

Desentrañando información sobre luz y color mediante Tracker

Introducción

Tracker es una herramienta de modelado y análisis de video. Entre las funcionalidades de análisis de video se encuentran dos *Trayectorias* pensadas para desentrañar información de color en videos e imágenes: *Perfil de línea* y *Región RGB*. Ambas realizan la tarea primaria de recolectar la información de los canales Rojo (R), Verde (G) y azul (B), mediante una escala de 8 bits (0, 1, 2,..., 255) por canal en cada píxel. La elección de una u otra trayectoria depende de la geometría de la forma a explorar. Por ejemplo, si quiere explorar un espectro de emisión, como el mostrado en la figura 1, es más adecuado utilizar un *perfil de línea* ubicado perpendicularmente a las líneas del espectro.

1

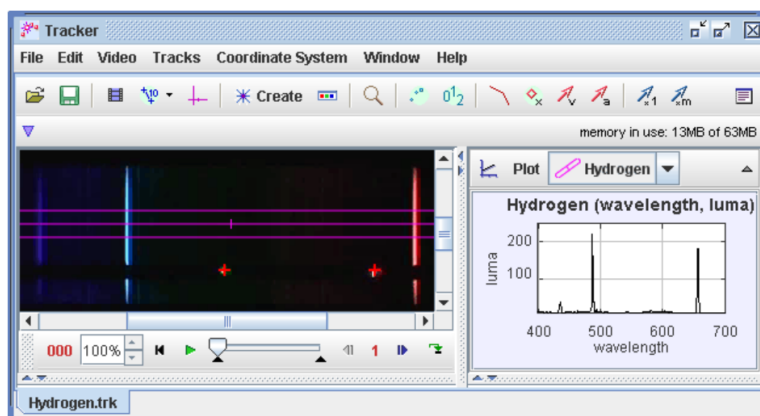


Figura 1. La primera imagen de portada en Help de Tracker.

El software permite además calcular valores de “luma”, una forma de cuantificar el “brillo percibido”. Para obtenerla se realiza un promedio ponderado de los valores “R, G, B” medidos. El resultado queda expresado mediante un número entero entre 0 y 255.

La funcionalidad que describimos es la cara visible Tracker Help [1]. En particular, el espectro de Hidrógeno que se muestra es uno de los accesibles en el sitio oficial de Tracker [2], sección Sample Videos.

Funcionalidades Básicas en este contexto

Perfil de línea

En la figura 2 se ve el espectro de emisión de una sustancia, que se ha obtenido al interponer una red de difracción entre el emisor de luz y la cámara que tomó la fotografía. A efectos de calibrar el eje x en términos de longitudes de onda de la luz, se ha hecho pasar por la misma red la luz de dos punteros láser, uno rojo y otro verde. El resultado de esta operación se ve debajo del espectro de emisión.

Un perfil de línea –acceso: *Trayectorias > Nuevo > Perfil de Línea*– es una línea (en principio, de espesor 1 píxel) sobre la que se miden los valores R, G, y B de forma independiente. Supongamos que la definimos a lo largo del eje x. Este objeto está representado en la figura 2a por la línea magenta que conecta los dos rectángulos.

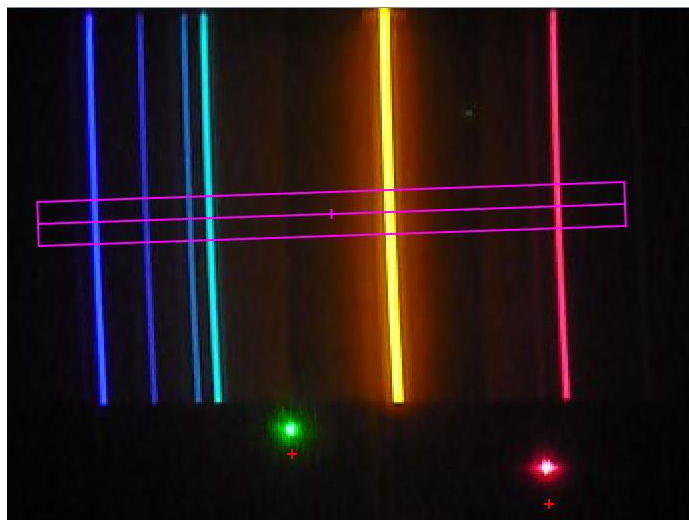


Figura 2a. Un perfil de línea definido sobre un espectro de emisión.

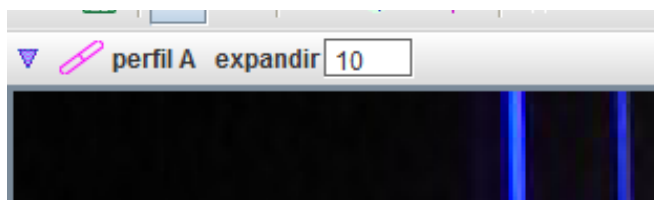


Figura 2b. Expandir un perfil de línea.

En ciertas situaciones puede ser conveniente *expandir* esta línea, lo que genera el rectángulo en la figura 2a. En la figura 2b se muestra la zona de la interfaz en la que aparece la posibilidad de seleccionar el valor de la expansión; en este caso hemos seleccionado una expansión de 10 píxeles, por lo que el rectángulo tendrá un “alto” de $1+10+10=21$ píxeles. Si se toma esta opción el software promedia los valores “R, G, B” medidos para cada valor de x, y devuelve este resultado en lugar de la medida para el píxel original de la línea.

Puntos de calibración

Esta funcionalidad -accesible por el camino: Trayectorias > Nuevo > Calibration Tools > Puntos de calibración- es una de las herramientas que disponemos para calibrar. En el ejemplo que estamos considerando (figura 2), nos interesa calibrar exclusivamente el eje x. Los símbolos “+” que se encuentran debajo de sendas zonas roja y verde (figura 2a) representan los dos puntos de calibración definidos. Asociamos a cada uno a la zona donde se ubicó la luz de cada láser luego de pasar por la red. Si se le indica al software el valor de las longitudes de onda de la luz, correspondientes a la coordenada x de cada punto de calibración (figura 3), se termina definiendo un eje x en el que se tienen valores de longitud de onda (λ) de la luz. Esto permitirá definir las longitudes de onda “desconocidas” asociadas a las líneas del espectro, a partir por ejemplo del gráfico “luma - λ ”.

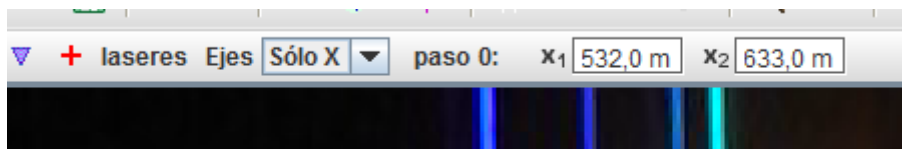


Figura 3. Anotamos las longitudes de onda asociadas a las coordenadas x en cada punto de calibración.

De esta forma es posible obtener un gráfico del “brillo percibido” en función de la longitud de onda, como el observado en la figura 4.

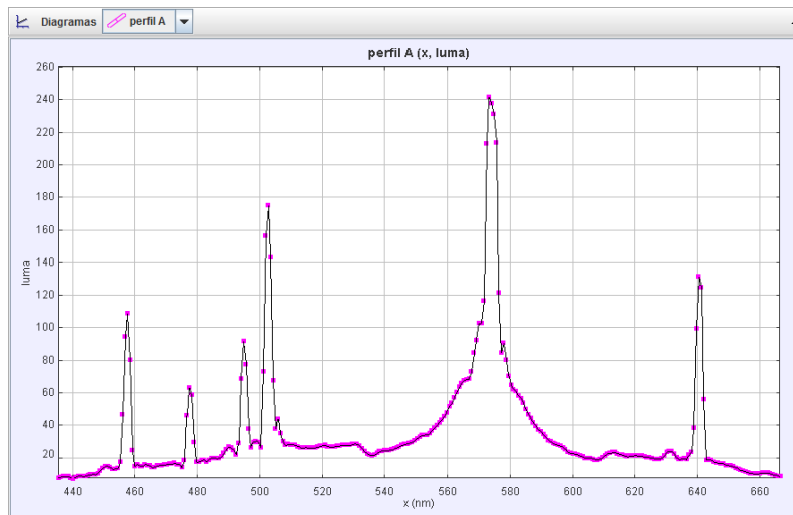


Figura 4. Gráfico de brillo percibido en función de la longitud de onda de la luz para el espectro de la figura 2a.

Región RGB

Esta trayectoria tiene forma circular -acceso:- Trayectorias > Nuevo > Región RGB- y, por omisión, su radio tiene el valor de 10 píxeles. En la figura 5 se muestra una circunferencia definida (de color magenta) sobre la zona en la que impacta la luz del láser verde que hemos visto antes.

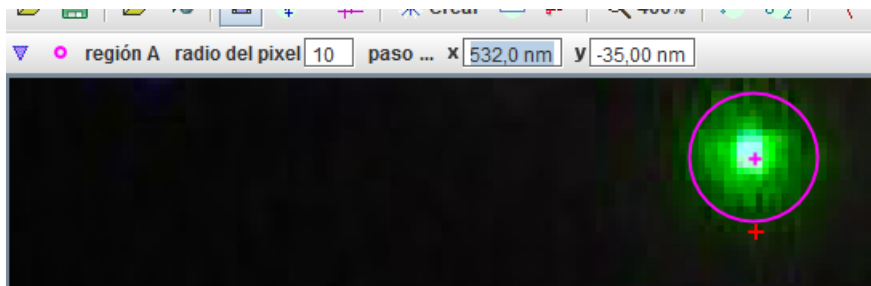


Figura 5. Una región RGB se define en una zona iluminada por un láser verde.

Esta trayectoria mide el valor medio de los valores R, G, B de toda la zona, y esto se traslada a la cuantía luma. Si Ud. está analizando un video, el software puede mostrar los valores medidos en función del tiempo; a título de ejemplo, en la figura 6 se ven los resultados de medidas para la coordenada "G" en función del tiempo.

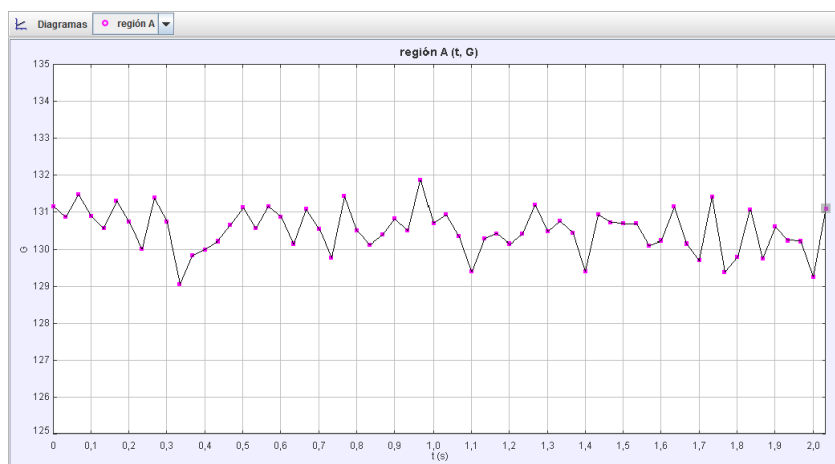


Figura 6. Valores de la coordenada G en función del tiempo para la región RGB definida en la figura 5.

Observe que el valor medio de “G” en el intervalo de tiempo considerado está entre 130 y 131 aproximadamente. Podría esperarse, en principio, que esta coordenada tuviera un valor cercano a 255. Una hipótesis que podría explicar esta discrepancia es el resultado es un promedio para todos los píxeles que están dentro de la región. En ocasiones como esta puede ser conveniente ajustar el radio de la región para evaluar mejor las coordenadas de interés.

Filtros aplicados a video en Tracker

En la sección anterior hemos mostrado algunas funcionalidades básicas para analizar imágenes o videos en un contexto de la Óptica. En esta sección proponemos ampliar algunos aspectos, mediante dos ejemplos de *Filtros aplicados a video*, accesibles mediante el camino: Video > Filtros > Nuevo.

Filtro Negative

4

Este filtro aplicado a un video opera sobre los valores R, G, B de cada píxel. Si llamamos χ genéricamente a estas coordenadas; el filtro transforma el valor de cada coordenada χ en el valor $255 - \chi$.

De esta forma se obtiene una imagen en negativo de la original, como la mostrada en la figura 7, en la que se ve el resultado de aplicar este filtro al espectro de la figura 2a. Observe, por ejemplo, que la línea amarilla con mayor brillo de la región, fue transformada en una línea azul que parece tener asociado un brillo “bajo”. ¿Qué aspecto tendrá el gráfico “luma-x” para esta nueva imagen?, ¿tendrá aspectos similares al mostrado en la figura 4?

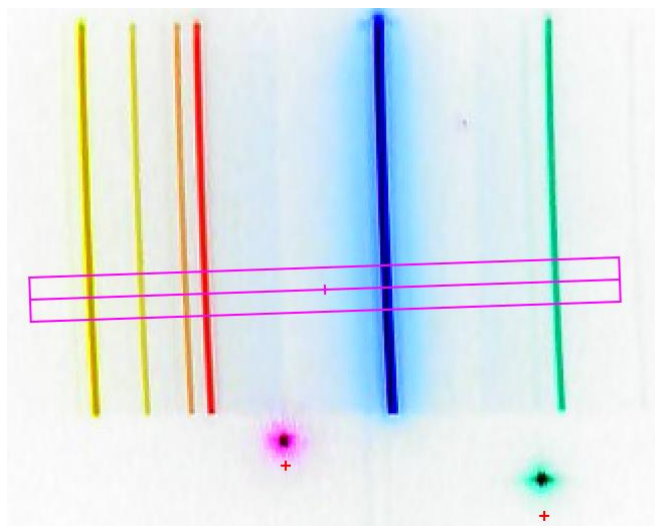


Figura 7. Aplicamos el Filtro Negative a la imagen del espectro de la figura 4.

Filtro Gray Scale

Este filtro convierte una imagen en color a otra en escala de grises, y se puede llegar a él por el camino: Video > Filtros > Nuevo > GrayScale. El resultado (*nivel de gris*) se obtiene mediante un promedio ponderado (Ec. 1) de los valores R, G, B, con factores de ponderación “pesoR”, “pesoG” y “pesoB”, respectivamente. El conjunto de factores de ponderación pueden elegirse entre Video (por omisión), Plano y Personalizado. En la figura 8 se muestra el resultado de aplicar este filtro a la imagen de la figura 7 con los pesos definidos para el Tipo: Video. La figura muestra también el cuadro que se visualiza con las otras opciones disponibles.

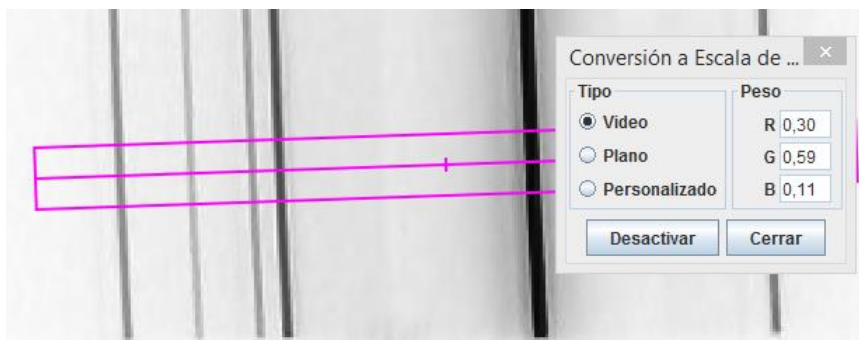


Figura 8. Aplicación del filtro escala de gris.

5

Como mencionamos antes, la expresión que el software utiliza para determinar el “nivel de gris” es:

$$\text{nivel de gris} = \frac{R \cdot \text{pesoR} + G \cdot \text{pesoG} + B \cdot \text{pesoB}}{\text{pesoR} + \text{pesoG} + \text{pesoB}} \quad \text{Ec.1}$$

El autor recomienda [1] aplicar el filtro antes de extraer los valores de brillo de las componentes RGB. El lector puede probar resultados de brillo percibido (luma) activando y desactivando el filtro sobre una imagen como la anterior.

En un contexto de enseñanza

En esta sección proponemos algunas ideas en la línea del título del taller: pensar en Tracker como un aliado para nuestro trabajo en la enseñanza media. Las mismas podrían tener aplicación en los cursos donde se estudie óptica ondulatoria, algunos aspectos sobre el color, entre otros.

Medida de longitudes de onda en un espectro de emisión

Hemos descrito con cierto detalle como analizar un espectro de emisión a partir de las funcionalidades Perfil de línea y Región RGB, por lo que no nos extenderemos en esto.

Lo deseable es que los estudiantes obtengan sus propias imágenes y videos. Puede consultar la referencia [3] para ampliar y profundizar estos tópicos y, eventualmente, los videos referidos en [2].

Fenómenos de superposición con luz monocromática

Los fenómenos de superposición, que se dan luego que cierta luz monocromática proveniente de una fuente láser atraviesa una ranura o una doble ranura, pueden analizarse mediante las funcionalidades de Tracker que hemos descrito en este trabajo.

Un informe de Cerpa y Vachetta [4] incluye este análisis, destacando en la discusión de resultados que si bien el comportamiento espacial de los máximos y mínimos es consistente con la teoría de la interferencia y difracción de luz, la discrepancia en el eje de “intensidades” es importante. Remitimos al lector a este trabajo por más detalles.

Una tarde de lluvia en Punta del Diablo

En la imagen de la figura 9, un arcoíris corona una tarde de verano en Punta del Diablo. Sobre la imagen se ha superpuesto un perfil de línea de orientación adecuada. Un enfoque posible para el trabajo es plantearle al estudiante que prediga¹:

¿Qué aspecto tendrán los bosquejos de las coordenadas “R-x”, “G-x” y “B-x” para un perfil de línea definido como se indica en la figura 9?

¹ La técnica PODS (predecir, observar, discutir, sintetizar) permite que afloren las concepciones previas de los estudiantes y que interactúen con lo observado, para luego intercambiar con sus pares, y finalmente llegar en lo posible a una síntesis.



Figura 9. Tarde de lluvia en Punta del Diablo.

En un planteo ortodoxo de la técnica, luego de realizada la predicción por cada estudiante, se pasa a una etapa de discusión en grupos pequeños en la que se podría generar una predicción grupal ¿diferente de la anterior? El paso siguiente sería pedirle al software que muestre los resultados de la medida en cada canal, en función de la posición x sobre el perfil y contrastar esos resultados con las predicciones.

El cierre prevé una síntesis, que pone en interacción las predicciones con los resultados obtenidos.

¿Cómo logramos el blanco en las pantallas de nuestros celulares?

Asuma que en la imagen de la figura 10, se tiene un rectángulo rojo de coordenadas R,G,B (255,0,0), entre x_0 y x_1 ; uno verde (0,255,0), entre x_2 y x_3 , uno azul (0,0,255), entre x_4 y x_5 , uno negro (0,0,0), entre x_6 y x_7 ; todos inmersos en un “mar blanco”. Se ha definido un perfil de línea que entre x_0 y x_7 .

Una pregunta para los estudiantes podría ser:

¿Qué aspectos tienen los gráficos “R-x”, “G-x” y “B-x” para toda la extensión del perfil de línea definido?

Una cuestión relevante, que apunta a la pregunta del título, refiere a las respuestas en las regiones (intervalos de x) donde está definido el “mar blanco”.

Recientemente (2014) se entregó un Premio Nobel de Física a tres investigadores “por la invención de diodos emisores de luz azules eficientes que ha permitido fuentes de luz blanca brillantes...” [5]. Además, puede oír una entrevista de prensa al Dr. Ricardo Marotti, investigador uruguayo consultado sobre este particular en [6].

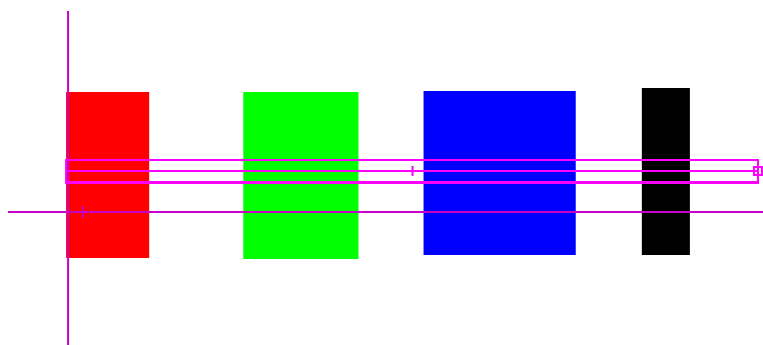


Figura 10. Blanco en la pantalla de un celular.

Desafío: ¿Cómo calcula Tracker la magnitud “luma”?

A pesar de la complejidad que tiene asociada la descripción de los fenómenos que involucran en particular la percepción de brillo, mediante Tracker realizar una aproximación cuantitativa al concepto, a partir de la cuantía “brillo percibido (luma)”, ¿cómo hace el software para obtenerla?. Ya sabemos que el punto de partida es la medida de R, G, y B. Sabemos también que esa magnitud (luma) se obtiene mediante un promedio ponderado de dichos valores. El problema es entonces definir cuáles son los factores de peso que le corresponden a cada coordenada, en una expresión que asumiremos análoga a la Ec. 1.

Tome la consigna siguiente para orientar la tarea:

Diseñe un experimento que le permita indagar que operación hace Tracker para obtener el brillo percibido a partir de los valores medidos de R, G, B

7

Sugerencia: puede utilizar una imagen como la puesta en la figura 10 para responder.

¿Qué tan pequeño es un píxel de la pantalla del teléfono?

En esta sección queremos contar sobre la existencia del *Proyecto de Microfotografía del Liceo N°1 de Solymar* [7]. En la figura 11 se muestra una de las imágenes obtenidas por estudiantes en este proyecto: *Pantalla de Celular*, por el estudiante Di Maggio.

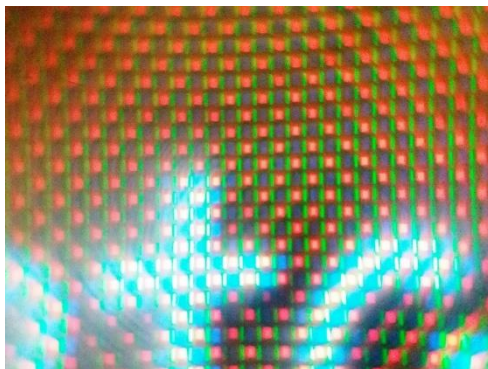


Figura 11. Micrografía. Pantalla de Celular. Autor: Di Maggio.

Un planteo posible

¿Podría estimar el ancho de un píxel de su celular a partir de la imagen de la figura 11?

Un procedimiento posible para explorar:

- Defina una trayectoria *Perfil de línea*.
- Ubique el perfil sobre una línea de píxeles
- Defina la escala de la fotografía.
- Indague en los gráficos de cada canal (R, G, B) en función de x
- O, utilice una herramienta de medida: cinta métrica.

Cuidados

- Se puede explorar en diferentes zonas de la microfotografía para estimar incertidumbres. Quizás sólo se pueda estimar un orden de magnitud de la cantidad buscada.
- Hay algún tipo de distorsión en la microfotografía. Una alternativa para optimizarla es usar un filtro *Distorsión Radial*.

Trabajos interdisciplinarios

La temática de la luz y el color tiene aristas que facilitan enfoques desde distintas disciplinas. Un ejemplo relevante en nuestro medio es el libro electrónico *Tejiendo redes entre Arte y Ciencia*, que ha compartido la profesora Rosario de Mattos [8].

Las imágenes de la figura 12 pueden ser otro ejemplo de este tipo de enfoque. Conforman una selección del conjunto que generosamente han compartido con nosotros los responsables del proyecto “*Micrografías...*” Se han creado desde un enfoque entre disciplinas (Biología, Física, Fotografía, entre otras) y pensamos que sus productos pueden abordarse también desde varias disciplinas. El lector evaluará si es válida la última afirmación.

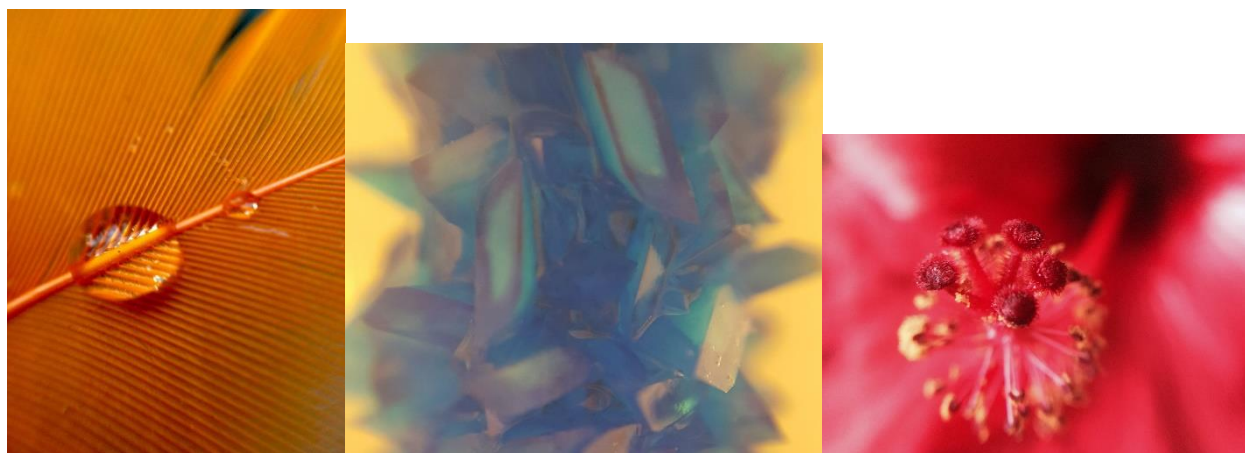


Figura 12. A la derecha Pistilo de flor de hibisco, Autor: Rodríguez. En el centro, Cristales de sulfato cúprico, Autor: Fernández. A la izquierda, Pluma con gota de agua, autor: Da Fonseca.

Agradecimientos

A las profesoras Victoria Batista y Cinthia Cerpa por permitirnos utilizar las imágenes de espectros de emisión (figuras 2, 3, 5, 7, 8) que obtuvimos para el curso LFM del Diploma de Especialización en Física.

A los profesores y estudiantes del proyecto “*Micrografías...*” [7] por permitirnos utilizar parte del material que produjeron: Almeida, Bono, Wendy Castiglioni, Fabricio da Cunha, Da Fonseca, Di Maggio, Díaz, Dos Santos, Farías, Ferrari, Ipes, López, Verónica Martínez, Mateo, Obarrio, Piñeiro, Rodríguez, Guzmán Trinidad.

Referencias

- [1] Brown, Douglas. *Tracker 5.0 Help*. <http://physlets.org/tracker/help/frameset.html> (29/08/2018)
- [2] Brown, Douglas. *Tracker, Video Analysis and Modeling Tool*. <https://physlets.org/tracker/> (29/08/2018)
- [3] Brown, Douglas. (2005) *Spectroscopy Using the Tracker Video Analysis Program*. Accesible en: https://physlets.org/tracker/download/AAPT_spectroscopy_poster.pdf (29/08/2018)
- [4] Cerpa y Vachetta. *Análisis cualitativo y cuantitativo de fenómenos ópticos utilizando fotografía digital*.
- [5] *Nobel Price Physics 2014*. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2014/summary/> (30/08/2018)
- [6] *Sobre el LED azul*, en Física en Arte y Expresión. <https://sites.google.com/site/fisicaenarteyexpresion/novedades-1/temas-de-actualidad/sobre-el-led-azul> (30/08/2018)
- [7] *Proyecto de Microfotografía del Liceo N°1 de Solymar*. <http://tv.vera.com.uy/video/32871> (30/08/2018)
- [8] De Mattos, Rosario (2015) *Tejiendo redes entre Arte y Ciencia*. <http://www.uruguayeduca.edu.uy/recursos-educativos/116> (30/08/2018)

Licencia:



[Atribución-CompartirIgual. CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)