato utilizzato per vedere se esistono differenze tra gli individui per quanto concerne la prima scelta tra i tre diversi colori (verde, rosso bianco).

#### 4.6.7 Risultati

##### Preferenza del rosso o del verde nel contesto individuale

*Confronto tra la prima scelta del verde, la prima scelta del rosso e la prima scelta del bianco*

Inizialmente è stata verificata la preferenza tra il verde, il rosso ed il bianco (stimolo neutro) manifestata dai soggetti sperimentali sia a livello di gruppo che a livello individuale durante le sessioni sperimentali nel contesto individuale (durante il *training* di isolamento), tenendo in considerazione solamente le prime scelte compiute dai soggetti stessi. Da un primo confronto tra le scelte degli oggetti bianchi e quelle degli oggetti colorati (verdi e rossi), è emerso che i nemestrini manifestano una preferenza significativa per gli oggetti colorati rispetto a quelli bianchi (*Wilcoxon test*:  $z = -2,371$ ;  $p = 0,017$ ). Analizzando la preferenza tra i tre colori, dal grafico di figura 4.54 emerge che a livello di gruppo i nemestrini sembrano preferire il rosso (media = 6,28; dev.st. = 1,8) rispetto al bianco (media = 6; dev.st. = 2,0) e al verde (media = 5,14; dev.st = 2,11). Tuttavia dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*Friedman test*: N.S.). Analizzando esclusivamente la preferenza tra verde e rosso, utilizzando il test di *Wilcoxon* come *post hoc*, a livello di gruppo non emerge una differenza significativa nella prima scelta dei due colori (*Wilcoxon test*: N.S.).

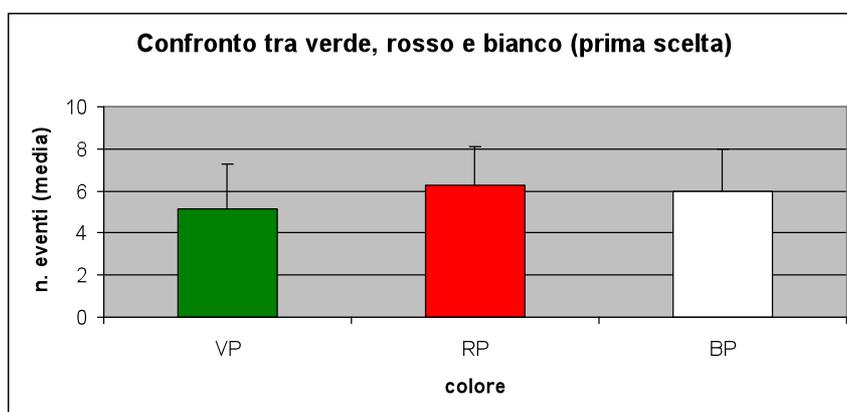


Figura 4.54: frequenza media degli eventi relativi alla prima scelta del verde, del rosso e del bianco manifestata dagli individui (le barre indicano la deviazione standard).

A livello individuale le preferenze manifestate dai singoli soggetti relative alla prima scelta tra verde, rosso e bianco sono illustrate nel grafico di figura 4.55.

Analizzando tali dati emerge che solo due soggetti (Ricky ed Olaf) su sette manifestano una preferenza per il rosso rispetto agli altri due colori. Ricky sceglie il rosso per 9 eventi, il bianco per 5 ed il verde per 4, mentre Olaf sceglie il rosso per 8 eventi, il bianco per 3 ed il verde per 7. Ben quattro soggetti (Amelia, Reda, Uгла e Nemmy) mostrano una preferenza per lo stimolo neutro, il bianco. Amelia sceglie il bianco per 7 eventi, il verde ed il rosso per 4; Reda lo sceglie per 8 eventi mentre opta per il verde per 4 eventi e per il rosso per 5; Uгла sceglie il bianco per 7 eventi, il verde per 5 ed il rosso per 6, mentre Nemmy sceglie il bianco per 8 eventi, il verde per 3 ed il rosso per 7. Paula è l'unico soggetto del gruppo a mostrare una preferenza per il verde. Lo sceglie infatti per 9 eventi, mentre opta per il rosso per 5 eventi e per il bianco per 4. Tuttavia, analizzando solo la differenza relativa alle prime scelte tra verde e rosso a livello individuale, dall'analisi statistica non emerge una preferenza significativa per uno dei due colori (*Binomial test*: N.S.; vedi appendice tab. XIX).

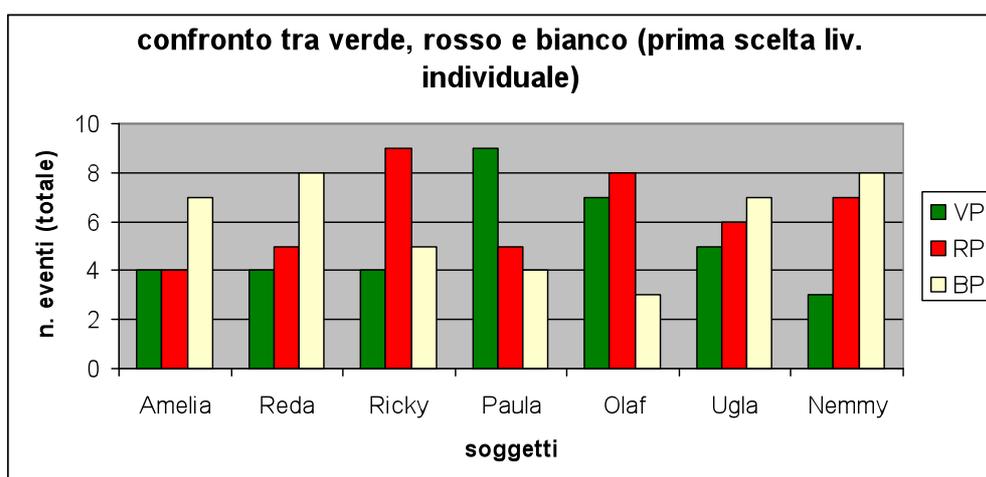


Figura 4.55: frequenza totale della prima scelta del verde, del rosso e del bianco manifestata dai singoli individui.

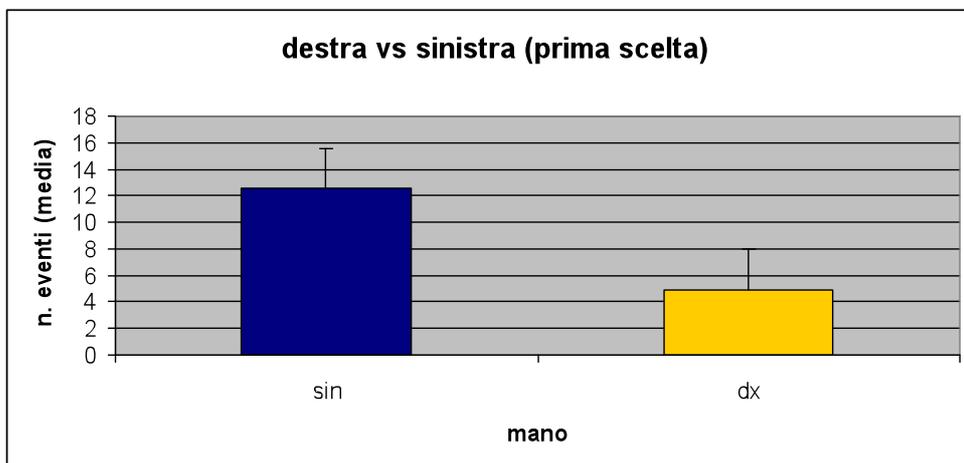
### Preferenza manuale nel contesto individuale

Per ciò che riguarda la preferenza manuale è importante investigare, anche in un contesto di isolamento, circa la relazione tra la mano più utilizzata ed il colore scelto, in quanto tale dato può essere utile per comprendere meglio se vi sia l'influenza di un'eventuale preferenza manuale e quindi di un comportamento lateralizzato, nella scelta del colore.

*Confronto tra mano destra e mano sinistra nella presa e/o manipolazione degli apparati durante la prima scelta*

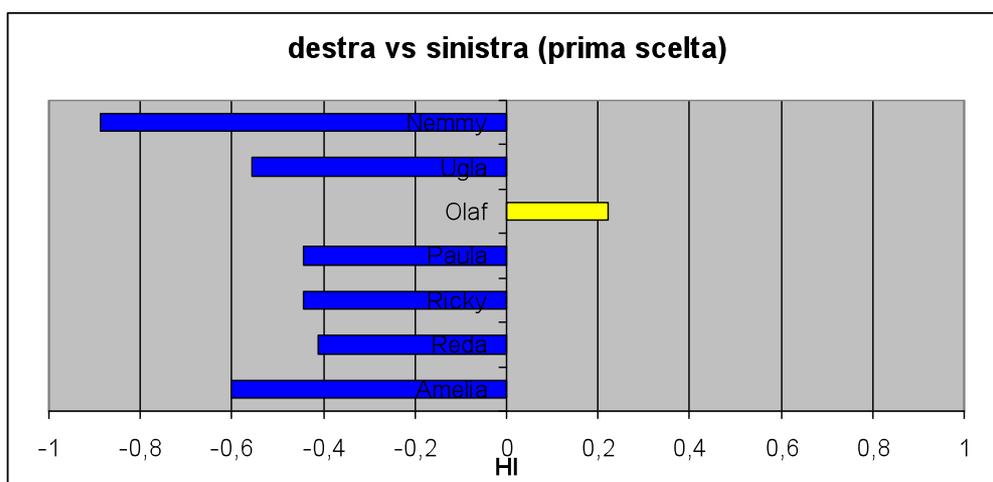
E' stato quindi verificato se esistesse, sia a livello di gruppo che individuale, una preferenza nell'utilizzo della mano destra piuttosto che della mano sinistra nella presa o

manipolazione dell'apparato, considerando esclusivamente le prime scelte effettuate dai soggetti nel contesto di isolamento. Dal grafico di figura 4.56 si può osservare che a livello di gruppo i nemestrini sembrano usare maggiormente la mano sinistra (media = 12,57; dev.st. = 2,99) rispetto alla destra (media = 4,85; dev.st. = 3,07). L'analisi statistica rivela, inoltre, che tale differenza è significativa (*Wilcoxon test*:  $z = -2,201$ ;  $p = 0,0277$ ).



**Figura 4.56:** frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alla presa e/o manipolazione dell'apparato con la mano sinistra e con la mano destra durante la prima scelta (le barre indicano la deviazione standard).

Come mostrato dal grafico di figura 4.57 relativo alla distribuzione dell'Handedness Index (HI), anche analizzando tale parametro, a livello di gruppo i nemestrini utilizzano maggiormente la mano sinistra rispetto alla destra durante la prima scelta. All'interno del gruppo, infatti, i soggetti che manifestano questa preferenza sono 6, mentre un solo individuo utilizza maggiormente la mano destra. Tuttavia, dall'analisi statistica tale differenza non risulta essere significativa (*One-Sample Sign test*: N.S.).



**Figura 4.57:** Handedness Index (HI) a livello di popolazione per ognuno dei 7 individui, relativo all'uso della mano destra o della mano sinistra durante la prima scelta.

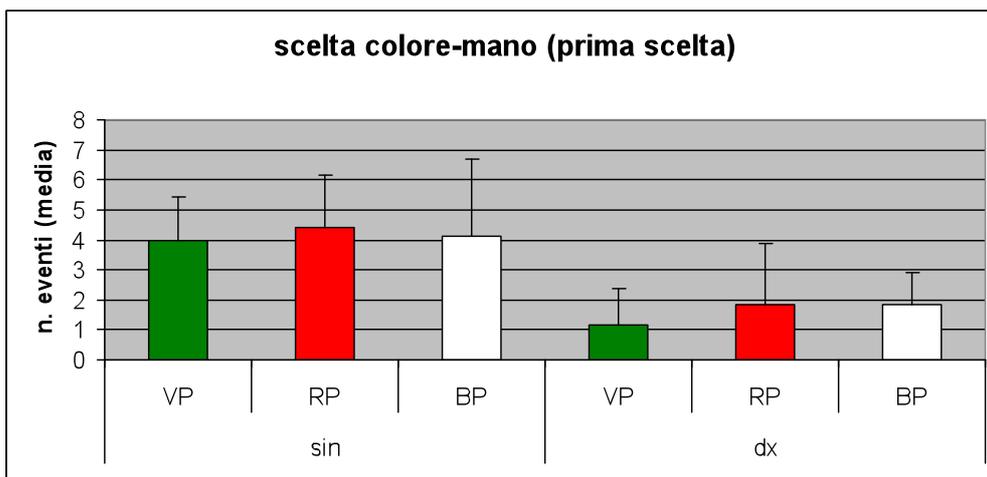
A livello individuale, quindi, 6 soggetti su 7 dimostrano di preferire la mano sinistra durante la prima presa dell'apparato. Nemmy, in particolar modo, usa la mano sinistra in 17 eventi e la destra in uno solo, seguita da Uglia (15 eventi per la sinistra, 4 per la destra), Amelia (12 eventi per la sinistra, 3 per la destra), Paula e Ricky (13 eventi per la sinistra, 5 per la destra per entrambi i soggetti) e Reda (12 eventi per la sinistra, 5 per la destra). Olaf è l'unico soggetto del gruppo a preferire la mano destra rispetto alla sinistra durante le prime scelte. Dall'analisi statistica la preferenza di Nemmy, Uglia ed Amelia per la mano sinistra risulta significativa (*Binomial test*:  $z\text{-score} = 3,54$ ;  $p < 0,05$  per Nemmy;  $z\text{-score} = 2,12$ ;  $p < 0,05$  per Uglia; ;  $z\text{-score} = 2,07$ ;  $p < 0,05$  per Amelia; vedi appendice tab. XX).

### **Scelta del rosso o del verde in relazione alla preferenza manuale nel contesto individuale**

*Confronto tra la scelta del rosso, del verde e del bianco con la mano sinistra e la mano destra durante le prime scelte*

E' stato quindi osservato quale fosse la preferenza tra i colori durante le prime scelte sia con la mano sinistra che con la mano destra durante il *Training* di isolamento. Dal grafico di figura 4.58 si evince che a livello di gruppo, per quanto concerne la scelta del colore con la mano sinistra, i nemestrini manifestano una preferenza per il rosso rispetto al verde ed al bianco (media = 4,43; dev.st. = 1,72 per il rosso; media = 4,0; dev.st. = 1,41 per il verde; media = 4,14; dev.st. = 2,54 per il bianco). Confrontando, tuttavia, solo i dati relativi alle prime scelte di verde e rosso, dall'analisi statistica tale differenza risulta non significativa (*Wilcoxon test*: N.S.). Analizzando la scelta tra rosso, verde e bianco con la mano destra durante le prime scelte è emerso che a livello di gruppo i soggetti, sembrano preferire in misura uguale il rosso ed il bianco rispetto al verde (media = 1,86; dev.st. = 2,03 per il rosso; media = 1,86; dev.st. = 1,07 per il bianco; media = 1,14; dev.st. = 1,21 per il verde). Considerando solo la differenza relativa alle scelte di verde e rosso, dall'analisi statistica non emerge una preferenza significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).

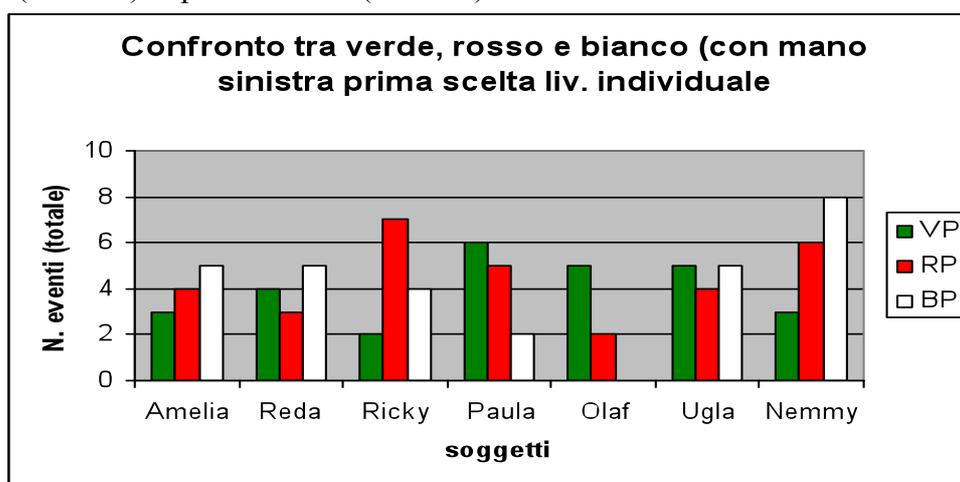
Si è analizzato inoltre la differenza tra la mano destra e la mano sinistra nella scelta dei colori. Come emerge dal grafico di figura 4.58, le scelte per tutti e tre i colori effettuate con la mano sinistra risultano maggiori rispetto a quelle effettuate con la mano destra. In particolar modo, le prime scelte degli apparati verdi effettuate con la mano sinistra risultano dall'analisi statistica significativamente maggiori rispetto a quelle effettuate con la mano destra (*Wilcoxon test*:  $z = -2,226$ ;  $p = 0,0260$ ). Per quanto concerne le prime scelte del colore rosso, che risultano anch'esse maggiormente effettuate con la mano sinistra rispetto alla destra, l'analisi statistica rivela che tale differenza non risulta essere significativa (*Wilcoxon test*: N.S.).



**Figura 4.58: frequenza media degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde, del rosso e del bianco effettuate con la mano sinistra e destra (le barre indicano la deviazione standard).**

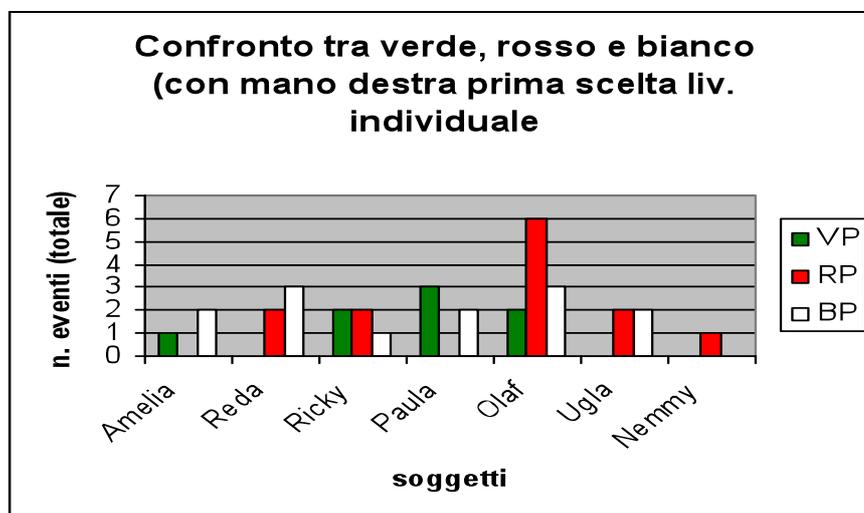
A livello individuale le preferenze relative alla prima scelta tra rosso, verde e bianco, effettuate con la mano sinistra e la mano destra sono illustrate nel grafico di figura 4.59 ed in quello di figura 4.60.

Dal primo grafico si nota che per quanto riguarda la prima scelta del colore con la mano sinistra, solo Ricky manifesta una preferenza per il rosso (7 eventi) rispetto al verde (2 eventi) ed al bianco (4 eventi). Tre soggetti Amelia, Reda e Nemmy mostrano una preferenza per lo stimolo neutro. Amelia sceglie il bianco per 5 eventi, il verde per 3 ed il rosso per 4; Reda sceglie il bianco per 5 eventi, il verde per 4 ed il rosso per 3, mentre Nemmy sceglie il bianco per 8 eventi, il verde per 3 ed il rosso per 6. Paula ed Olaf preferiscono il colore verde quando scelgono con la mano sinistra. Paula sceglie il verde per 6 eventi, il rosso per 5 ed il bianco per 2, mentre Olaf sceglie il verde per 5 eventi, il rosso per 2 e mai il bianco. Infine Uгла sceglie in egual misura il verde ed il bianco (5 eventi) rispetto al rosso (4 eventi).



**Figura 4.59: frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde, del rosso e del bianco effettuate con la mano sinistra.**

Nel grafico di figura 4.60 si può notare che, per quanto concerne la prima scelta del rosso, del verde e del bianco con la mano destra, Olaf e Nemmy, risultano essere gli unici soggetti del gruppo a preferire il rosso rispetto agli altri due colori. Olaf lo sceglie, infatti per 6 eventi, mentre opta per il verde per 2 e per il bianco per 3. Nemmy sceglie il rosso per 1 evento, mentre non opta mai né per il verde né per il bianco. Amelia e Reda scelgono, invece, maggiormente lo stimolo neutro. Amelia preferisce scegliere il bianco con la mano destra per 2 eventi, il verde per 1 evento e mai il rosso, mentre Reda sceglie il bianco per 3 eventi, il rosso per 2 e mai il verde. Ricky sceglie in egual misura il verde ed il rosso (2 eventi) rispetto al bianco (1 evento). Uгла, infine quando utilizza la mano destra non sceglie mai il verde, ma preferisce il egual misura il bianco ed il rosso (2 eventi)



**Figura 4.60:** frequenza totale degli eventi manifestati dai soggetti relativi alle prime scelte del verde, del rosso e del bianco effettuate con la mano destra.



Dalla letteratura si apprende che, tra i mammiferi placentati, la visione tricromatica è una caratteristica tipica dei primati, compreso l'essere umano (Jacobs, 1993; Arrese e colleghi, 2002). In particolar modo, le scimmie del Vecchio Mondo, tra cui cercopitechi grigio-verde, macachi nemestrini e scimpanzè, vengono considerate tricromatiche di routine; ossia la loro capacità di discriminare pienamente i colori e di distinguere, quindi, il colore rosso dal verde, non è dipendente dal corredo genetico, ma si manifesta in ogni soggetto (Bowmaker, 1998; Jacobs e Deegan, 1999; Surridge e colleghi, 2003).

L'obiettivo di questo studio è stato quello di comprendere se le tre specie in oggetto, diverse filogeneticamente, ma tutte dotate di visione tricromatica, mostrassero una reale preferenza per un determinato colore nel momento in cui veniva data loro la possibilità di recuperare una ricompensa in cibo contenuta in involucri di colore rosso e di colore verde. I dati relativi ad un'eventuale preferenza per uno dei due colori andrebbero a supportare o a smentire le diverse ipotesi che cercano di trovare una plausibile spiegazione alla pressione selettiva che ha portato i primati a poter discriminare i colori.

Se i soggetti manifestassero una preferenza per il colore rosso durante le scelte degli apparati colorati, troverebbe conferma, come da letteratura, l'ipotesi che lega l'evoluzione della visione tricromatica nei primati, ai vantaggi che tale caratteristica conferisce alle specie durante la ricerca di cibo (ipotesi del *foraging*). La capacità di distinguere pienamente i colori, ed in particolar modo, il blu dal giallo ed il rosso dal verde, può aver conferito agli individui tricromatici l'abilità di distinguere con maggior facilità, rispetto ai dicromatici, frutti maturi e foglie giovani, nutrienti e rossicce sia su uno sfondo di foglie verdi sia in condizioni di penombra (Dominy e Lucas, 2001; Dominy e colleghi, 2003). Questo dato non andrebbe, invece, a supportare l'ipotesi, secondo la quale la visione tricromatica sarebbe strettamente correlata alla comunicazione socio-sessuale intraspecifica. Secondo questa ipotesi, saper discriminare i colori, permetterebbe agli individui di riconoscere immediatamente segnali importanti, come la recettività nelle femmine o un buon patrimonio genetico nei maschi, caratteristiche che, in molte specie di primati, si manifestano anche attraverso tratti fenotipici rossi (Setchell e Dixon, 2001; Waitt e colleghi, 2003; Setchell e colleghi, 2006; Changizi e colleghi, 2006).

Tuttavia se durante la scelta degli apparati colorati contenenti del cibo, non emergesse una preferenza significativa per il colore rosso, tale risultato, se approfondito, potrebbe invece supportare l'ipotesi relativa all'influenza della comunicazione socio-sessuale intraspecifica nell'evoluzione della visione a colori (Changizi e colleghi, 2006).

Si è voluto, inoltre investigare, se nelle tre specie in oggetto, la scelta di apparati di colore diverso potesse dipendere da una possibile preferenza manuale: in tal caso la scelta di un colore piuttosto che l'altro potrebbe essere influenzata da un

comportamento lateralizzato, ove questo si manifestasse a livello di gruppo. Dagli studi condotti negli ultimi anni sono emerse, nelle specie animali non umane, valide evidenze di una specializzazione emisferica che si manifesta in comportamenti lateralizzati che coinvolgono sia funzioni motorie, che cognitive, ma anche percettive (Rogers, 2009). Tuttavia, la questione se esista nei primati non umani un'effettiva preferenza manuale a livello di popolazione resta ancora motivo di forte discussione tra i diversi autori. Infatti, secondo alcuni studiosi non sembrerebbe emergere una preferenza manuale a livello di popolazione nelle diverse specie di primati non umani (McGrew e Marchant, 1997), mentre secondo altri la preferenza manuale sarebbe evidente soprattutto nelle scimmie antropomorfe, quali gli scimpanzé (Hopkins e colleghi, 2005). Inoltre, trattando di preferenza manuale si parla di efficienza, complessità del compito, *tool-use* e altro ancora. Sembra, quindi, non esistere tra i ricercatori una conclusione univoca riguardo l'esistenza di una preferenza manuale nei primati non umani (Papademetriou e colleghi, 2005).

### **Confronto colore**

Per valutare la plausibilità dell'ipotesi del *foraging* come pressione selettiva per la visione tricromatica si è valutato se i soggetti appartenenti alle tre specie coinvolte nello studio avessero manifestato una preferenza significativa per il rosso o per il verde, sia a livello di popolazione che a livello individuale. In particolare sono state considerate:

- prima scelta del verde vs prima scelta del rosso,
- scelte complessive del verde (prime scelte e scelte successive) vs scelte complessive del rosso (prime scelte e scelte complessive).

#### *Cercopitechi grigio-verde:*

I risultati mostrano, che per quanto concerne sia le prime scelte che quelle complessive, a livello di popolazione i cercopitechi non manifestano alcuna preferenza significativa per uno dei due colori. A livello individuale, durante le prime scelte solamente un soggetto su otto ha manifestato una preferenza significativa per un colore, il verde. Durante le scelte complessive sono stati, invece, due i soggetti dell'intero gruppo a manifestare una preferenza significativa: uno per il verde, l'altro per il rosso. Questi primi risultati non sembrano quindi supportare l'ipotesi del *foraging* (Dominy e colleghi, 2003).

#### *Macachi nemestrini:*

I risultati evidenziano che, sia per quanto riguarda le prime scelte che quelle successive, non è emersa a livello di popolazione una preferenza significativa per gli apparati di colore verde o per quelli di colore rosso. Anche a livello individuale, nessuno dei soggetti sperimentali, sembra mostrare una tendenza significativa verso un colore piuttosto che l'altro. Questi ulteriori risultati non sembrano, quindi, come nel

caso dei cercopitechi, avvalorare l'ipotesi che lega l'evoluzione della tricromaticità al contesto del *foraging*.

Non si potrebbe quindi escludere la possibilità che il contesto socio-sessuale abbia avuto un'influenza sulla scelta degli apparati colorati. Il fatto che i soggetti non abbiano manifestato una chiara preferenza per uno dei due colori in un contesto di ricerca del cibo, renderebbe più plausibile la relazione tra la capacità di discriminare i colori, e la necessità di distinguere segnali visivi importanti nella comunicazione socio-sessuale intraspecifica. Come emerge da studi presenti in letteratura, infatti, saper distinguere il rosso permetterebbe ai soggetti di poter individuare il compagno migliore, perché più recettivo o dal buon patrimonio genetico, grazie al riconoscimento di caratteristici tratti fenotipici rossi (Setchell e Wickings, 2005; Setchell e colleghi, 2006).

### Scimpanzè:

Contrariamente a ciò che è emerso per quanto concerne la scelta del colore nelle Cercopitecine, i risultati mostrano che a livello di gruppo, gli scimpanzè manifestano una preferenza significativa per gli apparati di colore rosso rispetto a quelli di colore verde. La preferenza significativa per il rosso si riscontra, inoltre, sia durante le prime scelte sia durante quelle successive. Anche considerando il gruppo misto e quello dei maschi come entità distinte, emerge una chiara preferenza per il colore rosso rispetto al verde, anche se tale differenza risulta essere significativa solo nel gruppo misto durante le scelte complessive.

A livello individuale, durante le prime scelte, soltanto un soggetto su quattordici mostra una preferenza significativa per il rosso, mentre considerando le scelte nel complesso, non emergono differenze significative nella scelta dei due colori.

I risultati ottenuti dallo studio sugli scimpanzè, a livello di gruppo, sembrerebbero supportare l'ipotesi che correla l'evoluzione della visione a colori al contesto del *foraging* (Dominy e Lucas, 2001; Lucas e colleghi, 2003).

Discutendo i dati ottenuti da un punto di vista filogenetico, sembra emergere quindi che l'evoluzione della visione tricromatica possa essere stata spinta dalla necessità di saper distinguere in modo efficiente il cibo in un contesto di *foraging*.

### **Confronto mano**

Per escludere la possibilità che la scelta per il colore possa essere influenzata da una preferenza manuale, è stato verificato se gli individui appartenenti alla tre colonie potessero mostrare, sia a livello di gruppo che individuale, una preferenza significativa per quanto concerne l'uso della mano destra piuttosto che della sinistra per afferrare o manipolare gli apparati colorati. E' stato raccolto il dato relativo sia alla prima scelta che a quelle successive, in quanto in letteratura viene riportato che la prima scelta

potrebbe essere indicativa di una effettiva preferenza manuale (Rigamonti e colleghi, 1998). Sono state quindi considerate:

- presa e/o manipolazione con una mano vs presa e/o manipolazione con due mani,
- presa e/o manipolazione con la mano destra vs presa e/o manipolazione con la mano sinistra nell'effettuare le prime scelte,
- presa e/o manipolazione con la mano destra vs presa e/o manipolazione con la mano sinistra nell'effettuare le scelte complessive.

#### Cercopitechi grigio-verde

I risultati mostrano che a livello di gruppo, per quanto concerne le scelte complessive, i cercopitechi utilizzano maggiormente una mano piuttosto che due nell'afferrare gli apparati colorati per recuperare la ricompensa in cibo. Per quanto riguarda le prime scelte, è emersa una preferenza significativa per la mano destra a livello di gruppo, mentre a livello individuale, nessuno dei soggetti ha evidenziato differenze significative nell'uso di una mano piuttosto che l'altra. Questo risultato sembra essere in accordo con gli studi che evidenziano una preferenza manuale significativa a livello di popolazione (Fagot e colleghi, 1991; Hopkins e colleghi, 2005). Tuttavia, considerando le scelte complessive, a livello di gruppo non è emersa alcuna preferenza manuale significativa, mentre a livello individuale, solo un soggetto su otto, ha mostrato una preferenza significativa per l'uso della mano destra. Questo risultato è in accordo con gli studi presenti in letteratura che non evidenziano una preferenza manuale a livello di popolazione (McGrew e Marchant, 1997).

Anche all'interno di uno stesso studio sembrano essere emersi risultati contrastanti che sono in disaccordo con la conclusione tratta da alcuni autori, secondo cui la prima scelta sarebbe indicativa di una preferenza manuale a livello di gruppo (Rigamonti e colleghi, 1998).

#### Macachi nemestrini:

Pur emergendo a livello di gruppo una tendenza all'utilizzo della mano sinistra sia nelle prime scelte che in quelle successive, tuttavia tale preferenza non risulta essere significativa. A livello individuale, per quanto concerne le prime scelte, solamente un soggetto mostra una preferenza significativa per l'uso della mano sinistra, mentre durante le scelte complessive, i soggetti che manifestano tale preferenza sono solo due su otto. Questi risultati sembrano, quindi, mostrare che tale colonia non manifesta a livello di popolazione alcuna preferenza manuale, in accordo con la maggior parte degli studi presenti in letteratura (Hopkins e colleghi, 1992; Watanabe e Kawai, 1993; Rigamonti e colleghi, 1998).

#### Scimpanzè:

I risultati dello studio condotto con gli scimpanzè, evidenziano che a livello di popolazione, questi individui non manifestano una preferenza manuale significativa sia durante le prime scelte che in quelle successive, pur mostrando una tendenza verso l'uso maggiore della mano destra rispetto alla sinistra.

Confrontando i risultati dei due gruppi che costituiscono la colonia, non è emersa una differenza significativa per quanto concerne l'utilizzo di una mano rispetto all'altra nell'effettuare sia le prime scelte che le successive, all'interno di ogni gruppo. Tuttavia il gruppo dei maschi sembra utilizzare la mano destra in modo significativamente maggiore rispetto al gruppo misto. Questo risultato potrebbe essere dovuto alla postura adottata dai maschi nel recuperare gli oggetti appesi, utilizzando una mano per sostenersi e l'altra per afferrare gli apparati (McNeilage e colleghi, 1987).

A livello individuale, per quanto concerne le prime scelte, solo due soggetti su quattordici manifestano una preferenza significativa per l'uso di una mano, la destra, mentre considerando le scelte complessive, il numero dei soggetti che mostra una preferenza manuale significativa aumenta. Sono, infatti cinque i soggetti a manifestare una preferenza significativa per la destra ed uno per la sinistra. Tuttavia, i risultati di questo studio, in accordo con molte ricerche presenti in letteratura, ci portano a concludere che la colonia di scimpanzè ospitata al parco Natura Viva non sembra mostrare alcuna preferenza manuale a livello di popolazione (Palmer, 2003; Rogers, 2009). Il fatto che alcuni individui manifestino una preferenza significativa per l'uso di una particolare mano, va invece a supportare i risultati ottenuti dai diversi studi condotti negli ultimi anni sulle scimmie antropomorfe e dai quali emerge che questi primati presentano un preferenza manuale a livello individuale più o meno completa, soprattutto in compiti complessi e bimanuali (Hopkins e colleghi, 2005; Hopkins, 2007).

### **Confronto colore-mano**

È stato poi verificato se i soggetti sperimentali avessero manifestato, sia a livello di gruppo che individuale, una preferenza significativa nella scelta del colore verde o del colore rosso tenendo conto sia dell'uso della mano destra che di quella sinistra. Si è voluto in questo modo osservare se esistesse una preferenza per un determinato colore solo se correlato all'uso di una mano piuttosto che dell'altra. In particolar modo si è voluto verificare se i soggetti manifestassero una preferenza significativa nell'uso della mano sinistra per effettuare la scelta del rosso e della destra per effettuare la scelta del colore verde. Dal momento che la mano sinistra, ed in generale la parte motoria sinistra del corpo, è controllata dall'emisfero destro (Annett, 1985), che è anche sede delle emozioni (Kimura, 1973), se emergesse una chiara correlazione tra l'uso di tale mano e la scelta del colore rosso, non si potrebbe escludere l'influenza dell'aspetto emozionale sulla pressione selettiva che ha portato alla tricromaticità. Al fine di verificare quanto detto sono state quindi considerate:

- prima scelta del verde vs prima scelta del rosso con la mano sinistra,
- prima scelta del verde vs prima scelta del rosso con la mano destra,
- scelte complessive del verde vs scelte complessive del rosso con la mano sinistra,
- scelte complessive del verde vs scelte complessive del rosso con la mano destra.

Inoltre sono state considerate:

- prima scelta del verde con la mano sinistra vs prima scelta del verde con la mano destra,
- prima scelta del rosso con la mano sinistra vs prima scelta del rosso con la mano destra,
- scelte complessive del verde con la mano sinistra vs scelte complessive del verde con la mano destra,
- scelte complessive del rosso con la mano sinistra vs scelte complessive del rosso con la mano destra.

Sono stati quindi effettuati due livelli di analisi: da un lato è stata osservata la scelta tra i due colori effettuata con la mano destra e con la mano sinistra, dall'altro la scelta effettuata tra le mani nel recuperare l'oggetto di colore verde e di colore rosso.

Per una maggiore comprensione dei risultati verranno discussi in seguito solamente le differenze significative riscontrate.

#### *Cercopitechi grigio-verde*

Analizzando le scelte complessive tra i due colori effettuate con la mano sinistra e con la mano destra, emergono differenze significative solo a livello individuale e non a livello di gruppo. Questi risultati sembrerebbero non sottolineare, a livello di gruppo, una correlazione tra mano preferita e colore scelto, non evidenziando quindi una partecipazione dell'aspetto emozionale sulla scelta del colore stesso. Dalla letteratura emerge, invece, che la relazione tra emozioni e colori sembra rivestire un'importanza rilevante (Alley e Alley, 1998).

Per quanto concerne, il confronto tra mani nella scelta del colore verde e del colore rosso, l'unico risultato significativo emerso è relativo alle scelte complessive degli apparati verdi. Dai risultati, infatti si evince che i cercopitechi utilizzano in modo significativamente maggiore la mano destra rispetto alla sinistra nell'effettuare tali scelte. Questo risultato, da solo non andrebbe a supportare l'importanza del ruolo dell'emozioni sulla scelta del colore.

#### *Macachi nemestrini:*

Per quanto riguarda le scelte complessive tra i due colori con la mano destra e con la mano sinistra, è emersa una preferenza significativa per il colore rosso quando i soggetti usano la mano destra. Analizzando, invece, la preferenza tra le mani nell'effettuare la presa degli apparati verdi e degli apparati rossi l'unico risultato significativo è relativo alla scelta degli oggetti verdi. I nemestrini, sembrano usare, infatti, in modo significativamente maggiore la mano sinistra rispetto alla mano destra nell'afferrare tali oggetti. Questi risultati sembrerebbero quindi legare l'uso delle mani al colore e questo potrebbe far pensare ad un coinvolgimento delle emozioni (Alley e Alley, 1998). Tuttavia i risultati sembrano descrivere una situazione contraria all'atteso qualora fossero coinvolte le emozioni (Kimura, 1973).

### Scimpanzè:

I risultati mostrano che a livello di popolazione, gli scimpanzè manifestano una preferenza significativa per il colore rosso rispetto al verde quando effettuano sia le prime scelte che quelle successive con la mano sinistra. Questo risultato, confermerebbe l'importanza dell'aspetto emozionale sulla scelta del colore (Alley e Alley, 1998, Kimura, 1973).

## **Condizione di isolamento**

### **Confronto colore**

Con il gruppo dei nemestrini, è stato effettuato un ulteriore esperimento, volto sempre ad investigare la possibile preferenza di un colore rispetto ad un altro durante l'attività di ricerca del cibo, ma effettuato in un contesto diverso e con uno stimolo colorato aggiuntivo. Gli apparati sperimentali, costituiti da stimoli verdi, rossi ed anche da stimoli neutri di colore bianco, sono stati presentati ai soggetti durante il *Training* di isolamento. L'introduzione del colore bianco è stata scelta per valutare se gli individui siano portati a scegliere per contrasto piuttosto che per colore, cosa che avviene nei soggetti con visione dicromatica (Morgan e colleghi, 1992). L'aver effettuato un ulteriore studio in un contesto di isolamento ci porta ad eliminare l'influenza del contesto sociale nelle scelte individuali. I soggetti dovrebbero essere più tranquilli durante la scelta, non dovendo, ad esempio, competere con gli altri membri del gruppo, magari di rango diverso, per l'accesso al cibo (Sussman e Garber, 2007).

Si è quindi valutato se, durante le sessioni sperimentali, i soggetti coinvolti nello studio avessero manifestato una preferenza significativa per un colore rispetto al bianco e, in particolar modo, se avessero manifestato una preferenza tra il rosso e per il verde, sia a livello di popolazione che a livello individuale. In particolare sono state considerate:

- prima scelta del verde, del rosso e del bianco
- prima scelta del verde vs prima scelta del rosso.

I risultati indicano che, a livello di gruppo, i nemestrini mostrano una preferenza significativa nella scelta degli oggetti colorati rispetto agli oggetti bianchi. Non si evince, invece, una preferenza significativa per uno dei tre colori durante le prime scelte. Inoltre, confrontando i risultati delle scelte relative ai soli apparati verdi e rossi, non è emersa, una preferenza significativa. Neppure a livello individuale, i soggetti mostrano di scegliere in modo significativo un colore piuttosto che l'altro.

Questi risultati, sembrerebbero quindi confermare quelli ottenuti con i nemestrini nel contesto sociale e quindi non sarebbero a supporto dell'ipotesi del *foraging*, che lega l'evoluzione della tricromaticità ai vantaggi che la visione a colori conferisce durante la ricerca del cibo (Dominy e colleghi, 2003). I risultati sembrano invece supportare l'utilità di poter scegliere per contrasto nelle azioni di ricerca del cibo supportando una

migliore efficacia della visione dicromatica nel comportamento di foraging (Morgan e colleghi, 1992).

### **Confronto mano**

In seguito è stato verificato se gli individui potessero mostrare, sia a livello di gruppo che individuale, una preferenza significativa per quanto concerne l'uso della mano destra piuttosto che della sinistra per afferrare o manipolare gli apparati colorati in un contesto di isolamento. Sono state quindi considerate:

- prese e/o manipolazioni con la mano destra vs prese e/o manipolazioni con la mano sinistra nell'effettuare le prime scelte.

I risultati ottenuti, mostrano che a livello di gruppo, i nemestrini manifestano una preferenza significativa per l'utilizzo della mano sinistra nell'effettuare le prime scelte degli apparati colorati. A livello individuale, tre dei sette soggetti coinvolti nello studio hanno mostrato una preferenza manuale significativa, scegliendo maggiormente con la mano sinistra rispetto alla destra. Questi risultati non sono in accordo con quelli ottenuti con i nemestrini nel contesto sociale, ma risultano di particolare interesse dal momento che la presenza di una preferenza manuale sembra emergere quando viene meno la competizione tra gli individui. Nel contesto di isolamento, e quindi in assenza della pressione data dalla competizione, gli individui sembrano essere più liberi di scegliere quale mano utilizzare per recuperare il cibo, per afferrarlo e per portarlo alla bocca. Nel contesto sociale, quindi, la competizione per il cibo sembra influenzare il comportamento degli individui (Sussman e Garber, 2007). In condizione di isolamento, invece, sembra emergere che gli individui possano usare come mano preferita quella che assicura loro la maggior efficienza nel recuperare il cibo (Rigamonti e colleghi, 1998).

### **Confronto colore-mano**

È stato quindi verificato se i soggetti sperimentali avessero manifestato a livello di gruppo una preferenza significativa nella scelta del colore (rosso e verde in particolare) tenendo conto sia dell'uso della mano destra che di quella sinistra. In particolar modo, per l'analisi statistica, sono state considerate:

- prime scelte del verde vs prime scelte del rosso con la mano sinistra,
- prime scelte del verde vs prime scelte del rosso con la mano destra,
- prime scelte del verde con la mano sinistra vs prime scelte del verde con la mano destra,
- prime scelte del rosso con la mano sinistra vs prime scelte del rosso con la mano destra.

Nel discutere i risultati relativi all'influenza della scelta del colore sulla preferenza manuale e viceversa, si evidenzia che i nemestrini effettuano le scelte degli apparati verdi usando in modo significativamente maggiore la mano sinistra rispetto alla destra.

Questo risultato, sembra poter legare in parte la scelta per il colore ad una preferenza manuale. Tuttavia questo risultato significativo, che potrebbe sostenere il legame tra emozioni e colori, da solo sembra essere debole per sostenere l'evoluzione della tricromaticità legata alla comunicazione socio-sessuale. Nuovamente l'ipotesi del *foraging*, come pressione selettiva per l'evoluzione della tricromaticità sembra essere più plausibile (Dominy e Lucas, 2001; Dominy e colleghi, 2003).

In conclusione, confrontando i risultati ottenuti da questi diversi studi, sembra emergere una preferenza crescente per il rosso, partendo da specie filogeneticamente più lontane dall'uomo come le cercopitecine, fino ad essere significativa nelle scimmie antropomorfe, quali gli scimpanzè. I risultati di questa ricerca, sembrerebbero quindi sostenere maggiormente l'ipotesi che lega l'evoluzione della visione tricromatica al contesto del *foraging*. Tuttavia, dal momento che sia i cercopitechi sia i nemestrini, non hanno manifestato una chiara preferenza per il colore rosso nel recupero di oggetti contenenti cibo preferito, non si potrebbe escludere l'influenza sinergica della pressione selettiva del contesto di *foraging* e di quello socio-sessuale intraspecifico nell'acquisizione della visione a colori nei primati. La tricromaticità risulterebbe necessaria per poter ben riconoscere quei caratteri sessuali utili all'individuazione del partner appropriato (Setchell e colleghi, 2006). In un tale contesto, dove l'aspetto emozionale è particolarmente presente, saper discriminare il rosso diventerebbe di fondamentale importanza per poter riconoscere il compagno migliore (Setchell e Wickings, 2005).

Sembrerebbe, inoltre, che quando emerge un'influenza della preferenza manuale o di un comportamento lateralizzato nella scelta di un determinato colore, questa non sottolinei completamente la correlazione tra colori ed emozioni, legame che sembra essere presente, invece, nell'uomo (Alley e Alley, 1998).

Questi studi aggiungono ulteriori informazioni riguardo l'evoluzione della visione tricromatica così come della preferenza manuale dell'uomo. Tuttavia, futuri studi saranno necessari per meglio comprendere quali siano stati i meccanismi evolutivi che hanno determinato la comparsa della tricromaticità nei primati e quali siano state le specie il cui ruolo è stato fondamentale nell'evoluzione della visione a colori.



- Allen, G. (1879). *The Colour-sense: Its Origin and Development*. Trübner & Company, London.
- Alley, R.L., & Alley, T.L. (1998). The influence of physical state and color on perceived sweetness. *Journal of Psychology*, 132: 5-261.
- Alonso, J., Castellano, M.A., & Rodriguez, M. (1991). Behavioural lateralization in rats: Prenatal stress effects on sex differences. *Brain Research*, 539: 45-50.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior-sampling technique. *Behaviour*, 49: 227-267.
- Anderson, D.P., Nordheim, E.V., & Boesch, C. (2006). Environmental factors influencing the seasonality of estrus in chimpanzee. *Primates*, 47: 43-50.
- Annett, M. (1985). *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory*. Lawrence Erlbaum, London.
- Archer, S. (1995). *Molecular Biology of Visual Pigments*. Chapman & Hall, London
- Arrese, C.A., Hart, N.S., Thomas, N., Beazley, L.D., & Shand, J. (2002). Trichromacy in Australian marsupials. *Current Biology*, 12: 657-660.
- Baldellou, M., & Henzi, S.P. (1992). Vigilance, predator detection, and the presence of supernumerary males in vervet monkey troops. *Animal Behaviour*, 43: 451-461.
- Bear, M.F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (1999). *Neuroscienze: Esplorando il Cervello*. Masson, Milano.
- Boesch, C. (1994). Hunting strategies of Gombe and Tai Chimps. In: R.W. Wrangham, W.C. McGrew, F.B.M. deWaal, & P.G. Heltne (Eds.), *Chimpanzee Culture*. Harvard University Press in Cooperation with the Chicago Academy of Sciences, Massachusetts.
- Boesch, C., & Boesch, H. (2003). Diversity of tool use and tool-making in wild chimpanzees. In: A. Berthelet, & J. Chavaillon (Eds.), *The Use of Tools by Human and Non-Human Primates*. Oxford University Press, Oxford.
- Bowmaker, J.K., Jacobs, G.H., & Mollon, J.D. (1987). Polymorphism of photopigments in the squirrel monkeys: a sixth phenotype. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 231: 383-390.
- Bowmaker, J.K. (1998). Evolution of colour vision in vertebrates. *Eye*, 12: 541-547.
- Bradshaw, J.L., & Rogers, L.J. (1993). *The Evolution of Lateral Asymmetries, Language, Tool use, and Intellect*. Academic Press, San Diego.
- Buchanan-Smith, H.M. (2005). Recent advances in color vision research. *American Journal of Primatology*, 67: 393-398.
- Caine, N.G., & Mundy, N.I. (2000). Demonstration of a foraging advantage for trichromatic marmosets (*Callitrix geoffroyi*) dependent on food colour. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 267: 439-444.
- Caldecott, J.O. (1987). *An Ecological and Behavioural study of the Pig-tailed Macaque*. Karger, Basel.

- Calvin, W.H. (1994). The emergence of intelligence. *Scientific American*, 271: 101-107.
- Changizi, M.A., Zhang, Q., & Shimojo, S. (2006). Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision. *Biology Letters*, 2: 217-221.
- Charles-Dominique, P. (1993). Speciation and coevolution: an interpretation of frugivory phenomena. *Vegetatio*, 107/108: 75-84.
- Choudhury, A. (2003). The pigtail macaque *Macaca nemestrina* in india-status and conservation. *Primate Conservation*, 19: 91-98.
- Conte, S., & Renzi, P. (1996). *La Quantificazione del Comportamento*. Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Coss, R.G., & Ramakrishnan, U. (2000). Perceptual aspect of leopard recognition by wild bonnet macaques (*Macaca radiata*). *Behavior*, 137: 315-335.
- Deegan, J.F., & Jacobs, G.H. (1996). Spectral sensitivity and photopigments of a nocturnal prosimian, the bushbaby (*Otolemur crassicaudatus*). *American Journal of Primatology*, 40: 55-60.
- Dominy, N.J., & Lucas, P. (2001). Ecological importance of trichromatic vision to primate. *Nature*, 410: 363-366.
- Dominy, N.J., Garber, P.A., Bicca-Marques, J.C., & de O. Azevedo-Lopes, M.A. (2003). Do female tamarins use visual cues to detect fruits rewards more successfully than do males? *Animal Behaviour*, 66: 829-837.
- Dulai, K.S., von Dornum, M., Mollon, J.D., & Hunt, D.M. (1999). The evolution of trichromatic color vision by opsin gene duplication in New World and Old World primates. *Genome Research*, 9: 629-638.
- Eley, R.M., Tarara, L.P., Wothman, C.M., & Else, J.G. (1989). Reproduction in the vervet monkey (*Cercopithecus aethiops*): III. The menstrual cycle. *American Journal of Primatology*, 17: 1-10.
- Estes, R.D. (1991). *The Behaviour Guide to African Mammals*. University of California Press, Berkeley & Los Angeles.
- Fagot, J., Drea, C.M., & Wallen, K. (1991). Asymmetrical hand use in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in tactually and visually ragualted tasks. *Journal of Comparative Psychology*, 105: 260-268.
- Fedigan, L., & Fedigan, L.M. (1988). *Cercopithecus aetiops*: A review of field studies. In A. Gautier-Hion, F. Bourlière, J.P. Gautier, & J. Kingdon (Eds.), *A Primate Radiation: Evolutionary Biology of the African Guenons*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fernandez, A.A., & Morris, M.R. (2007). Sexual selection and trichromatic color vision in primates: statistical support for the pre-existing bias hypothesis. *The American Naturalist*, 170: 10-20.
- Ferra, G., Kraiter, K.S., Milliken, G.W., & Ross, C.L. (2005). Reach and posture hand preferences durind arboreal feeding in Sifakas (*Propithecus sp.*): A test of the postural origins theory of behavioural lateralization. *Journal of Comparative Psychology*, 119: 430-439.

- Fistarol, L., Bertelè, M., & Spiezio, C. (2009). Red-green colour vision in cotton-top tamarins and pigtail macaques: a comparative study. *Folia Primatologica*, 80: 369.
- Folstad, I., & Karter, A.J. (1992). Parasites, bright males and the immunocompetence handicap. *American Naturalist*, 139: 603-622.
- Fooden, J. (1975). *Taxonomy and Evolution of Liontail and Pigtail Macaques (Primates: Cercopithecidae)*. Field Museum of Natural History, Chicago.
- Fornalè, F., Bertelè, M., & Spiezio, C. (2009). Colour discrimination in a group of cottontop tamarins and pig-tailed macaques. *Folia Primatologica*, 80: 388.
- Gerald, M.S. (2001). Primate colour predicts social status and aggressive outcome. *Animal Behaviour*, 61: 559-566.
- Gilad, Y., Weibe, V., Przeworski, M., Lancet, D., & Paabo, S. (2004). Loss of olfactory receptor genes coincides with the acquisition of full trichromatic vision in primates. *Plos Biology*, 2: 120-125.
- Gippoliti, S., & Visalberghi, E. (2001). Ordine dei Primates: elenco delle specie viventi, nome italiano e grado di minaccia. *Rivista Antropologica*, 79: 33-44.
- Giraldeau, L.A., & Caraco, T. (2000). *Social Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Gonder, M.K., Disotel, T.R., & Oates, J.F. (2006). New genetic evidence on the evolution of chimpanzee population and implication for taxonomy. *International Journal of Primatology*, 27: 1003-1127.
- Goodall, J. (1986). *The Chimpanzee of Combe: Patterns of Behavior*. Harvard University Press, Cambridge.
- Goodman, M. (1964). Man's place in the phylogeny of the primates as reflected in serum proteins. In: S.L. Washburn (Ed.), *Classification and Human Evolution*. Aldine, Chicago.
- Goodman, M. (1974). Biochemical Evidence on Hominid Phylogeny. *Annual Review of Anthropology*, 3: 203-228.
- Goodman, M., Tagle, D.A., Fitch, D.H., Bailey, W., Czelusniak, J., Koop, B.F., Benson, P., & Slightom, J.L. (1990). Primate evolution at the DNA level and a classification of hominoids. *Journal of Molecular Evolution*, 30: 260-266.
- Groves, C.P. (1993). Order Primates. In: D.E. Wilson & D.M. Reeder (Eds.), *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference*. Smithsonian Institution Press, Washington & London.
- Groves, C.P. (1997). Taxonomy and phylogeny of primates. In: A. Blancher, J. Klein & W.W. Socha (Eds.), *Molecular Biology and Evolution of Blood Group and MHC Antigens in Primates*. Springer-Verlag, Berlin.
- Groves, C.P. (2001). *Primate Taxonomy*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Hampson, E., & Kimura, D. (1984). Hand movement asymmetries during verbal and nonverbal tasks. *Canadian Journal of Psychology*, 38: 102-125.

- Hendrickson, A., Djajadi, H.R., Nakamura, L., Possin, D.E., & Sajuthi, D. (2000). Nocturnal tarsier retina has both short and long/medium wavelength cones in an unusual topography. *Journal of Comparative Neurology*, 424: 718-730.
- Hook-Costigan, M.A., & Rogers, L.J. (1996). Hand preferences in New World primates. *International Journal of Comparative Psychology*, 9: 173-207.
- Hopkins, W.D., Washburn, D.A., Berke, L., & Williams, M. (1992). Behavioral asymmetries of psychomotor performance in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*): A dissociation between hand preference and skill. *Journal of Comparative Psychology*, 106: 392-397.
- Hopkins, W.D. (1996). Chimpanzee handedness revisited: 55 years since Finch (1941). *Psychonomic Bulletin and Review*, 3: 449-457.
- Hopkins, W.D., & Leavens, D.A. (1998). Hand use and gestural communication in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 112: 95-99.
- Hopkins, W.D., Cantalupo, C., Freeman, H., russel, J., Kachin, M., & Nelson, E. (2005). Chimpanzee are right-handed when recording bouts of hand use. *Laterality*, 10: 121-130.
- Hopkins, W.D. (2007). *Evolution of Hemispheric Specialization in Primates*. Academic Press, Oxford.
- Inskipp, T. (2005). Chimpanzee (*Pan troglodytes*). In: J. Cadecott, & L. Miles (Eds.), *World Atlas of Great Apes and Their Conservation*. California University Press, Berkley.
- Jacobs, G.H., & Deegan, J.F. (1993). Photopigments underlying colour vision in ringtail lemurs (*Lemur catta*) and brown lemurs (*Eulemur fulvus*). *American Journal of Primatology*, 30: 243-256.
- Jacobs, G.H., Neitz, M., Deegan, J.F., & Neitz, (1996). Trichromatic color vision in New World monkey. *Nature*, 382: 156-158.
- Jacobs, G.H. (1998). A perspective on color vision in platyrrhine monkeys. *Vision Research*, 38: 3307-3313.
- Jacobs, G.H., & Deegan, J.F. (1999). Uniformity of colour vision in Old World monkeys. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266: 2023-2028.
- Jacobs, G.H., & Deegan, J.F. (2001). Photopigment and colour vision in New World monkeys from the family Atelidae. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 268: 695-702.
- Jacobs, G.H., Deegan, J.F., Tan, Y., & Li, W.H. (2002). Opsin gene and photopigment polymorphism in a prosimian primate. *Vision Research*, 42: 11-18.
- Jacobs, G.H., & Deegan, J.F. (2003). Cone pigment variations in four genera of New World monkeys. *Vision Research*, 43: 227-236.
- Jacobs, G.H., & Deegan, J.F. (2005). Polymorphic monkeys with more than three M/L cone types. *Journal of the Optical Society of America A*, 22: 2072-2080.
- Jacobs, G.H. (2007). New world monkeys and color. *International Journal of Primatology*, 28: 729-759.

- Jacobs, G.H. (2008). Primate color vision: a comparative perspective. *Visual Neuroscience*, 25: 619-633.
- Julliot, C. (1994). Frugivory and seed dispersal by red howler monkeys: evolutionary aspect. *Revue d'Ecologie la Terre et la Vie*, 49: 331-341.
- Julliot, C. (1996). Fruit choice by red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a tropical rain forest. *American Journal of Primatology*, 40: 261-282.
- Kawai, M. (1967). Catching behavior observed in the Koshima troop- a case of newly acquired behavior. *Primates*, 8: 181-186.
- Kimura, D. (1973). The asymmetry of the human brain. *Scientific American*, 228: 70-80.
- Kuehn R.E., Jensen G.D., & Morrill R.K. (1965). Breeding *Macaca nemestrina*: a program of birth engineering. *Folia Primatologica*, 3: 251-262.
- Lee, P.C. (1984). Early infant development and maternal care in free-ranging vervet monkeys. *Primates*, 25: 36-47.
- Lernould, J.M. (1988). Classification and geographical distribution of guenons: A review. In: A. Gautier-hion, F. Bourlière, J.P. Gautier, & J. Kingdon (Eds.), *A Primate Radiation: Evolutionary Biology of the African Guenons*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Loehle, C. (1997). The pathogen transmission avoidance theory of sexual selection. *Ecological Modelling*, 103: 231-250.
- Lucas, P.W.; Dominy, N.J.; Riba-Hernández, P., Stoner, K.E., Yamashita, N., Loria-Calderon, E., Peterson-Perreira, W., Royas-Durán, Y., Salas-Pena, R., Solis-Madrigal, S., Osorio, D., & Darvell, B.W. (2003). Evolution and function of routine trichromatic vision in primates. *Evolution*, 57: 2636-2643.
- Maestriperri, D. (1994). Mother- infant relationships in three species of macaques (*Macaca mulatta*, *M. nemestrina*, *M. arctoides*). II. The social environment. *Behaviour*, 131: 97-113.
- Mann, A., & Weiss, M. (1996). Hominoid phylogeny and taxonomy: A consideration of the molecular and fossil evidence in an historical perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 5: 169-181.
- Martin, R.D. (1990). *Primate Origins and Evolution: A Phylogenetic Reconstruction*. Chapman & Hall, London.
- Matsusaka, T. (2004). When does play panting occur during social play in wild chimpanzee? *Primates*, 45: 221-229.
- McConkey, K.R. (1999). Gibbons and seed dispersers in the rainforest of central Borneo. PhD thesis, University of Cambridge, UK.
- McGrew, W.C., & Marchant, L.F. (1997). On the other hand: Current issues and meta-analysis of the behavioral laterality of hand function in nonhuman primates. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40: 201-232.
- McNeilage, P.F., Studdert-Kennedy, M.G., & Lindblom, B. (1987). Primate handedness reconsidered. *Behavioral and Brain Sciences*, 10: 247-303.

- Melin, A.D., Fedigan, L.M., Hiramatsu, C., Sendall, C.L., & Kawamura, S. (2007). Effects of colour vision phenotype on insect capture by a free-ranging population of white-faced capuchins, *Cebus capucinus*. *Animal Behaviour*, 73: 205-214.
- Mittra, E.S., Fuentes, A., & McGrew, W.C. (1997). Lack of hand preference in wild hanuman langurs (*Presbytis entellus*). *American Journal of Physical Anthropology*, 103: 455-461.
- Mollon, J.D. (1989). "Tho' she kneel'd in that Place where they grew..." The uses and origins of primate colour vision. *The Journal of Experimental Biology*, 146: 21-28.
- Morgan, M.J., Adam, A., & Mollon, J.D. (1992). Dichromats detect color-camouflaged objects that are not detected by trichromats. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 248: 291-295.
- Morin, P.A., Moore, J.J., Chakraborty, R., Jin, L., Goodall, J., & Woodruff, D.S. (1994). Kin selection, social structure, gene flow, and the evolution of chimpanzees. *Science*, 265: 1193-1201.
- Muller, M.N., Kahlenberg, S.M., Thompson, M.E., & Wrangham, R.W. (2007). Male coercion and the costs of promiscuous mating for female chimpanzees. *Proceedings of the Royal Society*, 274: 1009-1014.
- Nowak, R. (1999). *Walker's mammals of the World, Sixth Edition*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Oi, T. (1990). Patterns of dominance and affiliation in wild pig-tailed macaques (*Macaca nemestrina nemestrina*) in West Sumatra. *International Journal of Primatology*, 11: 339-356.
- Osorio, D., Smith, A.C., Vorobyev, M., & Buchanan-Smith, H.M. (2004). Detection of fruit and the selection of primate visual pigments for color vision. *American Naturalist*, 164: 696-708.
- Pagani, S., Spiezio, C., & Formenti, D. (2011) Trichromatic colour vision: the choice between red and green colour in *Chlorocebus aethiops*. *XX Congresso dell'Associazione Primatologica Italiana. I Primati: Biodiversità e Conservazione, Bussolengo (VR), 10 - 13 aprile 2011*.
- Palmer, A.R. (2002). Chimpanzee right-handedness reconsidered: evaluating the evidence with funnel plots. *American Journal of Physical Anthropology*, 118: 191-199.
- Palmer, A.R. (2003). Replay to Hopkins and Cantalupo: chimpanzee righthandedness reconsidered- sampling issues and data presentation. *American Journal of Physical Anthropology*, 121: 382-384.
- Papademetriou, E., Sheu, C.F., & Michel, G.F. (2005). A meta-analysis of primate hand preference, particularly for reaching. *Journal of Comparative Psychology*, 119: 33-48.
- Patterson, N., Richter, D.J., Gnerre, S., Lander, E.S., & Reich, D. (2006). Genetic evidence for complex speciation of humans and chimpanzees. *Nature*, 441: 1103-1108.
- Pontier, D., & Raymond, M. (2004). Is there geographical variation in human handedness? *Laterality*, 9: 35-51.

- Regan, B.C., Juliot, C., Simmens, B., Viènot, F., Charles-Dominique, P., & Mollon, J.D. (2001). Fruits, foliage and the evolution of primate colour vision. *Philosophical Transaction: Biological Science*, 356: 229-283.
- Riba-Hernández, P., Stoner, K.E., & Osorio, D. (2004). Effect of polymorphic color vision for fruit detection in the spider monkey *Ateles geoffroyi*, and its implication for the maintenance of polymorphic colour vision in platyrrhine monkeys. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 2465-2470.
- Rigamonti, M.M., Prato Previde, E., Poli, M.D., Marchant, L.M., & McGrew, W.C. (1998). Methodology of motor skill and lateralità: new test of hand preference in *Macaca nemestrina*. *Cortex*, 34: 693-705.
- Rogers, L.J. (2009). Hand and paw preferences in relation to lateralized brain. *Philosophical Transaction of the Royal Society B*, 364: 943-954.
- Rowe, M.H. (2002). Trichromatic color vision in primates. *News in Physiological Sciences*, 17: 93-98.
- Rowe, M.P., & Jacobs, G.H. (2007). Naturalistic color discriminations in polymorphic platyrrhine monkeys: effect of stimulus luminance and duration examined with functional substitution. *Visual Neuroscience*, 24: 17-23.
- Rowe, N. (1996). *The Pictorial Guide to the Living Primates*. Pogonias Press, East Hampton.
- Sabatier, D. (1985). Saisonnalité et déterminisme dupic de fructification en forêt Guyanaise. *Revue d'Ecologie la Terre et la Vie*, 40: 289-320.
- Setchell, M.J., & Dixon, A.F. (2001). Changes in the secondary sexual adornments of male mandrills (*Mandrillus sphinx*) are associated with gain and loss of alpha status. *Hormones and Behaviour*, 39: 177-184.
- Setchell, M.J., & Wickings, E.J. (2005). Dominance, status signals and coloration in male mandrills (*Mandrillus sphinx*). *Ethology*, 111:25-50.
- Setchell, M.J., Wickings, E.J., & Knapp, A.L. (2006). Signal content of red facial coloration in female mandrills (*Mandrillus sphinx*). *Proceedings of the Royal Society*, 273: 2395-2400.
- Seyfarth, R.M. (1980). The distribution of grooming and related behaviours among adult female vervet monkeys. *Animal Behaviour*, 28: 798-813.
- Seyfarth, R.M., Cheney, D.L., & Marler, P. (1980). Vervet monkey alarm calls: Semantic communication in a free-ranging primate. *Animal Behaviour*, 28: 1070-1094.
- Siegel, S., & Castellan, N.J. (1992). *Statistica Non Parametrica 2* Ed. MacGraw-Hill, Milano.
- Smith, A.C., Buchanan-Smith, H.M., SurrIDGE, A.K., Osorio, D., & Mundy, N.I. (2003). The effect of colour vision status on the detection and selection of fruits by tamarins (*Saguinus spp.*). *The Journal of Experimental Biology*, 206: 3159-3165.
- Struhsaker, T.T. (1967a). Behaviour of vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*). *University of California Publications in Zoology*, 82: 1-74.

- Struhsaker, T.T. (1967b). Ecology of vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*) in the Masai-Amboseli Game Reserve, Kenya. *Ecology*, 48: 891-904.
- Struhsaker, T.T. (1967c). Social structure among vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*). *Behaviour*, 29: 83-121.
- Struhsaker, T.T. (1967d). Auditory communication among vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*). In: S. Altmann (Eds.), *Social Communication Among Primates*. University of Chicago Press, Chicago.
- SurrIDGE, A.K., & Mundy, N.I. (2002). Trans-specific evolution of opsin alleles and the maintenance of trichromatic colour vision in callitrichine primates. *Molecular Ecology*, 11: 2157-2169.
- SurrIDGE, A.K., Osorio D, & Mundy, N.I. (2003). Evolution and selection of trichromatic vision in primates. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 198-205.
- Sussman, R.W.; & Garber, P.A. (2007). Cooperation and competition in primate social interactions. In: S. Bearder, C.J. Campbell, A. Fuentes, K.C. MacKinnon & M. Panger (Eds.), *Primates in Perspective*. Oxford University Press, Oxford.
- Takeda, S. (1994). Hand specialization in social grooming behaviour in Japanese macaques (*Macaca fuscata*). In: J.R. Anderson, J.J. Roeder, B. Thierry & N. Herrenschildt (Eds.), *Current Primatology Vol. 3. Behavioural Neuroscience, Physiology and Reproduction*. Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Tan, Y., & Li, W.H. (1999). Trichromatic vision in prosimians. *Nature*, 402: 36.
- Tan, Y., Yoder, A.D., Yamashita, N., & Li, W.H. (2005). Evidence from opsin genes rejects nocturnality in ancestral primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 41: 14712-14716.
- Terborgh, J. (1983). *Five New World Primates: A Study in Comparative Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Tokuda, K. (1969). On the handedness of Japanese monkeys. *Primates*, 10: 44-46.
- Vallortigara, G., & Bisazza, A. (2002). How ancient is brain lateralization? In: L. J. Rogers & R.J. Andrew (Eds.), *Comparative Vertebrate Lateralization*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vallortigara, G., & Rogers, L.J. (2005). Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behavioral and Brain Sciences*, 28: 575-589.
- Vauclair, J., & Fagot, J. (1987). Spontaneous hand usage and handedness in a troop of baboons. *Cortex*, 23: 265-274.
- Vauclair, J., & Meguerditchian, A. (2008). The gestural origin of language and its lateralization: Theory and data from studies in nonhuman primates. In: S. Kern (Eds.), *Emergence of Linguistic Abilities: From Gestures to Grammar*. Cambridge Scholars Publishing, Cambridge.
- Waite, C., Little, A.C., Wolfensohn, S., Honess, P., Brown, A.P., Buchanan-Smith, H.N., & Perret, D.I. (2003). Evidence from rhesus macaques suggests that male coloration

plays a role in female mate choice. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270: S144-S146.

Watanabe, K., & Kawai, M. (1993). Lateralized hand use in the precultural behavior of the Koshima monkeys (*Macaca fuscata*). In: J.P. Ward & W.D. Hopkins (Eds.), *Primate Laterality*. Springer, New York.

Westergaard, G.C., & Suomi, S.J. (1996). Hand preference for stone artefact production and tool-use by monkeys: Possible implications for the evolution of right-handedness in homonids. *Journal of Human Evolution*, 30: 291-298.

Westergaard, G.C., Kuhn, H.E., & Suomi, S.J. (1998). Bipedal posture and hand preference in humans and other primates. *Journal of Comparative Psychology*, 112: 55-64.

Wolfheim, J.H. (1983). *Primates of the World: Distribution, Abundance, and Conservation*. University of Washington Press, Seattle.

Siti internet:

[www.pnas.org](http://www.pnas.org)



**Cercopitechi:**

Soggetto	VP	RP	Test Binomiale
Alf	4	4	-0,35
Chicca	9	1	-2,21
Fauna	3	3	/
Fiamma	3	3	/
Florio	8	2	-1,58
Freccia	3	7	0,95
Nicola	3	7	0,95
Pansa	3	7	0,95

**Tabella I: numero di eventi per ogni individuo relativi alla prima scelta di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Alf	4	4	-0,35
Chicca	36	9	-3,88
Fauna	20	18	-0,16
Fiamma	12	13	0,00
Florio	45	31	-1,49
Freccia	39	44	0,44
Nicola	21	34	1,62
Pansa	28	50	2,38

**Tabella II: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Alf	7	1	-1,77
Chicca	5	5	-0,32
Fauna	2	4	/
Fiamma	6	0	/
Florio	6	3	-0,67
Freccia	7	3	-0,95
Nicola	7	2	-1,33
Pansa	6	3	-0,67

**Tabella III: numero di eventi per ogni individuo relativi alle prime scelte con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Alf	7	1	-1,77
Chicca	22	18	-0,47
Fauna	13	21	1,20
Fiamma	14	9	-0,83
Florio	36	34	-0,12
Freccia	44	37	-0,67
Nicola	39	13	-3,47
Pansa	32	38	0,60

**Tabella IV: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Alf	4	4	0,00
Chicca	36	9	-3,06
Fauna	20	18	0,00
Fiamma	12	13	0,00
Florio	45	31	0,17
Freccia	39	44	0,00
Nicola	21	34	0,00
Pansa	28	50	2,43

**Tabella V: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Alf	3	4	/
Chicca	18	4	-2,77
Fauna	8	5	-0,55
Fiamma	6	8	0,27
Florio	25	11	-2,17
Freccia	20	24	0,45
Nicola	12	27	2,24
Pansa	15	17	0,18

**Tabella VI: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano destra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

**Nemestrini:**

Soggetto	VP	RP	Test Binomiale
Amelia	4	6	0,32
Reda	4	5	0,00
Ricky	4	5	0,00
Paula	6	4	-0,32
Olaf	8	2	-1,58
Ugla	2	8	1,58
Betty	2	1	/
Nemmy	7	3	-0,95

**Tabella VII: numero di eventi per ogni individuo relativi alla prima scelta di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Amelia	28	28	-0,13
Reda	13	12	0,00
Ricky	26	23	-0,29
Paula	37	40	0,23
Olaf	37	42	0,45
Ugla	25	31	0,67
Betty	2	2	/
Nemmy	26	39	1,49

**Tabella VIII: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Amelia	3	7	0,95
Reda	2	7	1,33
Ricky	1	8	2,00
Paula	6	4	-0,32
Olaf	3	7	0,95
Ugla	3	7	1,58
Betty	1	2	/
Nemmy	5	4	0,00

**Tabella IX: numero di eventi per ogni individuo relativi alle prime scelte con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Amelia	24	32	0,94
Reda	7	18	2,00
Ricky	19	30	1,43
Paula	37	40	0,23
Olaf	29	50	2,25
Ugla	25	31	0,67
Betty	2	2	/
Nemmy	32	25	-0,79

**Tabella X: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Amelia	17	15	-0,18
Reda	9	9	-0,24
Ricky	16	14	-0,18
Paula	20	20	-0,16
Olaf	26	24	-0,14
Ugla	13	18	0,72
Betty	2	0	/
Nemmy	14	11	-0,40

**Tabella XI: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Amelia	11	13	0,20
Reda	4	3	/
Ricky	10	9	0,00
Paula	17	20	0,33
Olaf	11	18	1,11
Ugla	12	13	0,00
Betty	0	2	/
Nemmy	10	22	1,94

**Tabella XII: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano destra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

### Scimpanzè:

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Judy	2	8	1,58
Samy	2	8	1,58
Jacky	5	5	-0,32
Mary	5	5	-0,32
Camilla	4	6	0,32
Valentina	5	5	-0,32
Giorgina	4	5	0,00
Luisa	5	4	0,00
Davidino	4	3	0,00
Tommy	1	1	/
Jasmine	0	9	2,67
Gullit	5	5	-0,32
Raffi	3	7	0,95
Moreno	3	7	0,95

**Tabella XIII: numero di eventi per ogni individuo relativi alla prima scelta di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test binomiale
Judy	20	35	1,89
Samy	44	47	0,21
Jacky	22	28	0,71
Mary	15	18	0,35
Camilla	22	23	0,00
Valentina	19	22	0,31
Giorgina	14	17	0,36
Luisa	9	8	0,00
Davidino	10	11	0,00
Tommy	6	6	-0,29
Jasmine	21	25	0,44
Gullit	25	32	0,79
Raffi	29	28	0,00
Moreno	34	41	0,69

**Tabella XIV: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Judy	6	4	-0,32
Samy	4	6	0,32
Jacky	6	4	-0,32
Mary	6	4	-0,32
Camilla	4	6	0,32
Valentina	6	4	-0,95
Giorgina	3	6	0,67
Luisa	5	4	0,00
Davidino	4	3	0,00
Tommy	2	0	/
Jasmine	2	7	1,33
Gullit	9	1	-2,21
Raffi	10	0	-2,85
Moreno	7	3	-0,95

**Tabella XV: numero di eventi per ogni individuo relativi alle prime scelte con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Judy	27	28	0,00
Samy	45	46	0,00
Jacky	33	17	-2,12
Mary	23	10	-2,09
Camilla	13	32	2,68
Valentina	21	20	0,00
Giorgina	15	16	0,00
Luisa	10	7	-0,49
Davidino	9	12	0,44
Tommy	7	5	-0,29
Jasmine	18	28	1,33
Gullit	42	15	-3,44
Raffi	51	6	-5,83
Moreno	55	20	-3,93

**Tabella XVI: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Judy	11	17	0,94
Samy	22	24	0,15
Jacky	8	9	0,00
Mary	4	6	0,32
Camilla	12	20	1,24
Valentina	9	11	0,22
Giorgina	9	7	-0,25
Luisa	4	3	/
Davidino	6	6	-0,29
Tommy	3	2	/
Jasmine	12	16	0,57
Gullit	6	9	0,52
Raffi	3	3	/
Moreno	8	12	0,67

**Tabella XVII: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	V	R	Test Binomiale
Judy	9	18	1,54
Samy	22	23	0,00
Jacky	14	19	0,70
Mary	11	12	0,00
Camilla	10	3	-1,66
Valentina	10	11	0,00
Giorgina	5	10	1,03
Luisa	5	5	-0,32
Davidino	4	5	0,00
Tommy	3	4	/
Jasmine	9	9	-0,24
Gullit	19	23	0,46
Raffi	26	25	0,00
Moreno	26	29	0,27

**Tabella XVIII: numero di eventi per ogni individuo relativi alle scelte complessive del verde e del rosso con la mano destra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

**Nemestrini, contesto di isolamento:**

Soggetto	VP	RP	Test Binomiale
Amelia	4	4	-0,35
Reda	4	5	0,00
Ricky	4	9	1,11
Paula	9	5	-0,80
Olaf	7	8	0,00
Ugla	5	6	0,00
Nemmy	3	7	0,95

**Tabella XIX: numero di eventi per ogni individuo relativi alla prima scelta di verde e rosso e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**

Soggetto	dx	sin	Test Binomiale
Amelia	4	4	2,07
Reda	4	5	1,46
Ricky	4	9	1,65
Paula	9	5	1,65
Olaf	7	8	-0,71
Ugla	5	6	2,12
Nemmy	3	7	3,54

**Tabella XX: numero di eventi per ogni individuo relativi alle prime scelte con la mano destra e la mano sinistra e valori del test binomiale a livello individuale (in giallo sono evidenziati i valori significativi con  $p < 0,05$ ).**



## *Ringraziamenti*

---

Sono tante le persone che meritano un ringraziamento, non solo per avermi accompagnato in questo lungo ma affascinante cammino, ma anche per avermi dato stimoli e mezzi per perseguire il mio obiettivo.

Ringrazio di cuore la mia famiglia ed i miei genitori in particolare, per aver sempre creduto in me, nonostante tutto e tutti.

Ringrazio Marco, compagno di vita e a volte anche di sventure, e la sua famiglia, sempre attenta ed interessata. Un grazie particolare va a tutti i miei amici e alle mie colleghe di lavoro, tutti pazienti e comprensivi....

Ringrazio naturalmente il personale del Parco Natura Viva, in particolar modo il Dott. Cesare Avesani Zaborra, che mi ha dato la possibilità di svolgere lo studio, la Dott.ssa Caterina Spiezio, da cui ho appreso un'infinità di cose, e tutti i Keeper dei primati.

Un ringraziamento doveroso va alla Prof.ssa Emanuela Prato Previde per la disponibilità mostratami, e alle Dott.sse Lara Fistarol e Silvia Pagani per il loro contributo nella raccolta dati con i nemestrini, in condizione di isolamento, e con i cercopitechi.

Ancora grazie a tutti...spero un giorno di poter ricambiare.