

SOBRE LA DETERMINACIÓN SUBJETIVA DEL COLOR DE ESPECÍMENES BIOLÓGICOS: EL CASO DEL PELAJE DE PEQUEÑOS MAMÍFEROS

ON THE SUBJECTIVE DETERMINATION OF COLOR IN BIOLOGICAL SPECIMENS: THE CASE OF THE PELAGE OF SMALL MAMMALS

M.L. Sandoval Salinas^{a,b}, J.D. Sandoval^{a,c}, E.M. Colombo^{a,c,*}

a Instituto de Investigación en Luz, Ambiente y Visión (ILAV), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Av. Independencia 1800 – (4000) San Miguel de Tucumán – Tucumán – Argentina

b Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina (PIDBA), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT

Miguel Lillo 205 – (4000) San Miguel de Tucumán – Tucumán – Argentina

c Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión (DLLyV), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT

Av. Independencia 1800 – (4000) San Miguel de Tucumán – Tucumán – Argentina

Recibido: 10/03/18; aceptado: 06/07/18

En el ámbito de las Ciencias Biológicas, la determinación del color de los especímenes es de fundamental importancia para responder una amplia variedad de preguntas. Durante mucho tiempo, la determinación visual del color fue la regla. Posteriormente, se han desarrollado y utilizado varias cartas de color de referencia, tales como las del Sistema de Color de Munsell. Como una primera aproximación a la evaluación del desempeño de observadores en la caracterización del color de especímenes biológicos en condiciones controladas de iluminación, se realizó un experimento psicofísico que implicó la determinación visual del color de especímenes biológicos (micromamíferos de la Colección Mamíferos Lillo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT), por parte de 21 observadores, utilizando 27 fichas de color de Munsell preseleccionadas como referencia. Como una primera aproximación, se puso a prueba la confiabilidad intra- e inter-observadores mediante un análisis descriptivo. Los resultados crudos revelan una confiabilidad intra-observadores muy baja (con un porcentaje promedio de coincidencia en la asignación de la misma ficha de color a los mismos especímenes del 20%). Por otro lado, considerando el número máximo de coincidencias en la asignación de una ficha de color por ejemplar, el 36,4% de las veces (en promedio) distintos observadores asignaron a los mismos ejemplares la ficha de color más elegida. Estos porcentajes mejoran notablemente cuando se flexibiliza la condición de detectar diferencias tan pequeñas como un paso en cualquiera de los tres atributos perceptuales del color (tono, valor y croma). De esta manera, el porcentaje promedio de coincidencia en la asignación de fichas de color equivalentes a los mismos especímenes fue del 68% mientras que el 57,5% de las veces (en promedio) distintos observadores asignaron a los mismos ejemplares las fichas de color equivalentes más elegidas. De los tres atributos perceptuales, cambios pequeños en el tono son los más difícilmente detectados.

Palabras clave: color del pelaje, determinación visual, sistema de Color de Munsell.

In the field of Biological Sciences, the determination of the color of the specimens is of fundamental importance to answer a wide variety of questions. For a long time, the visual determination of color was the rule. Subsequently, several reference color charts, such as those of the Munsell Color System, have been developed and used. As a first approach to the evaluation of the performance of observers in the characterization of the color of biological specimens under controlled lighting conditions, a psychophysical experiment was carried out involving the visual determination of color of biological specimens (small mammals of the Lillo Mammal Collection, Faculty of Natural Sciences and Miguel Lillo Institute, UNT), by 21 observers, using 27 Munsell color chips preselected as reference. As a first approach, intra- and inter-observer reliability was tested through a descriptive analysis. The crude results reveal very low intra-observer reliability (with an average percentage of coincidence in the assignment of the same color chip to the same specimens of 20%). On the other hand, considering the maximum number of coincidences in the allocation of a color chip per specimen, 36.4% of the times (on average) different observers assigned the most chosen color chip to the same specimens. These percentages improve markedly when the condition of detecting differences as small as one step in any of the three perceptual attributes of color (tone, value, and chroma) is relaxed. In this way, the average percentage of coincidence in the assignment of equivalent color chips to the same specimens was 68%, while 57.5% of the times (on average) different observers assigned to the same specimens the equivalent most chosen color chips. Of the three perceptual attributes, small changes in tone are the most difficult to detect.

Keywords: Munsell color system, pelage color, visual determination.

* maritissandoval@yahoo.com.ar

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de las Ciencias Biológicas, la determinación del color y la evaluación de su variación forman la base de una amplia variedad de preguntas de investigación. En consecuencia, el color en sí mismo es a menudo el objetivo principal de los estudios biológicos. El papel del color en los estudios taxonómicos y sistemáticos de numerosos taxones es central, ya que es una característica tangible importante. En este sentido, la caracterización del color es una de las tareas más importantes en las descripciones de los taxones y en las comparaciones simultáneas y/o posteriores entre los mismos.

Se han utilizado diferentes metodologías para estudiar la coloración de las especies animales. Durante mucho tiempo, la determinación visual del color fue la regla (1, 2, 3). Y aunque actualmente existe equipamiento electrónico sofisticado para cuantificar el color y determinar de manera objetiva la coloración de los taxones (4), la gran mayoría de los estudios que incluyen el color en la evaluación de diferentes problemas del ámbito de las Ciencias Biológicas, todavía implica la determinación subjetiva del color de los especímenes. Se ha discutido ampliamente que el filtrado de los datos de color a través del sistema sensorial humano introduce algunos problemas en el análisis del color (5, 6, 7, 8, 9). Incluso se ha desacreditado el uso de las determinaciones subjetivas del color de los especímenes, principalmente por su naturaleza cualitativa, lo que limita las posibilidades del tratamiento estadístico de los datos e impone dificultades para la replicación de las experiencias que involucran su obtención. Aún más, aún cuando se utilizan cartas de color como referencia (como las del Munsell® Book of Color), Endler (1990) identifica cinco debilidades de estas técnicas: 1) los distintos espectros de la luz ambiental afectan de distintas maneras a la percepción del color; 2) las cartas de color son vulnerables al paso del tiempo; 3) las personas varían con respecto a su evaluación del color, y varios factores (como por ejemplo, el cansancio) pueden complicar aún más la evaluación del color; 4) los colores adyacentes pueden afectar la apariencia del color que se pretende evaluar; 5) los estándares de color humanos se basan en la percepción humana del color, en lugar de en las percepciones de los animales (cabe aclarar que esta última limitación no tiene relación con los alcances de este estudio, que se ocupa de aplicaciones del color en la taxonomía, actividad realizada por los seres humanos con el fin de identificar y clasificar a los demás seres vivos).

Sin embargo, diversos estudios en Ciencias Biológicas muestran correlaciones significativas entre determinaciones subjetivas del color (realizadas por ejemplo mediante comparación del objeto cuyo color se quiere determinar con cartas de color de referencia) y mediciones objetivas del color (realizadas por ejemplo mediante espectroradiómetros) (e.g., 8, 11). De hecho,

estos métodos subjetivos tradicionales para caracterizar el color son considerados muy útiles si se aplican e interpretan cuidadosamente (12). Estos estudios, entre otros, apoyan al mantenimiento de métodos subjetivos cualitativos, como tradicionalmente se ha determinado el color en el ámbito de las Ciencias Biológicas, y como actualmente se lo continúa determinando (e.g., 13).

Como una primera aproximación, nuestra intención es evaluar la confiabilidad intra- e inter-observadores cuando se resuelve una tarea sencilla de determinación subjetiva del color de especímenes biológicos. Específicamente, las preguntas que intentamos responder son las siguientes: ¿Cómo varía la determinación visual del color del pelaje de especímenes de una especie de micromamífero, entre diferentes determinaciones de un mismo observador? Y ¿Cómo varía la determinación visual del color del pelaje de especímenes de una especie de micromamífero, entre observadores? En el presente trabajo presentamos una primera aproximación a la evaluación cualitativa del desempeño de observadores en la caracterización del color de especímenes biológicos en condiciones controladas de iluminación y observación.

II. MÉTODOS

Se realizó un experimento psicofísico que implicó la determinación visual del color, por parte de 21 observadores de entre 25 y 50 años, de especímenes biológicos (micromamíferos de la Colección Mamíferos Lillo, Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT), utilizando 27 fichas de color de Munsell preseleccionadas como referencia.

Fichas de color de Munsell

Las variables de análisis de cada color en el sistema Munsell son el tono, el valor y el croma (13). Hay 5 tonos principales: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P). Entre estos se ubican otros 5 tonos llamados intermedios: amarillo-rojo (YR), verde-amarillo (GY), azul-verde (BG), púrpura-azul (PB) y rojo-púrpura (RP). Se asigna una escala de variación de 1 a 10 para cada tono principal e intermedio. El valor se refiere a la claridad del color. En la escala de neutros (grises), al negro le corresponde el 0 y al blanco el 10. Esta escala se aplica también a cualquier color cromático por comparación con el valor del gris correspondiente. El número que simboliza el valor se coloca a continuación de su denominación de tono. El croma evalúa la variación entre un color intenso (máxima pureza) y uno apagado (grisáceo), suponiendo que posean el mismo tono e idéntico valor. Se simboliza con una serie de números que parte de 0 (neutro) y crece hasta un número correspondiente a la máxima pureza (14 para R, 8 para BG, etc). El número que simboliza el croma se agrega a continuación del valor.

Las 27 fichas de color de Munsell utilizadas en este estudio fueron preseleccionadas por los autores del trabajo mediante una serie de experiencias piloto, que

consistieron en la determinación del color de una submuestra de especímenes por medio del emparejamiento de cada individuo a una ficha de color de entre todas las disponibles en el Munsell® Book of Color. De estas experiencias piloto, resultaron seleccionadas las fichas que se detallan en la Tabla 1. Las fichas corresponden a un ejemplar recientemente adquirido del Munsell® Book of Color, con lo que se asume que los colores presentados están prácticamente inalterados. Para evitar que las fichas de color sean manipuladas (lo que podría alterar la percepción de su color), se montaron sobre un soporte plástico especialmente diseñado y fabricado en el DLYV-ILAV mediante una impresora 3D. Cada uno de los soportes estaba numerado con un número, entre el 1 y el 27.

TABLA 1: FICHAS DE COLOR MUNSELL PRESELECCIONADAS PARA EL EXPERIMENTO PSICOFÍSICO

Tono	Valor	Croma
2.5Y	V3	C2
		C4
	V4	C2
		C4
2.5YR	V2	C2
	V3	C2
	V4	C2
5YR	V2	C2
		C4
	V3	C2
		C4
	V4	C2
		C4
7.5YR	V2	C2
		C4
	V3	C2
		C4
	V4	C2
V5	C2	
10YR	V3	C2
		C4
		C6
	V4	C2
		C4
		C6

Especímenes biológicos

Los especímenes biológicos corresponden a prácticamente la misma muestra que fue anteriormente estudiada mediante una metodología objetiva (53 de los 54 especímenes de [14, 15]) con la adición de tres especímenes de la misma especie que no habían sido incluidos en los trabajos mencionados, totalizando 56 especímenes. Todos los especímenes consisten en pieles secas taxidermizadas, rellenas con algodón y con fragmentos de alambre en su interior para sostener las patas y la cola. Las etiquetas con los datos de cada espécimen están unidas a la pata trasera de la piel con hilo de algodón. Dichas etiquetas se mantuvieron ocultas

a los observadores durante todo el experimento de manera de preservar la identidad y demás datos de los especímenes.

Experimento psicofísico

Los especímenes fueron presentados en el interior de una cabina de iluminación difusa construida en el DLYV-ILAV (que consiste en una caja blanca difusora rectangular de 60x60x90 cm iluminada por cuatro lámparas halógenas de 12 V DC 50 WW). En el interior de dicha cabina, por delante del soporte para el espécimen, estaban dispuestas de manera aleatoria, desordenada, todas las fichas de color de Munsell (Figura 1).

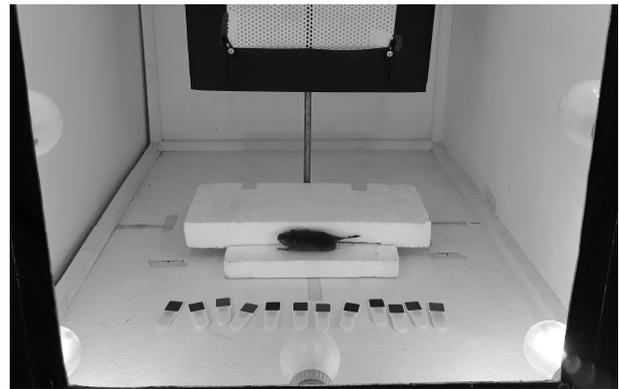


Figura 1: Disposición de un ejemplar y de algunas de las fichas de color en el interior de la cabina de iluminación difusa.

Cada uno de los 21 observadores determinó el color del punto medio del dorso de entre 10 y 18 especímenes (Tabla 2). Los especímenes fueron distribuidos aleatoriamente entre los observadores, asegurando la repetición de especímenes. Para controlar la consistencia entre observadores, 48 de los 56 especímenes fueron evaluados por lo menos por dos observadores (Tabla 2). Por otro lado, para controlar la consistencia de cada observador, todos los observadores evaluaron como mínimo dos veces y como máximo cuatro veces un mismo espécimen; tres observadores (elegidos al azar) evaluaron tres veces entre uno y tres especímenes (Tabla 2).

Los especímenes se presentaban en el interior de la cabina uno por vez, siendo reemplazados por uno de los autores del trabajo luego de concluida cada determinación. No se impuso un límite de tiempo para las determinaciones de color por espécimen ni para el trabajo completo por observador.

Las determinaciones fueron registradas por los autores del trabajo en planillas por observador, en las que además de especificarse el número del espécimen y el número de la ficha de color elegida, se tomaron otros datos que pudieran ser relevantes (hora de inicio y finalización del experimento, tiempo empleado en cada una de las determinaciones y otras observaciones).

Los datos tomados fueron analizados cualitativamente con el fin de evaluar la confiabilidad intra- e inter-observadores.

TABLA 2: DISTRIBUCIÓN DE ESPECÍMENES POR OBSERVADOR PARA LA REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO PSICOFÍSICO. ID: ESPECÍMENES. NOBS: NÚMERO DE OBSERVADORES QUE EVALUARON UN DETERMINADO ESPECÍMEN. NDET: NÚMERO TOTAL DE EVALUACIONES PARA UN MISMO ESPECÍMEN. 1, 2 Y 3: ESPECÍMENES EVALUADOS UNA, DOS O TRES VECES, RESPECTIVAMENTE, POR UN OBSERVADOR.

ID	OBSERVADORES																					Nobs	Ndet
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
1										1				1				1	2	1	2	6	8
2			1				1			1					1	1			1	1	2	8	9
3	1		2							1			1								2	5	7
4		1		2		1		2				2										5	8
5			1		1					1	2						1				2	6	8
6			1	1											2		2				1	5	7
7				1	1				1				2							3	1	6	9
8			2				2						1		1		2			3	1	7	12
9		1				1		1					1									4	4
10			1	2	2				2				1			1	1	2		3	1	10	16
11		1				1				1				1								4	4
12			1			1				1				1	1	1			2	1		8	10
13	1							1				1				2	1			2	1	7	9
14	1	1				1					2											4	5
15													1									1	1
16														1								1	1
17				2											1							2	3
18					1																	1	1
19	2				2		1		2	1		2		1								7	11
20			1				1		1		1		1							2	1	5	5
21		1				1																2	2
22							1	2														2	3
23									1													1	1
24										1												1	1
25											1											1	1
26				1							1				2	3		1				5	8
27		2										1										2	3
28						2						1										2	3
29	1		2											2		1	1	2	2			7	11
30			1		1										1				1			4	4
31																			2			1	2
32							1											2	1			3	4
33		1				1																2	2
34								1									1					2	2
35									1							1	1					3	3
36				1	1				1			1			1	1	1					7	7
37										1			1		1	1						4	4
38			2				2				2				2	1	1					6	10
39				1		1		1				1										4	4
40			1							2						1	1				1	5	6
41						2																1	2
42	1															1						2	2
43							1						2									2	3
44	1			1			2			1			1									5	6
45					1			1			2			1								4	5
46									1			1			2							3	2
47								1				1										2	2
48				1					1			1										3	3
49					1					2	1											3	4
50	1			2	1		1	2	1	1	1	2	1	1	1							12	14
51	2				2		1		2		1		2		1							7	11
52		3		1		1		1		1		1		1								7	9
54		1				1																2	2
55	1				1		1		1		1		1		1							7	7
56		3		1		2		1		2		1		2								7	12
Total	12	15	15	18	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10	10	15	15	

III. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de consistencia intra- e inter-observadores.

Consistencia de cada observador

Los resultados crudos revelan una confiabilidad intra-observadores muy baja, con un porcentaje

promedio de coincidencia en la asignación de la misma ficha de color a los mismos especímenes del 20% (que surge de promediar los porcentajes de coincidencia de los 21 observadores; Tabla 3).

TABLA 3: RESULTADOS CRUDOS EN RELACIÓN A LA CONSISTENCIA DE CADA OBSERVADOR. REPS: NÚMERO DE REPETICIONES PARA ESE OBSERVADOR. COINC: NÚMERO DE COINCIDENCIAS EN LA ELECCIÓN DE FICHAS PARA UN MISMO ESPECÍMEN. %COINC: PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS.

Observador	Reps	Coinc	%Coinc
1	1	0	0%
2	3	0	0%
3	3	0	0%
4	3	0	0%
5	3	0	0%
6	3	0	0%
7	3	0	0%
8	2	0	0%
9	1	1	100%
10	3	1	33%

11	3	2	67%
12	4	0	0%
13	4	1	25%
14	3	0	0%
15	2	1	50%
16	3	0	0%
17	4	1	25%
18	3	1	33%
19	3	1	33%
20	3	1	33%
21	4	1	25%
Total	61	11	20%

Consistencia entre observadores

Los resultados crudos muestran que, considerando el número máximo de coincidencias en la asignación de una ficha de color por ejemplar, el 36,4% de las veces (promediando los porcentajes de asignación a cada uno de los 56 ejemplares de la ficha de color más elegida) distintos observadores asignaron a los mismos ejemplares la ficha de color más elegida (Figura 2).

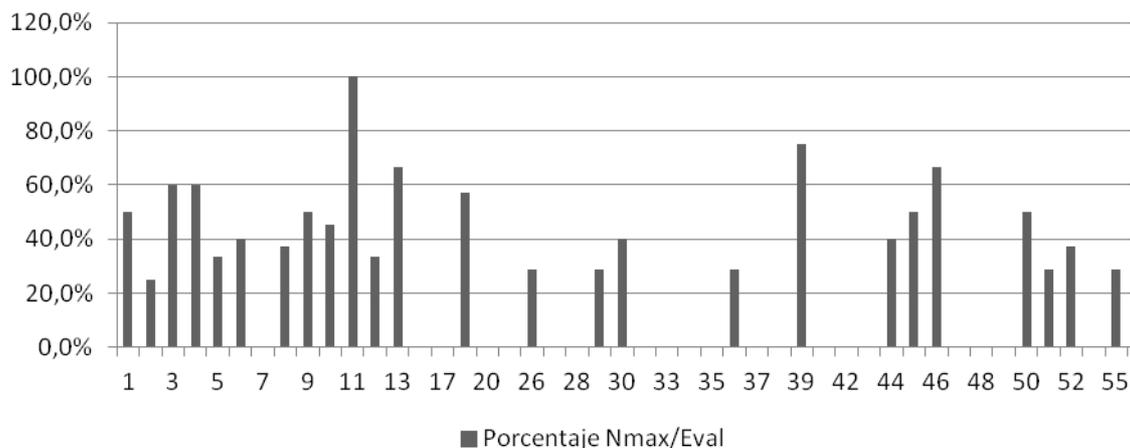


Figura 2: Resultados crudos en relación a la consistencia entre observadores. Porcentaje Nmax/Eval: Porcentaje de asignación de la ficha de color más elegida a cada uno de los especímenes, calculado a partir del cociente entre el N máx (número máximo de veces que fue elegida la misma ficha de color para cada espécimen) y las Eval (número total de evaluaciones para un mismo espécimen).

Equivalencia de fichas de color

Analizando en detalle qué fichas son asignadas a cada uno de los especímenes, se insinúa una tendencia interesante. En el caso de la consistencia de cada observador (Tabla 3), en 22 casos un mismo observador caracterizó el color de un mismo espécimen con fichas que difieren en un salto en tono. Estos 22 casos representan un 36% de las repeticiones (n=61). Por otro lado, en 6 casos un mismo observador caracterizó el

color de un mismo espécimen con fichas que difieren en un salto en tono y uno en valor. Estos 6 casos representan un 10% de las repeticiones. Por último, en 4 casos un mismo observador caracterizó el color de un mismo espécimen con fichas que difieren en dos saltos en tono y uno en croma. Estos 4 casos representan un 7% de las repeticiones.

Dadas estas tendencias, se planteó la consideración como equivalentes de las fichas que difieren en un salto en tono, a aquellas que difieren en un salto en tono y

uno en valor, y a aquellas que difieren en dos saltos en tono y uno en croma. Con este criterio, se establecieron 16 pares de fichas de color equivalentes (Tabla 4).

Teniendo en cuenta este replanteo en el conjunto original de fichas de color, se volvieron a calcular los porcentajes de coincidencias en la asignación de fichas por parte de un mismo observador para un mismo espécimen. Como era esperable, los porcentajes de

coincidencia mejoran notablemente cuando se flexibilizan las condiciones en relación a la equivalencia de las fichas, de tal manera que el porcentaje promedio de coincidencia en la asignación de fichas de color equivalentes a los mismos especímenes es ahora del 68% (que surge de promediar los porcentajes de coincidencia de los 21 observadores; Tabla 5).

TABLA 4: PARES DE FICHAS DE COLOR EQUIVALENTES OBTENIDOS AL FLEXIBILIZAR LA CONDICIÓN DE LA DETECCIÓN DE DIFERENCIAS EQUIVALENTES A UN SOLO PASO EN CUALQUIERA DE LOS TRES ATRIBUTOS PERCEPTUALES DEL COLOR.

		5YR			7.5YR				10YR					
		V2	V3	V4	V2	V3	V4	V3	V4	V3	V4			
		C2	C2	C2	C2	C4	C2	C4	C2	C4	C2	C4	C2	C4
2.5 Y	V3	C2								X				
		C4									X			
	V4	C2											X	
2.5 YR	V2	C2	X											
	V3	C2		X										
	V4	C2			X									
5 YR	V2	C2	-		X									
		C4	-			X								
	V3	C2	-	-			X							
		C4	-	-				X						
	V4	C2	-	-	-				X					
	C4	-	-	-					X					
7.5 YR	V3	C2	-	-	-	-	-	-		X				
		C4	-	-	-	-	-	-			X			
	V4	C2	-	-	-	-	-	-				X		
		C4	-	-	-	-	-	-					X	

TABLA 5: RESULTADOS EN RELACIÓN A LA CONSISTENCIA DE CADA OBSERVADOR CUANDO SE FLEXIBILIZA LA CONDICIÓN DE LA DETECCIÓN DE DIFERENCIAS EQUIVALENTES A UN SOLO PASO EN CUALQUIERA DE LOS TRES ATRIBUTOS PERCEPTUALES DEL COLOR. REPS: NÚMERO DE REPETICIONES PARA ESE OBSERVADOR. COINC: NÚMERO DE COINCIDENCIAS EN LA ELECCIÓN DE FICHAS PARA UN MISMO ESPECÍMEN. %COINC: PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS.

Observador	Reps	Coinc	%Coinc
1	1	0	0%
2	3	2	67%
3	3	3	100%
4	3	1	33%
5	3	2	67%
6	3	2	67%
7	3	3	100%
8	2	1	50%
9	1	1	100%
10	3	2	67%
11	3	2	67%
12	4	1	25%
13	4	4	100%

14	3	2	67%
15	2	1	50%
16	3	2	67%
17	4	3	75%
18	3	1	33%
19	3	3	100%
20	3	3	100%
21	4	4	100%
Total	61	43	68%

De la misma manera, los valores presentados en la Figura 1 mejoran notablemente cuando se flexibiliza la condición de detectar diferencias tan pequeñas como un paso en cualquiera de los tres atributos perceptuales del color (tono, valor y croma). Considerando las tendencias observadas en el análisis de la consistencia de cada observador, se volvieron a calcular los valores en relación a la coincidencia en la asignación de fichas por parte de distintos observadores para un mismo espécimen (Figuras 3 y 4), considerando como equivalentes a las fichas que difieren en un salto en tono, a aquellas que difieren en un salto en tono y uno en valor, y a aquellas que difieren en dos saltos en tono y uno en croma (Tabla 4). En esta ocasión, el 57,5% de las veces (en promedio) distintos observadores asignaron a los mismos ejemplares las fichas de color equivalentes más elegidas (Figura 5).

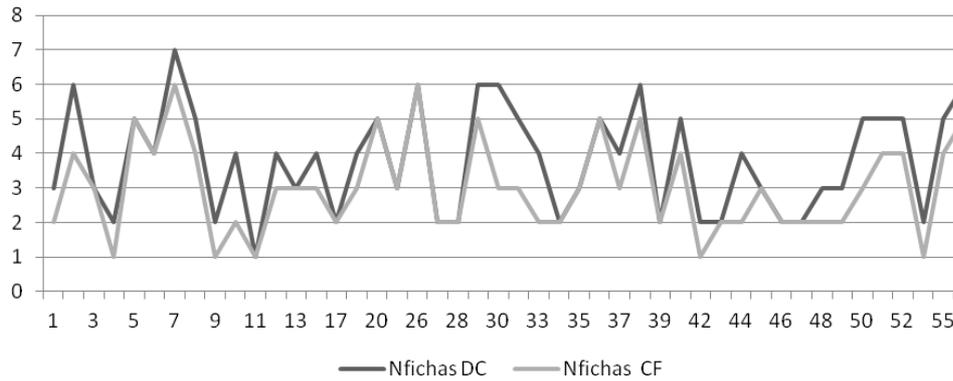


Figura 3: Resultados en relación a la consistencia entre observadores: comparación entre los resultados crudos (DC) y los resultados analizados cuando se flexibiliza la condición de la detección de diferencias equivalentes a un solo paso en cualquiera de los tres atributos perceptuales del color (CF). Nfichas: Número de fichas diferentes utilizadas para caracterizar el color de cada espécimen, ya sean fichas individuales (en el caso de los datos crudos) o conjuntos de fichas equivalentes (en el caso de la condición flexibilizada). Números 1 a 56: especímenes.

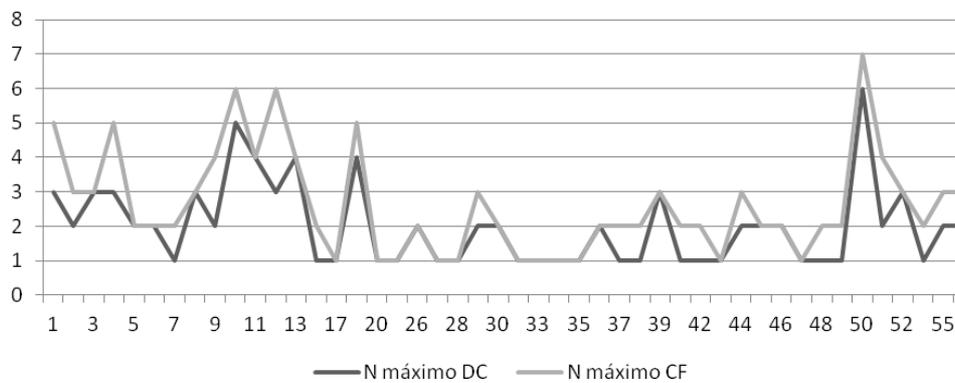


Figura 4: Resultados en relación a la consistencia entre observadores: comparación entre los resultados crudos (DC) y los resultados analizados cuando se flexibiliza la condición de la detección de diferencias equivalentes a un solo paso en cualquiera de los tres atributos perceptuales del color (CF). N máximo: Número máximo de veces que fue elegida la misma ficha de color para cada espécimen, ya sea una ficha individual (en el caso de los datos crudos) o una de un conjunto de fichas equivalentes (en el caso de la condición flexibilizada). Números 1 a 56: especímenes.

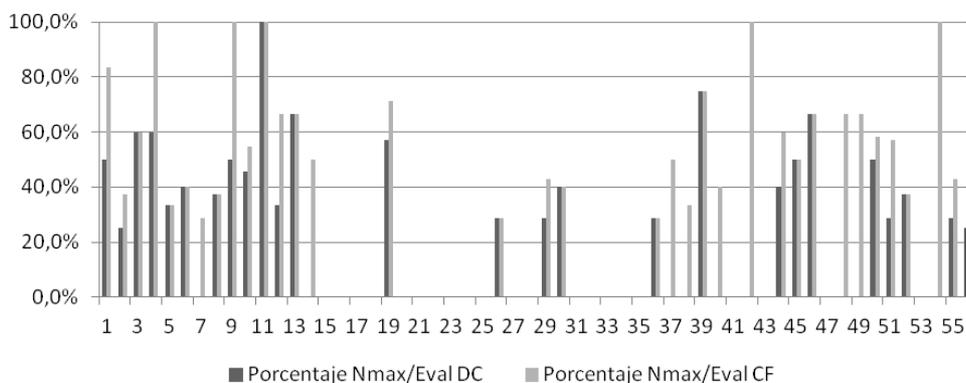


Figura 5: Resultados en relación a la consistencia entre observadores: comparación entre los resultados crudos (DC) y los resultados analizados cuando se flexibiliza la condición de la detección de diferencias equivalentes a un solo paso en cualquiera de los tres atributos perceptuales del color (CF). Porcentaje N_{máx}/Eval: Porcentaje de asignación de la ficha de color más elegida a cada uno de los especímenes, calculado a partir del cociente entre el N_{máx} (número máximo de veces que fue elegida la misma ficha de color para cada espécimen) y las Eval (número total de evaluaciones para un mismo espécimen). Números 1 a 56: especímenes.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados del experimento realizado, la confiabilidad inter e intra-observadores es baja cuando se impone la condición de detectar diferencias tan pequeñas como un solo paso en cualquiera de los atributos perceptuales del color (tono, valor y croma), con 20 y 36,4% de confiabilidad, respectivamente. Sin embargo, estos porcentajes mejoran notablemente cuando se flexibiliza esta condición: la confiabilidad inter-observador se incrementa hasta un 68% y la confiabilidad intra-observador hasta un 57,5%.

Encontrar la mejor técnica para analizar el color de los pelos todavía es un desafío (16) dado que el objeto a medir presenta una gran complejidad cromática, propia del pelaje de los mamíferos. En este sentido, intentar la igualación de un objeto tridimensional, cromáticamente heterogéneo (en este caso, los especímenes de micromamíferos), con una superficie de color homogénea (las fichas de color de Munsell), es una tarea que, además de la dificultad propia de una tarea de igualación de color, presenta dificultades adicionales. La particularidad de la tarea relacionada con la igualación de un objeto cromáticamente heterogéneo con uno homogéneo, puede explicar por qué con menos fichas (es decir, cuando se considera a determinadas fichas como equivalentes) aumentan las coincidencias en la asignación de un color a un espécimen determinado. Si los saltos perceptuales entre las fichas son mayores, los observadores se enfrentan a un menor nivel de incertidumbre al evaluar el espécimen cromáticamente heterogéneo: dado que fichas muy similares pueden seleccionarse para igualar colores ligeramente diferentes presentes en los especímenes, la presentación de un menor número de fichas con un menor nivel de similitud entre ellas implica una disminución de gran parte de la incertidumbre del observador relacionada con la selección de cuál de todos los colores ligeramente diferentes presentes en los especímenes igualar. De esta manera, la nueva escala cromática implica un aumento de la precisión de las mediciones.

En relación a los tres atributos perceptuales, cambios pequeños en el tono son los más difícilmente detectados. Por otro lado, cambios pequeños en el croma son los más fácilmente detectados.

Estas tendencias permiten reflexionar sobre algunas cuestiones interesantes en relación al diseño experimental: Si bien las fichas de color utilizadas en el experimento pueden parecer a priori relativamente pocas, es importante destacar que cubrían una zona reducida del espacio de color de Munsell (ya que se trataba de fichas muy próximas, de tonos adyacentes y sin grandes variaciones en valor y croma). Aún más, dados los resultados del experimento, pareciera que de las 27 fichas de color iniciales sería aconsejable seleccionar un conjunto de fichas aún más reducido, que cubrieran la misma zona del espacio de color de Munsell. Es decir, si se consideran como equivalentes

fichas que difieren en un salto de tono, fichas que difieren en un salto de tono y uno de valor, y fichas que difieren en dos saltos de tono y uno de croma, el conjunto de fichas tendría aún menos que 27 fichas. Como se mencionó, una disminución en el número de fichas de color que cubran la zona del espacio de color de Munsell correspondiente a los colores presentes en el dorso de la especie de micromamífero estudiada, puede aceptarse como razonable, si se considera el complejo patrón de colores que presenta el pelaje, aún cuando se restrinja -como se hizo- la zona de medición.

Resta mencionar que, si bien la preselección de fichas de color se hizo mediante una experiencia piloto controlada, pudo haber resultado en un conjunto de fichas aparentemente "incompleto", es decir, en un conjunto de fichas que no incluyeran todas las variantes de color que los observadores consideraban necesarias para que el color de todos los especímenes se ajustara a una ficha. De hecho, en no pocas ocasiones los observadores manifestaron la necesidad de elegir una ficha que se aproximaba al color del espécimen en cuestión, sin encontrar entre las fichas disponibles una que se ajustara mejor. Sin embargo, esta situación también podría explicarse por la complejidad del patrón de colores del pelaje, haciendo difícil la tarea de emparejar un patrón cromático heterogéneo con una superficie de color homogénea.

Es aconsejable que, en el ámbito de las Ciencias Biológicas, se recurra más generalizadamente a la medición cuantitativa, objetiva, del color. Sin embargo, la aplicación de métodos subjetivos no debería implicar una relajación de los protocolos de medición. Por el contrario, parece necesario establecer protocolos que permitan superar las debilidades que se atribuyen a los mismos, estableciendo estándares en cuanto a los iluminantes utilizados durante el proceso de determinación colorimétrica, la antigüedad de las cartas de color involucradas, las características de los observadores implicados, las características del ambiente en el que tienen lugar las determinaciones, etc.

V. REFERENCIAS

- 1 – Boff K.R., L. Kaufman y J.P. Thomas (Eds.), "Handbook of Perception and Human Performance, Vol. I: Sensory Processes and Perception", John Wiley and Sons, New York (1986).
- 2 – Gibson J.J., "The Ecological Approach to Visual Perception", Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (1986).
- 3 – Bruce V., P.R. Green y M.A. Georgeson, "Visual Perception: Physiology, Psychology, and Ecology", Cuarta Edición, Psychology Press; Hove y London (2003).
- 4 – Johnsen, S., "How to measure color using spectrometers and calibrated photographs", *Journal of Experimental Biology* 219, 772-778 (2016).
- 5 – Endler J.A., "On the measurement and classification of colour in studies of animal colour

patterns”, *Biological Journal of the Linnean Society* 41:315-352 (1990).

6 – Cuthill I.C. y A.F. Bennett, “Mimicry and the eye of the beholder”, *Proceedings of the Royal Society of London B* 253:203-204 (1993).

7 – Bennett A.T.D., I.C. Cuthill y K.J. Norris, “Sexual selection and the mismeasure of color”, *American Naturalist* 144(5):848-860 (1994).

8 – Grill C.P. y V.N. Rush, “Analysing spectral data: comparison and application of two techniques”, *Biological Journal of the Linnean Society* 69(2):121-138 (2000).

9 – Özgen E. y I.R.L. Davies, “Acquisition of categorical color perception: a perceptual learning approach to the linguistic relativity hypothesis”, *Journal of Experimental Psychology: General* 131(4):477-493 (2002).

10 – Zuk M. y J.G. Decruyenaere, “Measuring individual variation in colour: a comparison of two techniques”, *Biological Journal of the Linnean Society* 53: 165-173 (1994).

11 – Melgosa M., M.J. Rivas, E. Hita y F. Viénot, “Are we able to distinguish color attributes?”, *Color Research and Application* 25(5):356-367 (2000).

12 – Graves G.R., “Head color and caruncles of sympatric *Cathartes* vultures (Aves: Cathartidae) in Guyana and their possible function in intra- and interspecific signaling”, *Proceedings of the Biological Society of Washington* 129:66–75 (2016).

13 – Caivano J.M., “Sistemas de orden del color”, Serie Difusión, Secretaría de Investigaciones en Ciencia y Técnica, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires (1995).

14 – Sandoval Salinas M.L., J.D. Sandoval y E.M. Colombo, “Objective measurement of *Akodon budini* dorsal coloration: methodological concerns”, *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 14, <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150004> (2016).

15 - Sandoval Salinas, M.L., R.M. Barquez, E.M. Colombo y J.D. Sandoval, “Intra-specific pelage color variation in a South American small rodent species”, *Brazilian Journal of Biology*, <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00615> (2016).

16 – Vaughn, M., R. van Oorschot y S. Baidur-Hudson, “Hair color measurement and variation”, *American Journal of Physical Anthropology* 137(1):91–96 (2008).