

AÑO 1 n° 1 Julio 2021
ISSN 2796- 7581

IDEA sobre fauna

Lagartija o chelco chaqueño

Amarillo patito y verde botella:

¿Cómo estudiamos los colores de los animales?

Ciencia *infraganti*:

Breve guía para conocer por qué se hace ciencia y su importancia para el desarrollo y bienestar de la sociedad

Científicas y científicos sin fronteras:

Entrevista a Camila Neder



UNC

Universidad Nacional de Córdoba

I D E A



Revista +IDEA Sobre Fauna

Año 1 n° 1 Julio 2021
ISSN 2796- 7581

Publicación trimestral del Instituto
de Diversidad y Ecología Animal
CONICET-UNC

Edición general:
Tamara Maggioni
Germán González

Equipo editorial:
Fedra Bollatti
Sergio Naretto
Camila Neder
Nicolás Pelegrin
Matías Andrés Izquierdo
Franco Cargnelutti

Diseño gráfico e infografías:
Manuel F. Sosa San Román

Contribuyen en este número:
Nicolás Pelegrin, Sergio Naretto,
Nicola Rossi, Nicolás Ceccheto,
Santiago Castillo, Fernando Barri,
Camila Neder, Tamara Maggioni

Fotografías adicionales:
Alvina Lèche, David Vergara,
Manuel F. Sosa San Román, Nicolás
Pelegrin, Archivo institucional IDEA

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del IDEA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Índice

3 Editorial

4 Lagartija o chelco chaqueño

Tiempo de lectura: 6 min

8 Amarillo patito y verde botella: ¿Cómo estudiamos los colores de los animales?

Tiempo de lectura: 13 min

18 Sección de fotos

Tiempo de lectura: 3 min

24 Ciencia *infraganti*: Breve guía para conocer por qué se hace ciencia y su importancia para el desarrollo y bienestar de la sociedad

Tiempo de lectura: 12 min

31 Científicas y científicos sin fronteras

Tiempo de lectura: 12 min



Amarillo patito y verde botella:

¿Cómo estudiamos los colores de los animales?

¿Alguna vez te preguntaste por qué los plumajes de algunas aves son extremadamente llamativos, por qué el camaleón cambia de color, o por qué los colibríes tienen plumas iridiscentes y algunos escarabajos colores metálicos? Los colores de los animales representan un tema que ha apasionado a biólogos y amantes de la naturaleza desde siempre. Pero el color es algo tan común en nuestras vidas que es difícil de entender que lo que vemos es, en realidad, una experiencia subjetiva atravesada por nuestra percepción. Es por esto que cuando realizamos estudios científicos de coloración necesitamos métodos apropiados que aseguren una medición objetiva y precisa. Los datos objetivos nos ayudan a desprendernos de esa subjetividad del observador.

Datos de coloración: ¿qué son y para qué nos sirven?

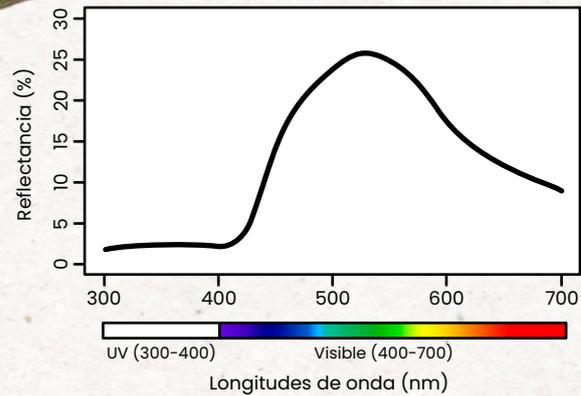
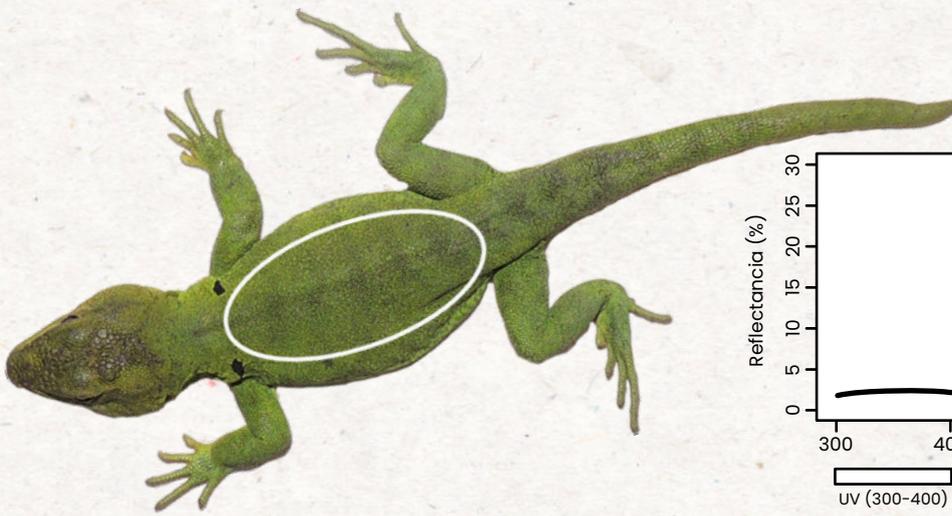
Los colores que perciben nuestros ojos pueden ser traducidos a información más objetiva, lo cual permite que todos podamos estudiarlos sin riesgos de interpretarlos de maneras distintas. Esta información es lo que se conoce como datos de coloración. Describir los colores con números facilita cumplir el requerimiento de repetibilidad y reproducibilidad en ciencia. Es decir, que si medimos más de una vez, el resultado debería ser el mismo. En algunos estudios solo analizamos la variedad de colores que presentan los animales, pero en otros necesitamos indagar cómo los animales perciben los colores. Por ejemplo, para determinar el camuflaje de las especies, comparamos el color del animal con el color del entorno. En este caso, no basta con analizar los colores «como los percibe el ser humano», sino que es necesario analizarlos como los ve el animal. La efectividad de un camuflaje dependerá de la forma en que el depredador percibe los colores de su presa. Por otra parte, en el ámbito de las tecnologías, los colores de la naturaleza son una fuente de inspiración para el desarrollo de productos industriales con beneficios económicos y ambientales. Estudiar los mecanismos que generan el color en los animales ha permitido copiar la estructura de estos biomateriales y generar colores artificiales. Por ejemplo, la nanoestructura de las escamas de las alas de mariposas permitió entender cómo se mueve la energía en espacios diminutos; y basados en dicha estructura se han construido productos con propiedades ópticas específicas.



Otras aplicaciones que surgieron de imitar la coloración de la naturaleza son los sensores ópticos, productos cosméticos, pinturas para evitar los efectos de la degradación por radiación solar y marcas de seguridad anti falsificación para billetes, entre muchas otras.

Iluminados por la biología del color

La biología del color estudia, básicamente, los colores. Pero para definir qué es el color debemos empezar por definir lo que entendemos por luz. La luz es la energía propagada en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético. En consecuencia, podemos definir a la coloración como una propiedad física que depende de las características de una superficie para absorber y reflejar luz. En los animales el color puede estar producido por pigmentos que



Curva de reflectancia del color del dorso del lagarto verde de Achala (*Pristidactylus achalensis*) donde se puede apreciar el pico del color en las longitudes de onda correspondientes al verde (520 nm) y en este caso nula expresión de colores ultravioletas.

absorben determinadas longitudes de onda de la luz del sol y reflejan otras. Pero además, el color puede estar determinado por las nanoestructuras, es decir, por la arquitectura a escala muy pequeña. Esa estructura puede modificar la forma en que la luz se refleja. Cuando hablemos de medir color en este artículo, básicamente estaremos hablando de medir propiedades ópticas de una superficie en un determinado rango de longitudes de ondas. Podemos describir al color según tres atributos: tono, saturación y brillo. El tono corresponde a la ubicación del estímulo en el espectro de acuerdo a las longitudes de onda. Por ejemplo, rojo y azul están asociados a distintos picos de longitudes de onda. La saturación se refiere a cuán puro es ese tono. Por último, el brillo es la intensidad de luz reflejada. Los avances tecnológicos han permitido mejorar las mediciones de la coloración, que se pueden hacer en diversos animales sin distinción del tipo de superficie: piel, escamas, plumas, superficies duras o blandas, desde organismos diminutos a gigantes, de acuáticos a terrestres.

Veo, veo... pero ¿Cómo ven los demás?

La percepción del color es un proceso que depende tanto de las características del ojo que está mirando, como de los procesos cognitivos que interpretan esas señales visuales. En otras palabras, del procesamiento que hace nuestro cerebro de esa información. La visión del color ocurre mediante la captura de luz por un ojo que puede analizar las diferentes longitudes de onda del estímulo. En el caso de la visión de los animales, en general nos interesan las longitudes de onda entre 300 a 700 nanómetros (el rango de 300 a 400 nm comprende luz UV y el rango de 400 a 700 nm el rango visible por el ser humano).



Los ojos captan los fotones por medio de células fotorreceptoras. Para ver en color, se requieren al menos dos tipos de estas células. Las especies de animales se pueden clasificar en di, tri o tetra cromáticos según la cantidad de tipos de fotorreceptores que tengan. No solo la cantidad de fotorreceptores, sino la sensibilidad de los mismos determinará la visión de las especies. Distinguir entre dos colores puede resultar difícil para algunas especies y muy fácil para otras. Una forma de entender este fenómeno es imaginar estar sosteniendo en una mano una piedra de 1 kilogramo y en la otra mano una piedra de 950 gramos, ¿podríamos ser capaces de diferenciar cuál es más pesada? Quizás otras especies son más o menos sensibles. Sucede lo mismo con diferentes colores; la sensibilidad del ojo del organismo receptor determina la capacidad de discriminar dos colores como diferentes. Si bien conocemos la cantidad y sensibilidad de los fotorreceptores de los ojos en diversos grupos de animales, en muchas especies esto aún no ha sido estudiado. Contando con esta información podemos representar el estímulo visual según cómo lo reciben los animales. Es decir, podemos interpretar cómo ven los animales.

La ciencia detrás de las herramientas para medir colores

Si bien existen diversos métodos para medir el color, solo describiremos las generalidades de las dos metodologías más utilizadas por los investigadores: la espectrofotometría y las imágenes digitales.

1672

Isaac Newton publica sus trabajos sobre la óptica



1776



El ojo humano como instrumento



Linneaus clasifica los animales usando la vista para establecer caracteres significativos

1850



Colorímetro de Duboscq

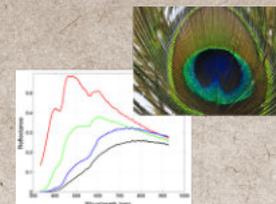


Se logra medir la densidad de diferentes sustancias usando la absorción de la luz

1950



Beckman inventa el primer espectrofotómetro



Se identifica el espectro de color de diferentes superficies

1990



Imágenes digitales con cámaras modificadas



Extensión de la coloración en todo el rango espectral

Espectrofotometría

Un espectrofotómetro es un instrumento diseñado para medir la cantidad de luz reflejada por una superficie en las diferentes longitudes de onda del espectro. Este dispositivo de medición está compuesto de:

- Una fuente que emite luz con intensidad conocida en un rango de longitudes de onda determinadas.
- Una fibra óptica que mide la cantidad de energía que refleja la superficie en estudio.

El espectrofotómetro nos otorga medidas objetivas sobre la intensidad de luz reflejada para cada longitud de onda (ver infografía). Cabe destacar que la medición de la reflectancia no es una medida absoluta sino un porcentaje en relación a una medida conocida. Esto implica que debemos comparar las mediciones de luz reflejada por la superficie con la medición en una superficie conocida, que denominaremos estándar. Un estándar adecuado es una superficie "blanca" que refleja el 100% en cada longitud de onda a lo largo del espectro (existen materiales específicos que son absolutamente blancos). Al conocer las características de la luz emitida por el espectrofotómetro y la reflexión en el estándar (100% en todo el espectro) podremos conocer el porcentaje que refleja la superficie de interés. Si bien un espectrofotómetro es el instrumento ideal para mediciones precisas, es un dispositivo muy costoso y el área de medición del color es pequeña, por lo cual se necesitan muchas mediciones para obtener la coloración de una superficie.

Además, es un proceso relativamente lento que implica la inmovilización de los animales a medir. Una tarea, como sospecharán, dificultosa.

Imágenes digitales

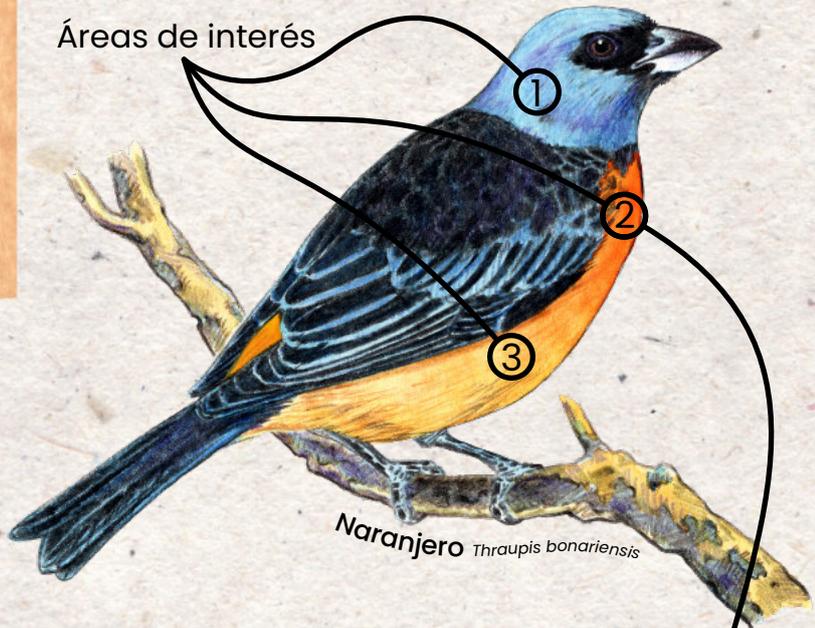
Una alternativa a la espectrofotometría es utilizar cámaras fotográficas. El avance y desarrollo de cámaras fotográficas digitales ha permitido utilizarlas en el estudio de la coloración animal. La ventaja de las imágenes digitales es que captan la luz reflejada por la totalidad del área de interés (por ejemplo, todo el cuerpo) de manera remota y veloz. Pero también hay una desventaja importante: se pierde resolución, ya que en lugar de obtener mediciones en cada longitud de onda, la información se agrupa en canales. Un ejemplo de esto es el modelo RGB que representa los colores en términos de la intensidad de rojo, verde y azul (o Red, Green y Blue en inglés; de ahí las siglas). Con la utilización de filtros en los lentes de la cámara podemos ampliar o acotar la información obtenida. Por ejemplo, utilizando filtros que solo dejan pasar luz ultravioleta (UV) podremos obtener información sobre la luz reflejada por la superficie en el rango UV.

Una consideración importante es que las cámaras no se han diseñado como instrumentos de medición científica, por lo cual debemos tener algunas precauciones sobre la información que nos brinda la imagen. Una de esas precauciones tiene que ver con que, por lo general, las cámaras transforman las imágenes para hacerlas más agradables al ojo humano.

Medición del color con un espectrofotómetro

El ejemplo muestra cómo medimos los colores de diferentes áreas de un animal usando un espectrofotómetro. Además, integrando en el análisis el modelo de visión acorde al animal observador, podemos interpretar cómo perciben la imagen. En este caso, un predador.

Áreas de interés

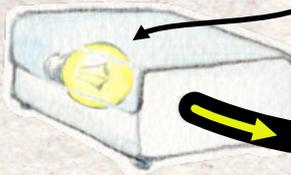


Naranjero *Thraupis bonariensis*

Elegimos el modelo de visión del animal observador que nos interesa estudiar



Fuente de luz de la cual conocemos la intensidad en las diferentes longitudes de onda

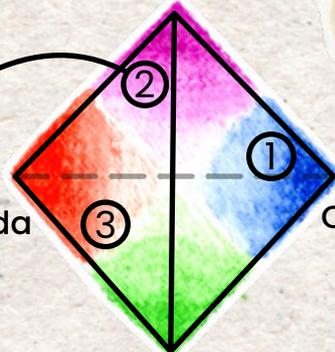


Fibra óptica transporta la luz emitida

Luz reflejada por la muestra



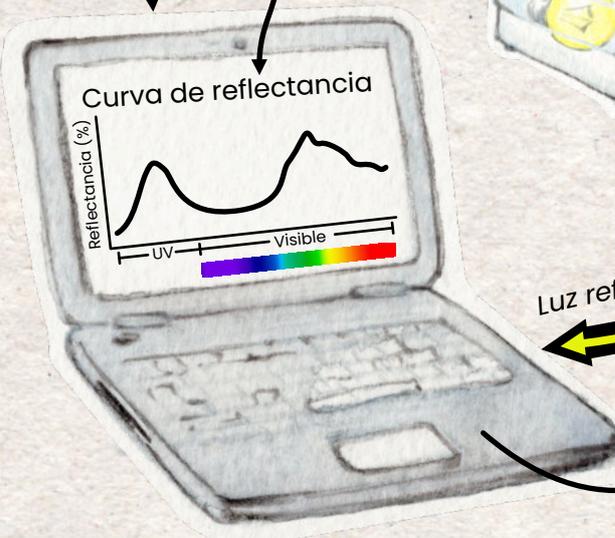
Conos UV



Conos onda larga

Conos onda corta

Conos onda media



Representación visual de la coloración de una presa acorde a la visión de un ave rapaz, uno de los predadores con mayor agudeza visual.



A estas fotografías las encontramos con la extensión JPG. Es por ello que los investigadores optamos por tomar las fotos en formato RAW (en inglés, crudo o puro), dado que así obtenemos los datos del sensor sin transformación o modificación previa del balance de blancos. Al igual que en la espectrofotometría, en las imágenes digitales también debemos incluir estándares o escalas de colores para poder tener referencias conocidas de colores. Además, al momento de tomar la fotografía debemos asegurarnos que la imagen no esté sobre o subexpuesta. Es decir, que la medición del canal de menor expresión debe ser mayor a cero y ningún canal debe superar el valor máximo de la escala. Una vez obtenidas las imágenes es posible realizar mediciones de las áreas de interés del animal en la fotografía. Estas mediciones pueden realizarse bajo diferentes representaciones del color, como el modelo RGB mencionado anteriormente o el modelo CIE Lab. Este último difiere del primero en que sus tres parámetros (L, a, b) expresan propiedades más cercanas a la interpretación humana del color: L=parámetro de

luminosidad, cuanto más alto, más brillante; a= valor que describe la ubicación del color en un rango entre verde y rojo; b=valor que describe la ubicación del color entre el amarillo y azul.

¡A procesar!

Los espectros obtenidos a través de espectrofotometría pueden ser procesados con varios softwares: desde Excel (software pago) hasta R (software de libre acceso). A partir de estos programas, se pueden obtener diferentes variables colorimétricas como el tono, la saturación y el brillo. Además, se puede construir un modelo de visión de los animales usando los datos de sensibilidad de los fotorreceptores de cada especie (cantidad de fotorreceptores y rango al cual es sensible cada fotorreceptor). Una vez obtenido el modelo se calcula la estimulación relativa causada por el color a los fotorreceptores en el ojo. Por ejemplo, el color azul estimulará en mayor proporción a receptores de longitudes de ondas cortas (cercanas al 450 nm) que a otros fotorreceptores con sensibilidades más altas.



En cuanto a las imágenes digitales, nuevas tecnologías en procesamiento de imágenes nos permiten transformar la sensibilidad de las cámaras fotográficas a sensibilidades de los sistemas de visión. Obtenemos así información de cada pixel como estimulación de los fotorreceptores.

Los mapas del color

Una forma de representar los porcentajes de estimulación de un color en los distintos fotorreceptores es mediante un diagrama denominado espacio de color. Este diagrama es una figura geométrica que funciona como un mapa cromático cuyos vértices están constituidos por los valores de sensibilidad de los fotorreceptores (por ejemplo un triángulo en el caso de especies tricromáticas). Cada color medido se puede ubicar en este mapa usando los porcentajes de estimulación de los fotorreceptores como coordenadas: cuanto más estimule un fotorreceptor, más cerca se ubicará de su vértice (Infograma). Una vez graficados los colores en este mapa cromático, se puede calcular la distancia entre dos colores exactamente como si fuese un mapa geográfico. Cabe destacar que el nivel de análisis en un estudio de coloración animal, dependerá del tipo de pregunta que deseamos responder. Podemos solamente cuantificar el color objetivamente mediante variables colorimétricas para clasificarlos. Por otra parte, si nuestra pregunta aborda las señales de color en la comunicación debemos interpretar cómo perciben los estímulos los animales y aplicar los modelos de visión correspondientes.



Colorín colorado, este artículo acá termina pero el estudio del color aún no ha terminado

El contacto diario con pantallas digitales y la masificación de la fotografía en la sociedad ha tenido un impacto en la popularización de los conocimientos sobre la luz y los colores. Aunque muchas veces los asociamos con el arte, el color también tiene un lugar importante en la ciencia, donde nos ayuda a entender procesos como las estrategias de cortejo y de camuflaje y los procesos evolutivos que les dieron origen. La percepción del color es una experiencia subjetiva tan personal que muchas veces nos dificulta su comprensión. Allí radica la importancia de los métodos que permiten cuantificar los colores en base a mediciones ópticas. Por otro lado, la diversidad de percepción de los colores por las especies nos ayuda a entender la

necesidad de despojarnos de la mirada antropocéntrica en ciencia. Las diversas formas de medición del color tienen sus desventajas. Sin embargo, la principal dificultad al momento de estudiar la coloración en los animales es definir cuáles son las variables de colorimetría e interpretación de los resultados que mejor responden la pregunta bajo estudio.

La Biología del color es un área en pleno crecimiento que puede enseñarnos mucho sobre los animales. Asimismo, al requerir del trabajo interdisciplinario para su desarrollo (físicos, matemáticos, programadores, biólogos...), también nos demuestra que el trabajo en equipo es indispensable para lograr avances importantes en la ciencia.



Sergio Naretto. Dr. en Ciencias Biológicas del Instituto IDEA (Conicet – Universidad Nacional de Córdoba). Soy el indicado con la flecha roja en la foto, me gusta estar siempre en buena compañía como la de mi familia. De chico nunca me imaginé ser biólogo.



Nicola Rossi. Biólogo de la Università degli Studi di Ferrara. Doctorando en Biología de la Universidad Nacional de Córdoba en el laboratorio de Biología del Comportamiento (IDEA-Conicet). Le encanta viajar y es apasionado de fotografía naturalista y de montañismo; está siempre disponible para una salida a las Sierras.

Bibliografía

Cuthill IC, Allen WL, Arbuckle K, Caspers B, Chaplin G, et al. 2017. The biology of color. *Science* 470.

Johnsen S. 2016. How to measure color using spectrometers and calibrated photographs. *Journal of Experimental Biology* 219: 772–778.

Kemp DJ, Herberstein ME, Fleishman LJ, Endler JA, Bennet ATD, et al. 2015. An integrative framework for the appraisal of coloration in nature. *The American Naturalist* 185(6): 705–724.