

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS  
POSGRADO EN ARTES VISUALES

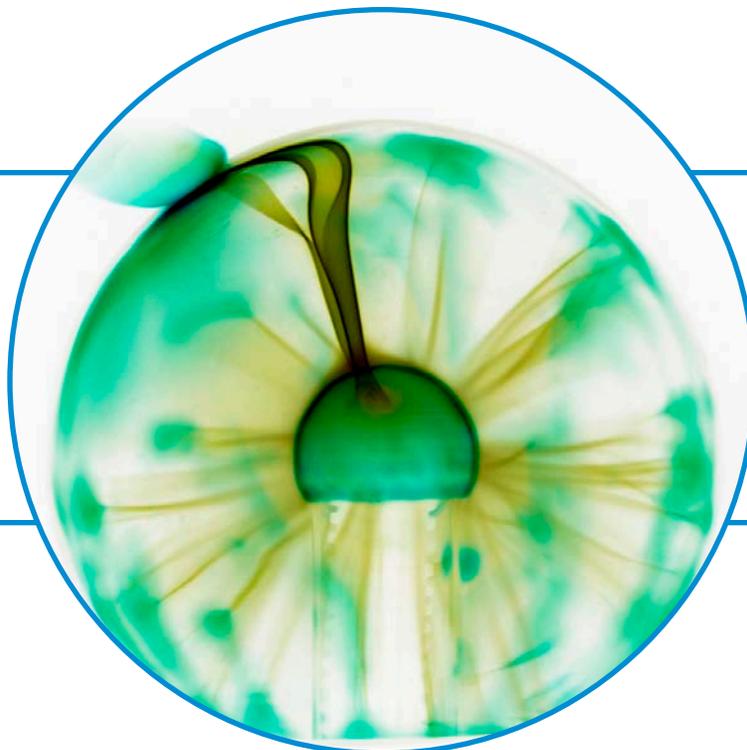
La Fotografía para la Comunicación de la Ciencia; Registro  
fotográfico de los Proyectos de Investigación en los Laboratorios:  
LEMO en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y  
Alphamicron en la Universidad Estatal de Kent, Ohio.

Tesis que para obtener el grado de  
Maestro en Artes Visuales

PRESENTA  
Mónica Rebeca Sosa Fonseca

DIRECTOR DE TESIS  
Mtro. Noé Martín Sánchez Ventura

México, D.F. a 15 de Marzo de 2012.



UNAM  
POSGRADO  
Artes Visuales



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# A

## AGRADECIMIENTOS

A Rebe: por regalarme el mundo y todo lo que hay en él.

A Beto: por ser mi alma gemela y decirme lo que nadie se atreve a decirme.

A Capi y Ranulfo: por heredarme el carácter fuerte y la paciencia para cumplir mis metas. Por enseñarme a ser curiosa e interesarme por todo lo que me rodea.

A Gustavo: por tu amor, por tu apoyo incondicional, por tu paciencia, y por aceptarme en tu vida para compartir sueños y metas.

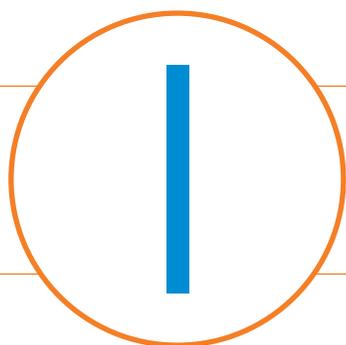
A las mujeres que son mis modelos a seguir cada día de mi vida: Primera generación: Amalia (la alegría), Lupita (la fuerza), Marce (el orden), July (el ímpetu) y Roszj (la sensibilidad). Segunda generación: Norma (la serenidad), Alma (la energía), Ángela (la perseverancia), Gabi (la pasión), Fabi (la tenacidad), Bianca (la nobleza), Diana (la independencia) e Iraida (la gentileza). Tercera Generación: Johali (la intrepidez), Nina (la libertad), Mariana (la ternura) y Carolina (la determinación).

Al Dr. Antonio Muñoz por su hospitalidad, por sus consejos y por hacerme notar el gran reto que me había impuesto.

A Noé Martín Sánchez Ventura por ser un verdadero guía, un gran maestro y amigo. Gracias por regalarme lo más valioso que hay en la actualidad: tu tiempo; y por poner atención a cada detalle de esta investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas a la sabiduría.

A la Beca de Estudios de Posgrado de la UNAM gracias a la cual fue posible el desarrollo de este trabajo.

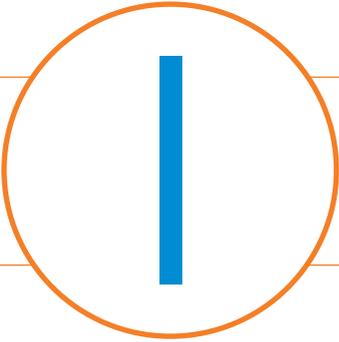


# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>Introducción.</b>   | 5  |
| <b>Capítulo I. La imagen y la comunicación de la ciencia.</b>                  | 13 |
| 1.1. La ciencia.   | 13 |
| 1.1.1. Aspectos generales.   | 15 |
| 1.1.2. Clasificación de la ciencia.  | 16 |
| 1.1.3. Tres criterios de valor dentro de la ciencia fáctica.                   | 23 |
| 1.2. La comunicación de la ciencia: Divulgación Científica.                    | 27 |
| 1.2.1. La Divulgación Científica. Definición.                                  | 28 |
| 1.2.2. Sistemas de divulgación   | 29 |
| 1.2.3. Tipos de divulgación  | 34 |
| 1.2.4. Niveles de lenguaje para la divulgación                                 | 35 |
| 1.3. La imagen en el contexto científico.                                      |    |
| Perspectiva filosófica Klaus Sachs-Hombach                                     | 36 |
| 1.3.1. Antecedentes  | 36 |
| 1.3.2. Base empírica   | 37 |
| 1.3.3. En contexto de argumentación  | 39 |
| 1.3.4. En contexto de génesis  | 40 |
| <b>Capítulo 2. La fotografía científica.</b>                                   | 43 |
| 2.1. La fotografía como producto científico: Antecedentes.                     | 43 |
| 2.2. El documento fotográfico  | 49 |
| 2.2.1. Elementos de información obtenidos a partir de la imagen fotográfica.   | 51 |
| 2.2.2. Usos del documento fotográfico  | 54 |
| 2.2.3. Criterios de valor asignados a una fotografía.                          | 61 |
| 2.3. La fotografía como extensión de la visión.                                | 66 |
| 2.3.1. Visualización a partir de la fotografía.                                | 66 |
| 2.4. Reflexiones sobre la imagen fotográfica como fuente de información veraz. | 76 |



|  |     |
|--|-----|
| 2.4.1. La polisemia de la imagen fotográfica.  | 76  |
| 2.4.2. Manipulación.   | 77  |
| 2.5. La fotografía para la comunicación científica.  | 78  |
| 2.5.1. Fotografía como medio de comunicación.  | 79  |
| 2.5.2. Representación fotográfica.   | 80  |
| 2.5.3. Usos de la fotografía en los diferentes<br>objetivos de comunicación.   | 81  |
| <b>Capítulo 3. Producción fotográfica de un banco de imágenes<br/>con el objetivo de comunicar sobre los proyectos de<br/>investigación en el Laboratorio de Espectroscopía Magneto<br/>Óptica en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa<br/>y el Laboratorio de Óptica en Alphamicron, Universidad<br/>Estatad de Kent, Ohio.</b> |     |
| 3.1. PREPRODUCCIÓN.  | 84  |
| 3.1.1. Acercamiento al objeto.   | 84  |
| 3.1.2. Elección de una técnica.  | 84  |
| 3.1.3. Acondicionamiento del espacio para<br>la obtención de las imágenes.   | 91  |
| 3.1.4. Establecer tiempos y condiciones de trabajo.  | 97  |
| 3.2. PRODUCCIÓN.   | 101 |
| 3.2.1 La composición.  | 104 |
| 3.2.2 Enfoque.   | 106 |
| 3.2.3 Tiempos de exposición.   | 109 |
| 3.2.4 Captura de imágenes.   | 111 |
| 3.3. POSPRODUCCIÓN.  | 112 |
| 3.3.1 Proceso análogo  | 128 |
| 3.3.2 Proceso digital  | 128 |
| <b>Conclusiones.</b>   | 131 |
| <b>Anexo 1.</b>  | 136 |
| <b>Anexo 2.</b>  | 143 |
| <b>Bibliografía.</b>   | 147 |
| <b>Otras fuentes de consulta.</b>  | 151 |
|  | 153 |



# I

## Introducción

“Desde sus orígenes la mayoría de las ciencias se habían visto totalmente en desventaja debido a la falta de medios no verbales adecuados para transmitir información. Hoy en día incluso la física subatómica no podría desarrollarse sin la fotografía.” *-Marshall Mc Luhan.*

La presente investigación surge bajo la inquietud de reflexionar sobre el papel que ha jugado la fotografía en la ciencia, con el propósito de identificar los diferentes usos que se le da a la imagen fotográfica dentro de las disciplinas científicas. El punto de partida de la investigación es la siguiente proposición: La fotografía como medio visual ha sido para la ciencia algo más que una imagen fija que ilustra o representa los objetos y fenómenos que interesan al pensamiento científico. La fotografía ha sido también, entre otras cosas, una herramienta de comunicación, una extensión de la visión y un objeto de estudio del mismo pensamiento científico.

Nuestro análisis inicia con un acercamiento a la ciencia y el quehacer científico en general, lo cual nos facilita la comprensión de su método, sus valores y su relevancia como parte de la cultura. Nos apoyamos en las ideas de José Luis Díaz para introducirnos a los diferentes tipos de conocimiento que existen. Una vez distinguido el conocimiento científico de los otros tipos de conocimiento, nos apoyamos en el filósofo Mario Bunge para ampliar nuestra comprensión sobre el contexto científico; de este último nos interesa centrar la atención en tres valores primordiales: la veracidad, la verificabilidad y comunicabilidad.



Dichos valores nos permiten establecer la relación entre ciencia y divulgación; lo anterior nos permite llevar a cabo un posterior análisis más específico sobre los diversos roles de la fotografía en el contexto científico.

La relación que establecemos con la fotografía y la ciencia es a partir de la divulgación, la cual es un aspecto de la comunicación de la ciencia. La divulgación es la forma de acercar los conocimientos científicos, sus aplicaciones e implicaciones en la humanidad, a la sociedad. Es una acción muy importante dentro de la cultura y como tal la llevan a cabo científicos y periodistas principalmente. Dentro de la divulgación está presente la comunicación visual, aunque generalmente no ejercida como tal por un profesional sino por los mismos científicos y periodistas. Nuestro interés está en identificar la divulgación científica en los distintos medios para reconocer de que manera puede participar un profesional de la comunicación visual.

De acuerdo con Bunge, un investigador científico tiene dentro de su quehacer como profesionista, la obligación de compartir con su sociedad todos los resultados de sus investigaciones teóricas o prácticas. Pero el periodista Manuel Calvo explica que hoy en día la información se ha vuelto tan especializada, que es necesario crear nuevos puentes de comunicación entre el conocimiento científico y la sociedad. Para ello, además de los científicos, algunos periodistas se han dado a la tarea de comunicar en los diferentes medios de comunicación los más recientes descubrimientos, avances y noticias en el mundo



científico así como sus aplicaciones tecnológicas.

Los periodistas procuran destacar un gran beneficio o una gran amenaza para la humanidad con el propósito de atraer la atención del público general; sin embargo para un especialista en el tema o de otros temas en la misma área de conocimiento, el interés sobre la información va más allá de algo que pueda estar presentado en una forma muy generalizada y dramatizada por lo que es conveniente adecuar la información al nivel de conocimiento del público.

Personalmente encuentro en esto una gran oportunidad para los comunicadores visuales, ya que no está dentro de nuestras primeras opciones dedicarnos a la divulgación. Sin embargo es un quehacer del que podemos formar parte aprovechando nuestros conocimientos en diseño; por ejemplo, los coloquios científicos siempre incluyen una sección de carteles generalmente hechos por el propio investigador; en algunos de los trabajos se puede apreciar la falta del diseño y de un adecuado tratamiento de imágenes; lo anterior más que una preocupación por la estética representa al final del día un problema en la comunicación visual, dicho problema está relacionado con la adecuada exposición y comprensión de los temas.

Específicamente en el caso de la fotografía que se utiliza en divulgación, el cual es nuestro principal objeto de estudio, podemos mencionar que uno de los problemas son las imágenes digitales con mala calidad tomadas de internet incluidas en los trabajos. Pocas veces es considerado el proceso de construcción



que implica una imagen que acompaña a un texto. Otro de los problemas con la fotografía actual son las fotografías tomadas con cámaras digitales que al no ser calibradas de una manera apropiada producen imágenes con alteraciones en la iluminación, en la temperatura de color o en la forma del objeto, entre otros aspectos, lo cual nos da como resultado fotografías con objetos poco reconocibles, no identificables o falseados; lo cual representa un riesgo para la claridad y precisión que requiere la comunicación del pensamiento científico.

Muchas veces el investigador concentra su atención en el aspecto técnico de la fotografía dejando de lado la intención de comunicación, que para el caso de la ciencia es importante ya que ayuda a clarificar algunos fenómenos u objetos estudiados. Para reflexionar sobre esta separación de intencionalidades nos hemos apoyado en los estudios de cultura visual por una parte de Nicholas Mirzoeff, por otra parte de John A. Walker y Sarah Chaplin; ambos textos nos han dado las herramientas para pensar en la fotografía para la comunicación visual como parte de la divulgación científica.

Respecto a la divulgación como actividad cabe mencionar que, el comunicador visual puede considerar como parte de la divulgación la colaboración con revistas especializadas o con los propios investigadores directamente. Sin embargo no es una tarea sencilla, pues no hay una formación interdisciplinaria que nos ponga en contacto y nos haga conscientes de las exigencias de la divulgación. Otro de los objetivos particulares de esta investigación



es promover el trabajo interdisciplinario entre los científicos y los comunicadores visuales ya que ambos cuentan con conocimientos que pueden ser combinados para conformar lo que se entiende por divulgación científica.

Finalmente el último aspecto de la investigación teórica, consiste en distinguir los diferentes usos de la fotografía en el campo científico; con la finalidad de comprender la importancia que puede llegar a tener una imagen fotográfica, al grado de considerarla fuente de información verídica, corriendo el riesgo de omitir el hecho de que la fotografía es un producto cultural cargado de intencionalidades. Del mismo modo examinamos la importancia de la visualidad en la ciencia y la visualización a partir de la fotografía, dos aspectos fundamentales en la relación de la fotografía con la ciencia.

Dicha relación entre fotografía y ciencia se presenta como un gran campo para ser revisado por las artes visuales y la comunicación visual, no sólo por el hecho de que la fotografía surge como un producto del pensamiento científico y de las aplicaciones tecnológicas de ese pensamiento; sino porque esta relación es mucho más extensa y se hace presente en la historia, en el desarrollo y comunicación de la ciencia. Los enfoques actuales se ocupan principalmente de los aspectos técnicos para realizar una fotografía científica como la iluminación, el filtraje, el tiempo de exposición, etc.; sin embargo es importante el análisis que hacemos sobre la manera en que los científicos asumen el carácter de la representación en el discurso visual que presenta



la fotografía en la ciencia, para comprender su función dentro de ella.

Dentro de la reflexión que hacemos, indagamos los parámetros generales y sus posibles aportaciones que hacen admisibles para la investigación, las fotografías que se generan dentro de la ciencia; es decir, las convenciones que hay entre los investigadores para el uso que dan a la imagen fotográfica ya sea como objeto de estudio, o bien como modelo de observación y análisis. Del mismo modo nos ha interesado reconocer a la fotografía como elemento ilustrativo para la comunicación del trabajo del investigador, por ejemplo las fotografías realizadas en botánica para una clasificación de diferentes especies de plantas.

También averiguamos sobre los criterios para admitir autenticidad en la imagen como representación de la realidad, en los datos presentados mediante fotografías cuando a partir de ellas se lleva a cabo una investigación. Pues como nos dice César González Ochoa en los *Apuntes sobre Representación* la Fotografía no es una huella de la realidad, pero esto no quiere decir que no pueda utilizarse como instrumento de verificación para mostrar los objetos que estaban frente a la cámara en el momento de la exposición o el acomodo que tenían; lo anterior es posible si tenemos en cuenta que la garantía de la imagen fotográfica no es mayor a la de la imagen pictórica y que la significación de la fotografía no deriva de su capacidad de ser reflejo del mundo. Con todo lo anterior se proporciona un panorama general de la función que cumple la fotografía dentro del desarrollo científico



del siglo XX.

Otro de los objetivos de esta investigación fue hacer un análisis sobre tres usos de la fotografía; el primero, como fuente de información utilizada para la divulgación, el segundo, como un instrumento de extensión de la visión que permite la visualización de fenómenos que no podemos observar directamente sin algún instrumento óptico que nos ayude a reconocerlos y el tercero, como documento de ilustración científica.

Para los tres objetivos mencionados en el párrafo anterior nos apoyamos en tres libros de fotografía científica. El primero de ellos, *La fotografía científica* de M. Déribéré, J. Porchez y G. Tendron, es sobre la fotografía como registro de documentos y obras de arte, la fotografía de identificación, la fotografía de arqueología y geología; nos explica las diferentes técnicas fotográficas utilizadas en casos específicos.

El segundo, *The Photographic Study of Rapid Events* de W. Deryck Chesterman, se especializa en diferentes usos de la fotografía ultrarápida en cierto rango de tiempo, pues como aclara el autor, hay diferentes velocidades a considerar dentro de esta técnica fotográfica. Dentro de los ejemplos que se mencionan están los estudios de balística, de movimiento de aves, insectos o animales marinos, entre otros.

El tercero de ellos, *Photographic Techniques in Scientific Research* editado por J. Cruise y A. Newman, es sobre técnicas fotográficas en investigación científica como estudios de paleontología, estudios sobre la tierra o sobre animales marinos.



Nos hemos apoyados en ellos, puesto que cada uno habla sobre como aplicar los conocimientos generales de las diferentes técnicas fotográficas, a necesidades particulares en materia científica. Además cada uno proporciona datos específicos sobre los procedimientos a seguir como la colocación del objeto a fotografiar, el equipo utilizado, las condiciones en cada uno y en el caso del último libro sobre el uso posterior de las fotografías y los parámetros permitidos en cuanto a calidad, acabados y definición entre otros, en cada imagen de acuerdo a la necesidad final.

Este trabajo se compone tanto de una investigación teórica como de un proyecto práctico. El trabajo práctico lo hemos concentrado en la obtención de un par de series fotográficas para el Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y para el Laboratorio de Óptica de la empresa Alphamicon en la Universidad Estatal de Kent, Ohio. Ambas series cumplen un objetivo de comunicación acerca de los trabajos en ambos laboratorios presentando sus materiales o experimentos según fue el caso.

Previamente se habían realizado algunas imágenes fotográficas para LEMO en la UAM, debido a que las fotografías fueron utilizadas en varios medios de divulgación, se llegó a la propuesta de realizar las imágenes de una manera profesional sobre las instalaciones y los materiales que estudiaban en dicho laboratorio. Las fotografías finales cumplen dos de las funciones revisadas en el análisis teórico; son un elemento de ilustración científica y una fuente de información para la divulgación de este



Laboratorio.

La propuesta con el Laboratorio de Alphamicron se trabajó con el Dr. A. Muñoz. Los materiales y los experimentos en Alphamicron resultaron novedosos para este trabajo pues no teníamos antecedentes con los cristales líquidos ni con los experimentos montados sobre las mesas ópticas. La fotografía nos acercó a materiales nuevos y experimentos que no son parte del conocimiento en cultura general, pero que de alguna manera tienen una relación indirecta con nuestra vida cotidiana ya sea en algún dispositivo electrónico o en algún espectáculo audiovisual entre muchas otras aplicaciones.

Esta investigación se complementa con una serie de fotografías tomadas en la Facultad de Ciencias en el Laboratorio de Fenómenos colectivos a cargo de la Física Estela Margarita Puente Leos. Esta participación no estaba considerada dentro del proyecto originalmente, pero hemos querido incluirla ya que las fotografías obtenidas son un claro ejemplo de lo que consideramos fotografía para divulgación. Una de estas fotografías fue utilizada en el cartel que convoca a la Olimpiada Metropolitana de Física del Distrito Federal por la Sociedad Mexicana de Física. Este concurso es dirigido a estudiantes de nivel bachillerato para promover su talento y su interés en los estudios de física.

# La Imagen y la Comunicación de la Ciencia

## 1.1. LA CIENCIA.

El conocimiento en el ser humano es una forma de relacionarse con su entorno para asumirlo. De acuerdo con José Luis Díaz, dicha relación puede darse mediante la percepción, la imaginación o el pensamiento. Así mismo, los datos que intervienen en este proceso influyen en el sujeto para darle validéz al conocimiento adquirido o refutarlo. La certeza de veracidad y la refutación del conocimiento se adquieren con base en experiencias directas tales como la percepción, la confirmación de otro sujeto, las fuentes de información humana, la manipulación de un objeto, la afinación de un movimiento o la vivencia de una situación.

Como el conocimiento se obtiene de distintas formas y hay factores como el tiempo y el espacio en el que se origina, no se puede hablar de verdades absolutas. La veracidad de cada información depende del tipo de conocimiento que se esté generando. Para aclarar esto conozcamos primero los tipos de conocimiento que pueden generarse. Comenzamos por el *conocimiento perceptual*, que es aquel en el que se genera información proporcionada por lo que perciben los sentidos como cuando vemos un edificio o una montaña. La experiencia nos dice que este tipo de conocimiento depende de la confirmación de otra persona para aseverar que el



edificio está ahí y nuestra mente no está captando información inexistente en el entorno, ya que los sentidos en ocasiones pueden provocar confusión.

Pero si existe la confirmación de un segundo y un tercero acerca de la existencia del edificio y la montaña, entonces adquirimos un *conocimiento por consenso* en el que varios estamos de acuerdo con la veracidad de dicha información. El *conocimiento aceptable* es aquel en el que se reconoce la veracidad de la información porque se considera que la fuente de información es confiable. Por ejemplo una fuente de información confiable son los documentos históricos que nos dan datos sobre personajes, lugares y estilos de vida en otros momentos de la civilización.

El *conocimiento aprendido* es otro tipo de conocimiento que se basa principalmente en las experiencias y habilidades adquiridas por un sujeto. De éste se desprenden tres formas distintas a su vez. La primera es el *conocimiento operacional*, que tiene que ver con las actividades que podemos aprender como ponernos la ropa, operar una cámara fotográfica, tocar un instrumento musical o jugar un videojuego. Este tipo de conocimiento por lo general se desarrolla en la edad infantil en la que aprendemos a manipular las cosas. Una forma de conocimiento que tiene que ver con la memoria es el *conocimiento almacenado*. Como cuando aprendemos operaciones matemáticas básicas, nombres de personas, lugares o acontecimientos pasados. El tercer tipo del conocimiento aprendido es el *conocimiento vivencial o disposicional*, que tiene que ver con la razón, la emoción y la motricidad. Es un saber práctico que



aplicamos en el desenvolvimiento de las actividades cotidianas y las relaciones personales [Díaz, 1997:24-27].

Una vez que hemos expuesto los distintos tipos de conocimiento y cómo son adquiridos podemos comprender que toda esta información adquirida se ha depositado principalmente en tres aproximaciones al saber: la ciencia, el arte y la sabiduría. Cada una de estas áreas se especializa en la generación de información de acuerdo a uno o varios tipos de conocimiento que predominan en ellas, pero que no excluye las otras formas.

Para esta investigación nos enfocaremos en los tipos de conocimiento que predominan en la ciencia y la caracterizan como una fuente de información veraz. El conocimiento por consenso, en el que varios sujetos están de acuerdo en la validéz de la información; y el conocimiento aceptable en el que se reconoce a la fuente de información como confiable. Así mismo analizaremos el conocimiento perceptual en relación con la observación de la imagen fotográfica como modelo científico.

### **1.1.1 ASPECTOS GENERALES.**

El hombre a diferencia de otros seres vivos se distingue por su capacidad de razonamiento o de simbolización entre otras facultades. La memoria en el ser humano le permite almacenar información acerca de sus experiencias de vida. Al acumular información en el cerebro un individuo es capaz de modificar su comportamiento respecto al entorno en el que se encuentra. De este modo se genera lo que llamamos conocimiento.

El arte, la sabiduría y la ciencia, las tres grandes esferas

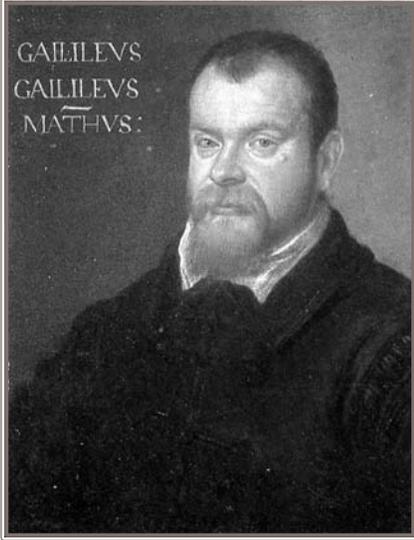
de conocimiento, han sido fuentes de información a lo largo de la historia [Díaz, 1997:11-15]. Cronológicamente surgidas en este orden, cada una a aportado a la humanidad modos de interactuar con el mundo para aprender de él, aprehenderlo y modificarlo a favor de necesidades particulares. Cada uno de estos tipos de conocimiento tiene características propias y modos de operar que los distinguen. El hombre para comprender las diferencias, ha tenido que hacer divisiones entre los fenómenos de la naturaleza, las relaciones humanas, las creencias religiosas, el lenguaje articulado y el simbólico, etc. Lo anterior ha derivado en el estudio por separado desde cada uno de los enfoques antes mencionados, aunque no por esto se pierde la relación entre todos los temas.

Para los propósitos de la presente investigación el tipo de conocimiento que nos interesa comprender, es el científico, el menos antiguo. Suele ser entendido como el más concreto, preciso y objetivo; por lo mismo suele ser también el menos cuestionado y mayormente aceptado como verdadero. Pero es importante conocer sus características y las normas bajo las que se rige, ya que de ello depende la nueva información que genere, en la cual está implícita la comunicación visual.

Nicolás Copérnico es el primer científico en dejar una publicación que demuestra sus estudios y demuestra sus hipótesis, con este hecho *“surge en Europa un movimiento intelectual de consecuencias formidables: un método particular de observación, demostración y conocimiento”* [Díaz, 1997:28]. Este método, aunque fue utilizado en gran medida por los científicos árabes en



\*Copérnico: grabado del siglo XVI



\*Galileo Galilei.

una época antigua, es el inicio de un cambio en el pensamiento occidental, concretamente en Europa. Lo trascendental sucedió un siglo después cuando este método fue utilizado por Galileo, de este modo surge formalmente lo que hoy definimos como ciencia; pero esto no significa que no se hiciera ciencia en la edad antigua.

### 1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LA CIENCIA.

El desarrollo científico ha pasado por tres etapas en las que la ciencia se ha clasificado de distintas maneras. La primera etapa, en la época antigua, los países del lejano oriente son los primeros en hacer una clasificación con los primeros conocimientos científicos. Los primeros pensadores, tales como Aristóteles, hacen una separación de todo saber en tres grandes esferas: la naturaleza, que es el origen de la física; la sociedad, que es el principio de la ética; y el pensamiento, que es el origen de la lógica.

La segunda etapa comprende lo que se conoce como la época moderna, desde el Renacimiento hasta el siglo XVIII. Hay tres propuestas en esta época para clasificar a la ciencia. Una es la de Francis Bacon quien hace una separación a partir de las facultades del intelecto humano, quedando la historia, la poesía y la filosofía como las divisiones. Otra propuesta es planteada por Hobbes quien tomó en cuenta los principios objetivo y subjetivo, él situó a las matemáticas como método universal y de ellas se desprendían la geometría encabezando a las ciencias deductivas y por el otro la física frente a las inductivas. Finalmente, el filósofo francés La Mettrie, hace una propuesta dividiendo a la naturaleza en tres reinos: el mineral, el vegetal y el animal; a cada uno de



ellos correspondía una división científica.

Antes de llegar a la tercera etapa, hay un periodo en el que se establecen las condiciones para llegar a la siguiente clasificación; lo anterior considera un principio de subordinación y otro de coordinación. La tercera etapa se concreta con los estudios realizados por Marx, Engels y Saint Simón que abarcaron las tres esferas del conocimiento: la filosofía, las ciencias naturales y las ciencias sociales. En esta reciente etapa, se considera la interacción entre las distintas ciencias, lo cual da lugar a las ciencias técnicas que son el eslabón entre unas y otras [Kedrov y Spirkin, 1998:122-128].

Actualmente, para caracterizar a la ciencia, el filósofo Mario Bunge, propone una clasificación entre ciencia formal y ciencia fáctica. Esta clasificación nos permitirá identificar tres criterios de valor que más adelante serán revisados, debido a la influencia que pueden tener en la comunicación visual de la ciencia.

Los conocimientos que genera la ciencia formal son racionales, sistemáticos y verificables, pero no objetivos puesto que no dan información acerca de la realidad. A esta división pertenecen la lógica y la matemática, las cuales se ocupan de entes ideales que son abstraídos de objetos reales; existen sólo en la mente humana y la lógica así como la matemática, los inventan y establecen relaciones entre ellos.

A los lógicos y matemáticos no se les da objetos de estudio: ellos construyen sus propios objetos.



Las ciencias formales se valen de un lenguaje *pictórico*<sup>1</sup> para establecer un contacto con la realidad; es decir que los enunciados, son articulados con signos que no necesariamente tienen un significado fijo. *En matemática la verdad consiste en la coherencia del enunciado dado con un sistema de ideas admitido previamente* [Bunge, 2000:12]. Son ciencias deductivas, pues su principal interés es la demostración de los teoremas postulados y para este propósito se valen de la lógica.

Por otro lado el mundo material es el principal interés de la ciencia fáctica, se concentra principalmente en sucesos y procesos. A este tipo de ciencias no le basta con hacer conjeturas, debe comprobarlas mediante observación y/o experimentación. A diferencia de la ciencia formal, con frecuencia se utilizan símbolos interpretados, que no son más que modelos asignados a los símbolos abstractos. La racionalidad es necesaria, pero no suficiente para considerar un enunciado fáctico como verdadero. Se requiere que el enunciado sea verificable en la experiencia.

Únicamente después de que haya pasado las pruebas de la verificación empírica podrá considerarse que un enunciado es adecuado a su objeto, o sea, que es verdadero. [Bunge, 2000:13]

El conocimiento que se enuncia desde la ciencia fáctica no es definitivo, es probable y por lo mismo refutable. La racionalidad y la objetividad de la ciencia son cualidades que pudieran causar confusión al pensar que todos los enunciados que postula son

---

<sup>1</sup> Con lenguaje pictórico nos referimos a los signos visuales que forman parte del sistema de comunicación, tales como las letras del alfabeto, los números y otros caracteres que representan conceptos aceptados por convención en una cultura.



verdaderos; sin embargo es pertinente aclarar, lo que se entiende por conocimiento racional y objetividad. Para ello seguiremos refiriendo al filósofo Mario Bunge, [2000:15] quien nos explica sobre el conocimiento racional:

- Que está constituido por conceptos, juicios y raciocinios, y no por sensaciones, imágenes, pautas de conducta, etc. El punto de partida como el punto final de su trabajo son ideas;

- Que esas ideas pueden combinarse de acuerdo con algún conjunto de reglas lógicas, con el fin de producir nuevas ideas (inferencia deductiva)

- Que esas ideas se organizan en sistemas de ideas, esto es, en conjuntos ordenados de proposiciones (teorías).

Y que es objetivo significa:

- Que concuerda aproximadamente con su objeto, es decir, que busca la verdad fáctica.

- Que verifica la adaptación de las ideas a los hechos recurriendo a un comercio peculiar con los hechos (observación y experimentación), intercambio que es controlable y hasta cierto punto reproducible.

Estos dos aspectos se encuentran presentes en las principales características de la ciencia fáctica. A continuación se presenta una lista de ellas con una breve descripción de la explicación detallada que nos ofrece Mario Bunge [2000:16-34].

*1.El conocimiento científico es fáctico.* Su principal interés está en los hechos y puede obtener datos a partir de lo anterior, que se asientan en clasificaciones o tablas; pero el objetivo principal es siempre con base en un hecho, aún en los aspectos teóricos.

*2.El conocimiento científico trasciende los hechos.* La



ciencia aísla un hecho para poder observarlo y analizarlo. Los datos que se obtienen de este estudio ayudan al científico para explicar el hecho y proponer la posibilidad de sucesos aún no ocurridos. Esta información da pie a la invención de nuevos conceptos que son aceptados por ser el resultado de una conjetura hecha a partir de un suceso observable.

*3. La ciencia es analítica.* Se ocupa de abordar los hechos descomponiéndolos en los elementos que lo integran, así mismo se preocupa por la relación entre estos elementos. Enfrenta problemas parciales dando soluciones parciales, pero los resultados que ofrece son generales y conforme avanza la investigación se amplía su alcance.

*4. La investigación científica es especializada.* Como consecuencia del enfoque analítico la ciencia se vuelve específica, por la necesidad de estrechar el suceso para su estudio. Pero algo que se ha aprendido durante los diferentes intentos de clasificación es que no se puede prescindir de la interdisciplina, pues cada ciencia tiene vínculos, es decir elementos que comparte, con las demás; el mayor de ellos, la filosofía.

*5. El conocimiento científico es claro y preciso.* La ciencia se preocupa por precisar lo que en un conocimiento cotidiano queda difuso. Para lograrlo, antes que nada, debe distinguir el problema. Después transforma las nociones (ideas) complicándolas, purificándolas y rechazándolas para poder insertarlas en una teoría y de este modo cobren sentido. Se define un concepto de forma convencional, siempre y cuando sea conveniente y fértil, es decir, útil y productivo. Además crea lenguajes artificiales otorgando significados a signos que puedan combinarse bajo ciertas reglas. Finalmente la medición y el registro del fenómeno son acciones que conjuntamente con las anteriores dan a la ciencia la claridad y la precisión que la distinguen.



6. *El conocimiento científico es comunicable.* La comunicación hace posible que llegue la información a cualquiera, ya sea alguien entrenado para ello o no. También es parte importante pues gracias a la comunicabilidad de la ciencia es posible la verificación o refutación del resultado, lo cual influye directamente en el progreso de la ciencia.

7. *El conocimiento científico es verificable.* Aunque cada ciencia debe encontrar sus propias formas de verificación, una de las más importantes es la experimentación; sin embargo, no es la única pues no en todo tipo de ciencias es posible la experimentación. El conocimiento objetivo se alcanza gracias a la verificabilidad.

8. *La investigación científica es metódica.* En la investigación científica hay una planeación que ayuda a lograr un mayor control sobre las muestras que se pretenden estudiar. Además se basan en trabajos anteriores, principalmente los que han sido mejor confirmados. Se llegan a utilizar reglas que han funcionado en el pasado, pero que es posible modificarlas para perfeccionarlas.

9. *El conocimiento científico es sistemático.* Se compone de un sistema de ideas lógicamente relacionadas entre sí, estas ideas llamadas hipótesis, conforman las teorías. En el momento en el que las hipótesis son sustituidas o modificadas, alteran la teoría de tal modo que el sistema teórico puede desaparecer y conformar uno nuevo que incluya la nueva información.

10. *El conocimiento científico es general.* El hecho que el científico aísla para estudiar es aquel que comparte una mayoría para entender bajo qué condiciones surgen todos esos singulares. La acción de aislar el suceso o fenómeno no implica que se interese en la particularidad del mismo, más bien se ocupa de reconocer las generalidades que encuentra en los distintos



sucesos del mismo tipo.

11. *El conocimiento científico es legal.* Al comprender los hechos singulares, los inserta en prototipos generales que no son más que las leyes naturales o sociales. Éstas últimas son aplicables a otros hechos de diferente o de la misma índole. Las leyes se establecen cuando las hipótesis han sido confirmadas.

12. *La ciencia es explicativa.* Se interesa por explicar los fenómenos que estudia y decir porque ocurren de una forma y no de otra. Hay muchas formas de explicación científica, dado que hay distintos tipos de leyes; pueden ser morfológicas, de composición, dialécticas, de tendencias globales, etc.

13. *El conocimiento científico es predictivo.* La predicción científica se basa en información de acontecimientos en el presente y en el pasado. No siempre resulta exacta; sin embargo el hecho de ser falible la hace perfectible; es decir, que puede modificarse y lograr un avance para acercarse a la precisión. Si una predicción falla, no es considerada como un fracaso o un error en la ciencia porque este error permite descartar la información no adecuada para dicha predicción y reducir las posibilidades quedando las más apropiadas.

14. *La ciencia es abierta.* Siempre que un acontecimiento contenga nueva información y una hipótesis no esté comprobada, serán atractivos para el científico; pues para la ciencia no es un incentivo la información acertada y verdadera en sus diferentes posibilidades ya que no tendría nada nuevo que encontrar. En un sistema cerrado no es posible la modificación, por eso la ciencia es abierta; no obstante su metodología sí es cerrada, pues sólo permite la autocorrección.

15. *La ciencia es útil.* La aplicación del conocimiento sobre el hecho u objeto observado cambia la forma de relacionarse



con ellos. Esta modificación suele ser para lograr un control y obtener un beneficio de ello. Se pueden obtener herramientas gracias a la tecnología que no es otra cosa que el conocimiento científico aplicado. Pero además se modifica nuestra concepción del mundo y nos resulta más sencillo entenderlo gracias a los conocimientos científicos.

### **1.1.3. TRES CRITERIOS DE VALOR DENTRO DE LA CIENCIA**

#### **FÁCTICA.**

Tres de las características que tiene la ciencia fáctica son trascendentales para esta investigación puesto que son valores atribuidos al conocimiento científico. Dichas características no debieran ser aplicadas inherentemente a imágenes científicas, nos referimos específicamente a la fotografía; sin antes considerar los variados factores con los que han sido realizadas, entre ellos la intencionalidad. Es por esta razón que a continuación describimos cada una de estas características como valor del conocimiento científico.

La veracidad atribuida al conocimiento científico no es absoluta, pues depende de algunos factores. Como primer punto podemos comentar que los seres humanos tenemos varias formas de comprobar la certeza de un conocimiento nuevo que se nos presente; *puede ser mediante la percepción, la confirmación de otros, las fuentes de información humana, la manipulación de un objeto, la afinación de un movimiento o la vivencia de una situación* [Díaz, 1997:26]. De acuerdo con José Luis Díaz, las anteriores, son algunas de las formas con las que el hombre da el valor de



verdadero al conocimiento. Por ejemplo si dos personas perciben una imagen del mundo al mismo tiempo y se lo comunican entre ellos, para ambos la imagen que tienen delante es verdadera pues ambos comparten la experiencia y uno la confirma para el otro.

Como segundo punto, los resultados en las observaciones de la ciencia a través del método científico son obtenidos por experimentación o por razonamientos lógicos. Cualquier sujeto que siga los pasos del método puede corroborar que dichos resultados sean los mismos obtenidos por quien los haya presentado previamente; lo cual confirmaría que los resultados del experimento o el razonamiento llevado a cabo son verdaderos. Sin embargo, es el mismo método científico el que hace a la ciencia falible, pues así como es posible verificar una hipótesis; del mismo modo es posible encontrarse con lo contrario y ese conocimiento que fue verdadero para alguno o algunos, se convierte en falso para otros. Esta cualidad no es algo negativo, pues es lo que permite a la ciencia continuar desarrollándose.

Por último debemos considerar que si la confirmación –esto implica la aprobación de otro- del conocimiento científico, es una condición para que sea aceptado como verdadero; entonces la veracidad también se da por convención. Es decir, cuando hay acuerdos entre dos o más personas para aceptar como válidos los resultados de alguna investigación. Cabe aclarar que la investigación científica tiene como finalidad la objetividad tanto en su método como en los resultados que obtiene y que ninguno es sinónimo de veracidad, pues como ya vimos, la ciencia es falible.



Relacionada en gran medida con la veracidad, está la verificabilidad de la ciencia. Como se mencionó anteriormente, el método científico hace posible que cualquier persona pueda obtener los mismos resultados varias veces aplicando el mismo experimento bajo condiciones muy similares de trabajo. Siempre que los resultados sean los mismos, la hipótesis de esa investigación será confirmada y siempre que se vean alterados será refutada y modificada de acuerdo a los nuevos descubrimientos.

El método científico nos permite verificar las hipótesis; que son enunciados construidos a partir de premisas que buscan afirmar algún hecho.

La verificación de enunciados formales sólo incluye operaciones racionales, en tanto que las proposiciones que comunican información acerca de la naturaleza o de la sociedad han de ponerse a prueba por ciertos procedimientos empíricos, tales como el recuento o la medición. [Bunge, 2000:39]

Mario Bunge, con el párrafo anterior, expone dos opciones de enunciados y para cada uno de ellos, modos propios de verificación. Por un lado se presentan los *enunciados formales*, como aquellos creados por el lenguaje matemático. Este tipo de enunciados son verificables mediante razonamientos de nuestro cerebro a partir de los conceptos creados y del conocimiento disponible. Los otros enunciados se refieren a los fenómenos de la naturaleza. Este tipo de enunciados se verifican por medio de las mediciones, los registros, las enumeraciones o los cálculos entre otros recursos.

La verificación de una hipótesis influye en los científicos



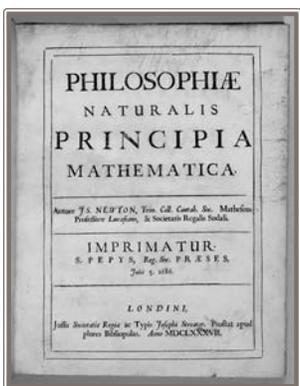
para que la consideren verdadera o falsa. Así mismo contribuye al progreso de la ciencia, es por esto imprescindible para una investigación científica la publicación de los resultados, pues esta verificación puede ser hecha por un contemporáneo en un lugar distante o bien puede trascender en el tiempo. He aquí la comunicabilidad de la ciencia.

La comunicabilidad de la ciencia está implícita en su quehacer, pues es deber del científico hacer públicos los resultados de sus investigaciones. La comunicación de resultados no solo permite la verificación o refutación de las hipótesis científicas, también perfecciona la educación general.

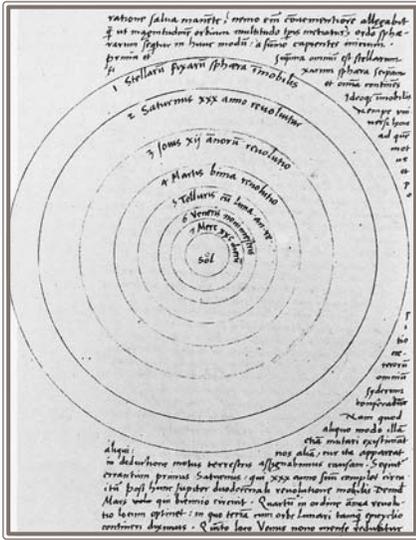
El primer científico que utilizó un método científico fue Nicolás Copérnico quien demostró que el Sol es el centro del sistema solar mediante observaciones y cálculos. El resultado de sus estudios se publicó en 1543, mismo año en que murió, con el título de *De revolutionibus orbium coelestium*. [Díaz, 1997:28]



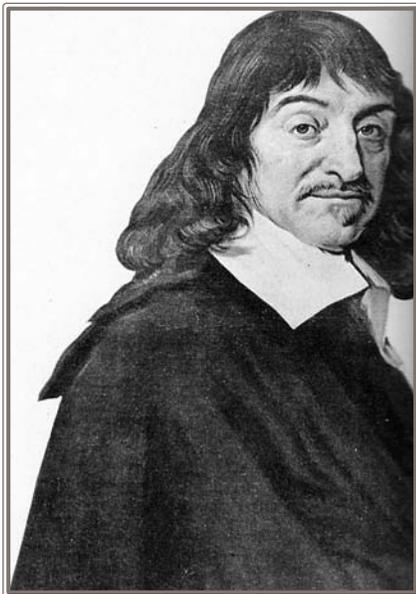
Galileo utiliza posteriormente este método, el cual ya tenía su trayectoria en la ciencia islámica; sin embargo al extenderse por toda Europa, marca el inicio de la Época Moderna. René Descartes en 1637 sistematiza dicho procedimiento y publica lo que hoy conocemos como su *Discurso del método*. Éste último da paso a dos obras fundamentales de la ciencia en 1687 se publica *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, los Principios de Newton y *De humani corporis fabrica* de André Vesalio. Finalmente en el siglo XVII surgieron sociedades científicas en Italia, Inglaterra y Francia; esto permitía a los científicos tener un lugar donde reunirse para



De arriba a abajo: Portada *De revolutionibus orbium coelestium*, Portada *Discours de la methode* y Portada *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.



\*El sistema heliocéntrico copernicano, tal como fue publicado en 1543, poco antes de la muerte de Copérnico. Al respecto, Lutero declaró: “Este necio está tratando de desbaratar todo el arte de la astronomía”. Sus palabras reflejan la acción de la Iglesia.



\*René Descartes.

discutir y examinar descubrimientos y teorías. Para formalizar estas discusiones las sociedades iniciaron la publicación de libros y revistas; algunos de ellos como las *Memorias de la Academia de Ciencias de París* siguen vigentes hoy día. [Díaz, 1997:28-29]

Lo anterior lo podemos considerar como los antecedentes de lo que en la actualidad se considera divulgación científica.

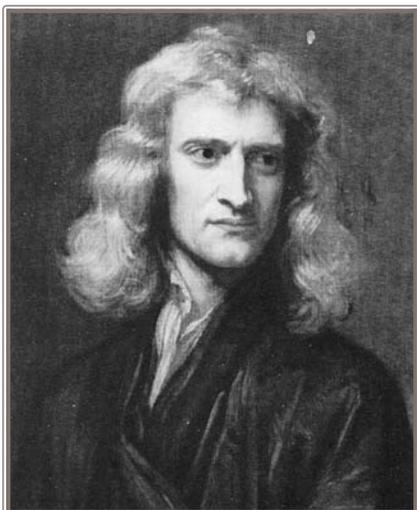
## 1.2. LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA: DIVULGACIÓN CIENTÍFICA.

El conocimiento que surge a partir de una investigación científica no puede quedarse guardado en el cajón sin un objetivo, pues la investigación carecería de sentido alguno. El investigador tiene el deber de transmitir ese conocimiento con la finalidad de que la información adquiera un sentido de utilidad para la cultura que lo ha producido. Como ya hemos mencionado, la ciencia misma no podría seguir su desarrollo de no ser por los descubrimientos realizados previamente.

Los primeros escritos científicos se inician con la sistematización del método científico y las publicaciones de las asociaciones científicas de cada país. Pero en la actualidad es tanta la brecha entre el conocimiento científico y la sociedad que se ha llegado a la necesidad de transmitir este conocimiento mediante lo que se ha denominado divulgación científica.

### 1.2.1. LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA. DEFINICIÓN

Aunque no hay una definición clara o definitiva sobre lo que es la divulgación científica, el periodista Manuel Calvo Hernando es uno de los primeros que nos da una idea general en su libro



\*Isaac Newton, a los 46 años, poco después de la publicación de sus "Principia". Su grandeza fue reconocida tanto por sus colegas científicos, que lo eligieron presidente de la Royal Society en 1703, como por su país, que en 1705 lo elevó al rango de caballero. Poco antes de morir, resumió brevemente su vida: "...No he sido más que un niño jugando a orillas del mar, entretenido en encontrar de vez en cuando un guijarro más suave o una concha más bonita que las otras, mientras se abría ante mí el inmenso océano de la Verdad completamente ignoto".



\*La velocidad de una reacción puede ser explosivamente rápida o extremadamente lenta. Esta imagen muestra una reacción que se produce en una fracción de segundo. La explosión revela el efecto dramático de la rápida liberación de gases por moléculas inestables. El calor liberado también se añade a la expansión de los gases, y al daño.

*Periodismo científico* sobre lo que implica el quehacer de quien se dé a esta tarea:

La misión del divulgador científico ha sido definida en el coloquio internacional dedicado a este tema, y celebrado en Estrasburgo en 1966 como el arte de explicar cualquier cosa mediante unas técnicas, unas fórmulas basadas en la necesidad de escribir clara, lógica y simplemente...[Calvo, 1977:92]

Este planteamiento hace frente a la necesidad de transmitir el conocimiento científico que día con día se ha especializado más y por tanto se ha hecho menos accesible a la sociedad. El desconocimiento así como la falta de interés por temas científicos son riesgos que debemos tomar en cuenta, pues los avances científicos nos han ayudado a adaptarnos a nuestro entorno así como a mejorar nuestra calidad de vida e incluso se ha descubierto el peligro que corre la humanidad cuando la aplicación de la tecnología es en beneficio de unos cuantos como el ejemplo de las armas nucleares o biológicas.

En 1965 se celebró en Madrid un coloquio sobre divulgación científica, organizado por la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias... la divulgación científica no es solo un factor de crecimiento de la Ciencia, sino una aportación a la elevación de los niveles de vida, un medio de poner a disposición de muchos los goces del conocimiento, un mejor aprovechamiento de los recursos de la Naturaleza y una mayor elevación del nivel técnico de un país. [Calvo, 1977:93]

Como podemos ver transmitir el conocimiento científico a través de la divulgación incluye una función social. Manuel Calvo otorga al periodismo la labor y sugiere el cumplimiento de



las siguientes misiones: *hacer partícipes a todos los hombres de los avances de la ciencia, suscitar vocaciones científicas entre los estudiantes, crear el clima para las inversiones en la investigación y promover la idea de que la ignorancia del mundo científico no es compatible con la supervivencia de la humanidad.* [Calvo, 1977:90]

El cumplimiento de estas misiones va de acuerdo con tres objetivos que tiene la divulgación. El primero, de orden intelectual, consiste en informar a todos aquellos que no cuentan con una formación científica sobre los grandes descubrimientos, las teorías y como pueden relacionarse ellos con el mundo científico sin ser científicos de profesión.

El segundo, de orden práctico, proporciona a los profesionales científicos información que pueden utilizar en sus propios trabajos cuando la especialización es en el mismo ramo, así como hacerles saber de los nuevos descubrimientos de otras áreas que también puedan afectarlos directamente. Finalmente el tercer objetivo, recientemente surgido, tiene que ver con los riesgos que la ciencia ha proporcionado para el futuro de la humanidad.

### **1.2.2. SISTEMAS DE DIVULGACIÓN**

En el mismo libro de *Periodismo científico*, Manuel Calvo hace una clasificación de los sistemas de divulgación y los agrupa de acuerdo con el medio de comunicación que se utiliza como soporte para presentar la información.

Comenzaremos por hablar de los medios auditivos, de los cuales podemos mencionar a la radio como el de mayor alcance



\* En 1938, una estación de radio norteamericana emitió una versión teatralizada de la novela <<La guerra de los mundos>>, de H. G. Wells. La producción (de Orson Wells) fue tan realista que los oyentes confundieron el programa con un auténtico boletín de noticias sobre la invasión de la Tierra por temibles marcianos provistos de máquinas bélicas y rayos incendiarios. No tardó en desencadenarse el pánico y algunos afirmaron haber visto las máquinas, los rayos incendiarios y el asesinato de muchos inocentes.

para la difusión científica hasta el siglo XX. En cuanto a las producciones radiofónicas que se especializan en divulgación y se transmiten actualmente en México, podemos mencionar *Ciencia y Negocios*, *Del algoritmo al genoma* y *La esencia de la ciencia* del Instituto Mexicano de la Radio; *Ciencia 3x7* y *Conacyt* de Grupo Radiocentro; *El explicador* de MVS Radio; *Imagen en la Ciencia* de Grupo Imagen; *Hoy por hoy en la ciencia* de Televisa Radio, entre otros [<http://laradioenmexico.mx>]. Actualmente con el desarrollo de internet el alcance de la radio no se limita por la distancia, pues la radio por internet es una opción alternativa.

Algunos medios auditivos menos considerados durante el siglo XX fueron los discos, las bandas magnéticas y los casetes [Calvo, 1977:98]; sin embargo hoy en día estos últimos van quedando atrás como tecnología ante los discos compactos como el cd, dvd, blue ray, o ante los archivos digitales disponibles en internet tales como el *podcast*. Esta última opción es un archivo de audio que puede ser reproducido ya sea en un sitio de internet o bien puede ser descargado a la computadora para que pueda ser escuchado cuando se desee.

En segundo lugar revisaremos los medios visuales, en los cuales, se considera básicamente aquello conocido como literatura científica que incluye las publicaciones tales como periódicos, revistas, libros o folletos informativos [Calvo, 1977:99].

En los periódicos la noticia científica se menciona en la mayoría de los casos dentro de alguna otra sección, aunque algunos llegan a tener secciones especiales para la información



Suplemento El Zoco del periódico Diario Córdoba publicado el domingo 12 de Diciembre de 2010.  
<http://angelrls.blogalia.com/historias/68806>



Portada de la Revista ¿Cómo ves?  
<http://www.comoves.unam.mx/portada.html>

que proviene de la ciencia ya sea diariamente o semanalmente. La información que proporcionan se enfoca a los más recientes descubrimientos. Las imágenes que acompañan los textos actualmente son obtenidas de agencias especializadas en bancos de imágenes y la función principal es ilustrativa.

Las revistas por lo general son especializadas por área o tema y por tipo de público al que van dirigidas, pues quienes leen este tipo de revistas, cuentan con un interés específico y algunos conocimientos previos [Calvo, 1977:101]. Las revistas que presentan nuevas tecnologías no son del todo de divulgación, pues el interés principal está en la comercialización de dichas tecnologías y no del funcionamiento, la utilidad, los beneficios y los riesgos que estos puedan ofrecer. Algunas revistas que son dirigidas a profesionistas científicos suelen tener una presentación conservadora, esto quiere decir que hay un campo desaprovechado por los comunicadores visuales quienes podrían mejorar la calidad visual de estas publicaciones incluyendo tanto el diseño editorial como las imágenes ya sean fotografías o ilustraciones.



Enciclopedia *Futuro Ciencia*  
10 Tomos Editorial Grijalbo

Los libros se dividen en *enciclopedias*, *libros especializados* y *las obras educativas*. Las enciclopedias son fuentes de información que pueden resolver las dudas de cualquier lector promedio. Los libros especializados abordan un tema completo y son apreciados tanto por los divulgadores como el público general [Calvo, 1977:101]. Por último mencionaremos los libros educativos en los distintos niveles cuya edición recae principalmente en las instituciones educativas.



Libros de Física

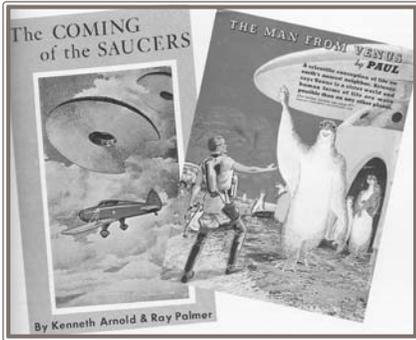


En cuanto a los folletos podemos decir que son material de apoyo que puede ser facilitado principalmente en los museos, en las Ferias Científicas y en las conferencias de divulgación.

Aunque no formen parte de la literatura científica también son medios visuales las exposiciones científicas en las que el cartel es el impreso de mayor presencia. Del mismo modo, en la actualidad, encontramos en internet los diferentes formatos digitales de los medios impresos que hemos mencionado.

Continuamos con los medios audiovisuales, dentro de los cuales se encuentra la televisión; dada su naturaleza, su principal objetivo podría ser el atraer el interés del público hacia los temas científicos [Calvo, 1977:99]. Los principales programas de televisión transmitidos en México que tratan en su contenido algún tema de divulgación científica son producidos por televisoras internacionales como *British Broadcasting Corporation (BBC)*, *Public Broadcasting Service (PBS)*, *Radio Televisión Española (RTVE)*, *Discovery Networks* y *National Geographic Society* cuyo contenido consiste principalmente en documentales de divulgación científica y tecnológica. [<http://www.dgdc.unam.mx>]

El Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa son en cuanto a producción nacional, los principales productores de divulgación de la ciencia y la tecnología mediante programas documentales, mesas redondas y noticieros. Actualmente se transmite por TV UNAM el programa titulado *Ciencia ¿para que?* y por Tele Fórmula *Radio Ciencia*.



\*Estas dos portadas ilustran historias supuestamente <<reales>>: a la izquierda, Kenneth Arnold avista el primer platillo volante; junto a estas líneas, Frank R. Paul es recibido por un amable venusino.

Así mismo el cine, principalmente el documental y el de ciencia ficción también acercan al público a las nuevas aportaciones de la ciencia e incluso plantean el lado negativo que afecta a la sociedad y que pocas veces es considerado en otros medios. Aunque los medios audiovisuales se componen principalmente de imágenes en movimiento, muchas veces la imagen fija es un recurso complementario que puede enriquecer el contenido.

Finalmente están los multimedia entre los cuales están las conferencias que son un medio no masivo, pues solo se atiende un público con un interés particular por los temas que se exponen. Pero tienen la ventaja al ser una experiencia vivida de que el público participa más e interactúa con el divulgador pues puede preguntar sus dudas directamente y recibir una respuesta inmediata. Entre los más reconocidos divulgadores del siglo XX destaca el trabajo de Carl Sagan quien aborda el tema del Cosmos, Jaques Cousteau con el tema de la vida marina, Jacob Bronowski quien habla sobre el desarrollo intelectual del hombre. Actualmente el físico Stephen Hawking destaca por el tema de los hoyos negros. En México contamos con divulgadores como la astrónoma Julieta Fierro y el físico Luis Estrada.

### 1.2.3. TIPOS DE DIVULGACIÓN

De acuerdo con Manuel Calvo, el autor Jean Pradal distingue dos tipos de divulgación que corresponden al tratamiento que se le da a la información, además de considerar el tipo de público al que va dirigida.

El primer tipo es la información rápida como la que se



menciona en las notas de los periódicos, la radio o la televisión. El tratamiento de esta información es superficial, pero éste tipo de divulgación es el primer paso para acercar al público a los diferentes temas de la ciencia.

En segundo lugar tenemos a la información completa con la que es posible *profundizar en los temas, llevar al público a una reflexión sobre la ciencia y pide el esfuerzo de atención y comprensión*. Es lo que Manuel Calvo [1977:105] llama verdadera divulgación y la podemos encontrar en las revistas especializadas, conferencias, museos, libros, entre otros.

Además la *verdadera divulgación* al ser una información que da un tratamiento especial a cada tema, puede enfocarse a dos tipos de público: los aficionados y los profesionales. Los primeros pueden tener conocimientos básicos o carecer de ellos, por esta razón el tratamiento de la información debe tener claridad y un lenguaje accesible pues lo que se pretende es despertar un interés. En cuanto a los profesionales, la intención es ayudarlos a comprenderse entre ellos mismos, pues como hemos mencionado la especialización llega a tal grado que incluso entre ellos desconocen los avances en otros temas dentro de las mismas áreas de conocimiento.

Finalmente propone la divulgación, la cual está directamente ligada a la enseñanza, pues en cierta medida la función del divulgador no se limita a proporcionar la información sin importar si el receptor lo ha entendido. Es por esto que los grandes medios no son considerados como *verdadera divulgación*,



pues la retroalimentación no se da a nivel masivo. Además dentro de las tareas del divulgador está la de despertar el interés de quienes serán los futuros científicos, en ese sentido la divulgación cumple una función didáctica.

### **1.2.4. NIVELES DE LENGUAJE PARA LA DIVULGACIÓN**

Como ya vimos, el tratamiento de la información científica va de acuerdo con el medio en el que será presentada así como el público al que va dirigida la información. Es por esto que se debe considerar el nivel educativo o cultural de los diferentes públicos.

En cuanto a la parte educativa se consideran tres niveles; en primer lugar el público en general, al que se dirigen medios como la televisión, la prensa y la radio que solo deben sensibilizar. El siguiente nivel corresponde al del hombre común y corriente, al que se dirigen las revistas de cultura general con un vocabulario más extenso, pero aún comprensible. Finalmente el nivel del especialista científico, el cual implica un esfuerzo mayor por parte del divulgador ya que está tratando un tema de especialización con un lenguaje para un público general, aunque se pueden incluir términos específicos que también el hombre común y corriente pueda comprender con una breve explicación.

Si el lenguaje escrito requiere un tratamiento especial para cada tema así como para cada tipo de público debemos considerar como comunicadores visuales estos puntos para el tratamiento de las imágenes dedicadas a la divulgación científica.



### **1.3. LA IMAGEN EN EL CONTEXTO CIENTÍFICO. PERSPECTIVA FILOSÓFICA KLAUS SACHS-HOMBACH**

#### **1.3.1. ANTECEDENTES.**

Para tener clara la importancia de las imágenes en la actividad científica sería pertinente conocer cómo utiliza la ciencia a las imágenes, de esta manera conoceremos si es posible situar a la comunicación visual dentro de estos usos. Así mismo se podrían establecer los parámetros para la producción de imágenes científicas como apoyo de una investigación o bien como el soporte mismo de ella.

De acuerdo con el profesor Klaus Sachs-Hombach del Instituto de Pedagogía y Filosofía de la Universidad Técnica de Chemnitz Alemania, hay tres funciones epistémicas otorgadas a las imágenes, que podemos entender como tres usos científicos.

[...] Las imágenes, en lo que toca a lo epistémico, pueden presentarse tanto como base empírica, como apoyo a la justificación y en contextos de descubrimiento científico [Sachs-Hombach, 2009:14].

A continuación reconoceremos los tres usos y comentaremos los ejemplos que nos proporciona esta propuesta filosófica; además ampliaremos los ejemplos con casos específicos de fotografía como punto de partida del análisis que desarrollaremos en el segundo capítulo.

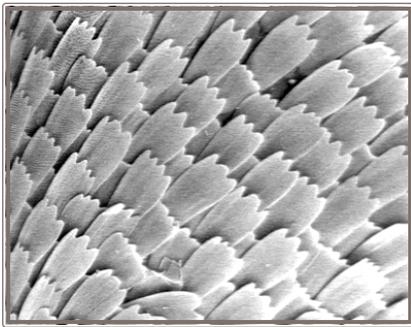
#### **1.3.2. BASE EMPÍRICA**

Iniciamos con las imágenes como base empírica, esto es cuando sustituyen a la percepción visual. El ejemplo que nos proporciona



Sachs- Hombach [2009:14] en su ensayo *La imagen en el contexto científico. Algunas notas desde una perspectiva filosófica*, es la serie de fotografías de Edweard Muybridge en la que se muestra el galope de los caballos: *Estas fotografías pretendían responder a la pregunta de si los caballos al galope en un momento dado despegan todas sus patas simultáneamente del piso.*

Para comentar sobre el caso específico de la fotografía como extensión de la percepción visual podemos decir que es un recurso bastante polémico dada la naturaleza físico-química de la fotografía misma, que por acción de la luz fijada en un soporte nos da un alto grado de iconicidad -según la teoría de Abraham Moles-. En relación con el ejemplo de las fotografías de Muybridge, nuestra percepción no es tan rápida como para captar el movimiento de los caballos y ver directamente si despegan las cuatro patas en algún momento del galope, es por eso que la fotografía que captura los diferentes momentos y los fija en imágenes bidimensionales, permitió al hombre hacer la observación a través de ella y no directamente observando el movimiento del caballo.



Fotografía microscópica del ala de una mariposa.



Fotografía astronómica de la Nebulosa del Pelicano.

Un ejemplo similar al anterior son las fotografías estroboscópicas utilizadas en física para describir la caída libre y es posible medir las variables que describen el movimiento como son distancia y tiempo. Otro ejemplo de las imágenes como base empírica serían las imágenes de microscopio electrónico, en las que es posible observar objetos muy pequeños que a simple vista no podemos percibir. De la misma forma las fotografías del telescopio Hubble capturan el movimiento y la materia en el universo, pero el



sistema que utiliza este telescopio produce imágenes monocromas; sin embargo cuenta con mecanismos que generan el equivalente en color, tal como lo verían los ojos humanos si se pudiera ver directamente<sup>2</sup>.

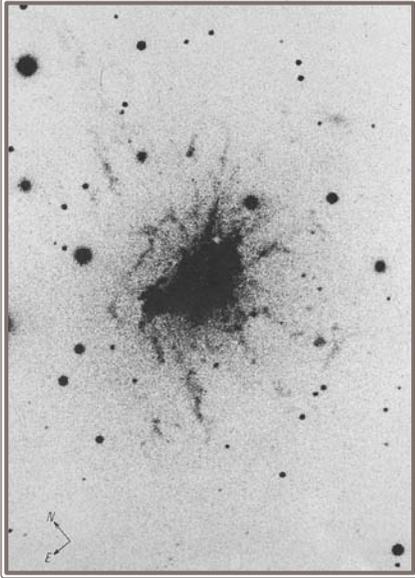
### 1.3.3. EN CONTEXTO DE ARGUMENTACIÓN

Continuando con las funciones epistémicas de las imágenes en la ciencia, la segunda de ellas es con respecto al uso como apoyo a la justificación del trabajo de investigación, en lo que Sachs-Hombach llama el contexto argumentativo. De acuerdo con el autor, para que una imagen logre obtener el calificativo de *argumento visual* debe aportar información que sólo pueda ser entendida mediante la imagen misma. Que aporte conocimiento y actúe como una premisa de la afirmación verbal de la que forme parte. Este tipo de imágenes pueden provenir de una intencionalidad didáctica o de una comunicativa.

La intención didáctica se hace presente cuando el

---

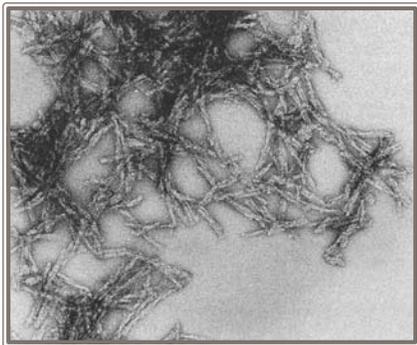
<sup>2</sup> Esto es un claro ejemplo de lo que Vilem Flusser comenta acerca de lo que vemos en una imagen técnica. “El observador ingenuo admite tácitamente que puede ver el mundo a través de las fotografías; esto implica que el mundo de las fotografías es congruente con el mundo exterior... El observador ingenuo ve situaciones de color y blanco/negro en el universo fotográfico; pero, ¿hay situaciones de color y blanco/negro equivalentes en el mundo exterior?... Las fotografías en blanco y negro se abstraen de las cámaras y traducen una teoría de la óptica en una imagen”. Con esto podemos decir que sí existen las imágenes blanco/negro en el mundo exterior, pues son el reflejo de la presencia y ausencia de luz. Sólo que debido a nuestro sistema de visión no es posible percibir las directamente del entorno, sino por medio de una imagen producto de un aparato, en este caso una fotografía. El telescopio Hubble captura materia y energía que se revela en las longitudes de onda que se encuentran más allá de nuestro rango de visión, es por ello que cuenta con los mecanismos necesarios para traducir esta información en imágenes perceptibles al rango de visión al que está sujeto el ojo humano. Las fotografías en blanco/negro así como las imágenes del telescopio son una representación del mundo exterior, aún sin estar registradas en el rango de luz blanca, pero requieren una reconstrucción para poder ser percibidas.



Esta placa fotográfica negativa muestra filamentos de hidrógeno, que probablemente están cayendo hacia un masivo agujero negro en el centro de la galaxia NGC 1275

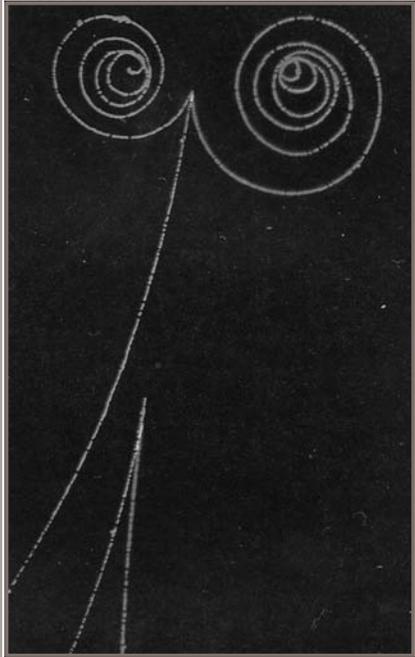
conocimiento no puede transmitirse únicamente de forma oral o escrita y se ve la necesidad de recurrir a la representación visual. El ejemplo que nos proporciona este autor es el lenguaje matemático que hace posible mediante signos visuales la comprensión de las formulaciones abstractas. O cuando en historia se crea una reconstrucción de las ciudades antiguas y se acompaña de los hallazgos arqueológicos que hacen posible dicha reconstrucción. Cabe mencionar que cuando se generan este tipo de imágenes las explicaciones verbales ayudan a una mejor comprensión de la misma. Pues al prescindir de una explicación se corre el riesgo de una interpretación errónea [Sachs-Hombach, 2009:15-16].

En el otro caso *muchas visualizaciones se toman como argumentos visuales cuando solamente transmiten un contenido de manera comunicativa* [Sachs-Hombach, 2009:16]. De acuerdo con esta idea una intención de comunicación asentada en una imagen le atribuye la facultad de fungir como argumento visual. Al parecer esto sucede por lo que se mencionó en páginas anteriores sobre la naturaleza comunicable de la ciencia, por lo tanto las imágenes que genera tienen mucho de este atributo además de la anterior cualidad mencionada de prueba empírica.



Las partículas priónicas del tipo que causan temblores en las ovejas aumentadas 100,000 veces. Aparentemente, estas partículas no contienen nada más que proteínas, y son 100 veces más pequeñas que los virus más diminutos.

En comunicación visual tenemos claro que no siempre la imagen habla por sí sola. Por ejemplo en el fotoperiodismo la fotografía acompaña a la noticia y la imagen es complemento del texto así como también el texto es complemento de la imagen. De igual manera en el campo científico la imagen no siempre es simplemente la ilustración de lo que nos describe un texto. En



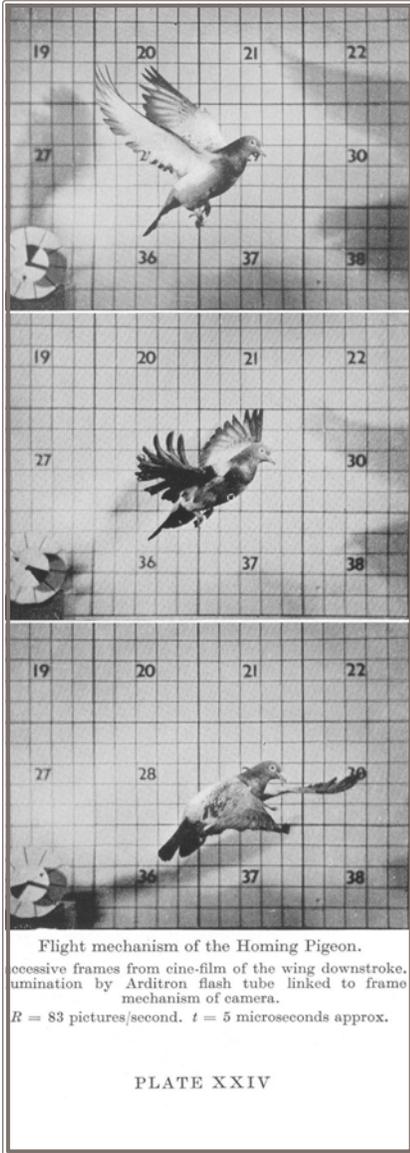
Existen dos tipos de cargas eléctricas, positivas y negativas, que se comportan de forma opuesta. Aquí, partículas con la misma masa pero con cargas opuestas se mueven bajo la influencia de un campo magnético en una cámara de burbujas. Las partículas son electrones (gris más claro), cada uno de ellos con una unidad de carga negativa, y positrones (gris menos claro), que son los antielectrones y tienen carga positiva.

algunos casos habrá una intención de dar a conocer información en distintos niveles, la cual puede ser muy general o más específica. Algo que no debemos perder de vista es la polisemia de la imagen, por lo cual no es recomendable prescindir de una explicación verbal, pues en la ciencia no puede dejarse tan abierta la interpretación.

Un ejemplo extra para esta función puede ser una fotografía de partículas en la que se aprecia la existencia de esta materia microscópica; es una imagen fotográfica en la que no se aprecian las partículas como tales pues como se mencionó no es factible fijarlas; sin embargo sí es posible reconocer su existencia mediante el trazo de unas líneas que son fijadas a causa de su movimiento. La información que aporta esta imagen refuerza un conocimiento teórico; a pesar de ello, por sí sola no nos dice nada, es necesaria la explicación de que lo que se aprecia en ella es el movimiento de dichas partículas [Young, 1992:1290].

### 1.3.4. EN CONTEXTO DE GÉNESIS

Por último la tercera función se da en contextos de descubrimiento científico o contextos de génesis como lo propone el autor citado. Esto es cuando las imágenes toman el papel de modelo visual para orientar una investigación científica. Cabe aclarar que como modelo, la imagen puede presentar algunos peligros, tales como la confusión del modelo con el objeto real; es decir, el modelo no es el objeto de estudio en sí, es solo una representación de este. La idolatría de las imágenes religiosas es un claro ejemplo de confusión entre lo real y el modelo, lo cual deriva en la adoración



Estudio fotográfico del vuelo de un ave. Imagen tomada del libro *The photographic study of rapid events*. Placa XXIV

de la imagen, pues se le reconoce como si fuera el objeto mismo. Ahora bien, identificando las limitantes como la que se acaba de mencionar, es posible hacer uso de la imagen como modelo considerandola una guía o referencia del objeto de estudio principal.

En eso consisten las limitaciones de los modelos visuales, pero también sus fortalezas ya que las analogías presupuestas pueden servir en su función normativa como directivas para investigar, a mayor profundidad, campos temáticos por medio de hipótesis análogas [Sachs-Hombach, 2009:17].

Un ejemplo de imagen como modelo es la representación espiral del DNA de Watson y Crick o la forma en que Rutherford utiliza el sistema solar para generar un modelo análogo del átomo [Sachs-Hombach, 2009:17].

Así mismo podría considerarse la fotografía del vuelo de las aves que da pie para la construcción de los aviones mediante la observación del vuelo de las aves con la que el hombre se percató de que el movimiento de las alas es para la propulsión y no para el vuelo [Mc Luhan, 1975:240].

Como ejemplo final consideremos la imagen digital de un fractal, obtenida a partir del resultado de las ecuaciones matemáticas insertadas mediante programación en sistemas de computación. Las imágenes resultantes dan pie a ser analizadas, convirtiéndose en el modelo de análisis; se investiga la forma en la que pueden ser modificadas y está permitido cambiar las ecuaciones, que son producto de principios teóricos.

# La Fotografía Científica

## 2.1. LA FOTOGRAFÍA COMO PRODUCTO CIENTÍFICO.

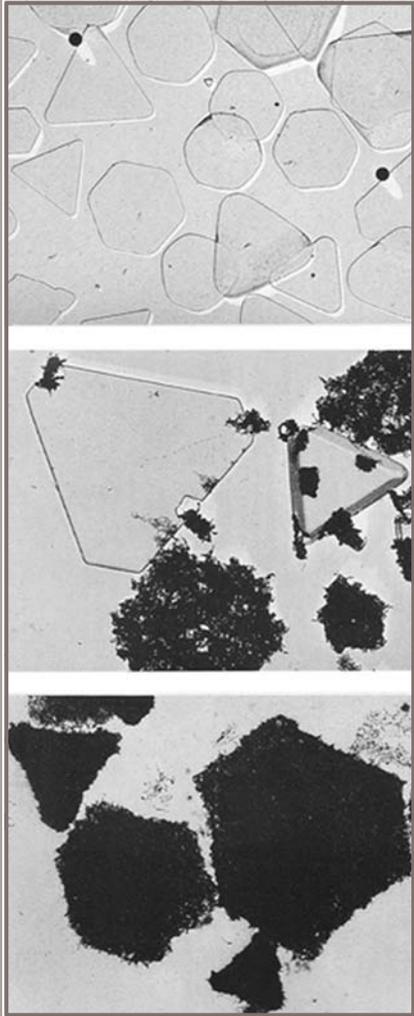
### ANTECEDENTES.

A lo largo de la historia de la fotografía encontramos rasgos de su naturaleza estrechamente vinculados con la ciencia. Por su naturaleza ontológica, se podría decir que una fotografía se crea a partir de dos fenómenos físicos que son la luz y la óptica; así como de los fenómenos químicos que también son producto de la acción de la luz sobre algunas sustancias, además de las reacciones que se llevan a cabo para fijar la imagen. Estos fenómenos fueron en su momento estudiados por dos disciplinas que aparentemente son opuestas pero que encuentran en la fotografía un punto de comunión.

Nos referimos en primer lugar al arte, que se ocupó de los fenómenos de la luz y la óptica con el estudio de la cámara oscura. *La primera publicación con la que se cuenta es de un alumno de Leonardo Da Vinci de nombre Cesare Cesariano en 1521* [Cancela, <http://www.euskonews.com>]<sup>1</sup>, época en la que los

---

<sup>1</sup> Cabe aclarar que los estudios de óptica que dieron lugar a la cámara oscura existen desde tiempo atrás, en el siglo X el científico árabe Ibn al-Haytham conocido en Europa como Alhazan o Al-Hazen, fue el primero en analizar correctamente los principios de la cámara oscura. Lo que interesó a Leonardo y sus alumnos fue el preservar o fijar las imágenes proyectadas dentro de la cámara oscura. CETTO, Ana María. La Luz. Colección La ciencia para todos, vol. 32. Fondo de Cultura Económica. P. 66

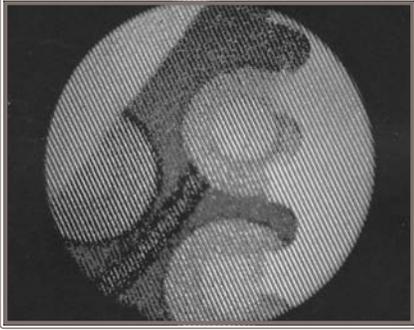


En la primera fotografía puede verse la estructura de grano fino de un trozo de película no expuesta. La segunda es de película que ha sido expuesta, ampliada 18, 000 veces. Los triángulos claros son partículas de halogenuro de plata y donde éstas han sido transformadas en plata metálica se ve una mancha negra. La última, corresponde a una película totalmente expuesta.

creadores eran sabios, es decir, un individuo era artista, científico, filósofo, inventor, etc. Fueron los pintores del siglo XVI, quienes iniciaron esta exploración de lo que se convertiría en el aparato que posteriormente pondría en crisis a la pintura de la época.

Por otro lado la ciencia aporta los estudios experimentales de alquimistas como *Geber en el siglo VIII* y *Albertus Magnus con nitrato de plata*, *Georg Fabricius con reacciones en las sales de plata que muestran propiedades fotosensibles* y en 1667 *Robert Boyle creía que el cloruro de plata se vuelve negro con el aire, aunque en realidad era al exponerse a la luz* [Fontcuberta, 1990:41-42]. La experimentación científica con distintos materiales fue el factor idóneo a combinar con los estudios de la cámara oscura para llegar a lo que hoy conocemos como fotografía. Más adelante en un momento de la historia en el que la ciencia aún no estaba separada completamente de las otras disciplinas, Joseph Nicéphore Niepce; químico, litógrafo, inventor y científico, consigue las primeras imágenes negativas en 1816 en un papel tratado con cloruro de plata, pero en su búsqueda de imágenes positivas directas, sin necesidad de negativo, utilizó placas de peltre recubiertas con betún de judea y fijadas con aceite de lavanda. Con este proceso llamado heliografía y utilizando una cámara oscura logró imprimir una vista del patio de su casa, la primera fotografía permanente de la historia [43].

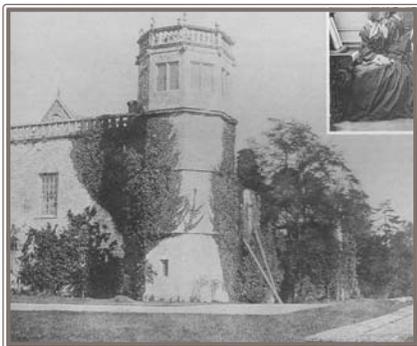
En el caso del arte; al surgir como un apoyo de la pintura para lograr una imitación muy apegada a la naturaleza, ambas se contraponen ocasionando el rechazo de la fotografía como obra de



Emulsiones de una fotografía Polaroid aumentadas. En 1948 la cámara del Dr. Edwin H. Land hizo posible la fotografía instantánea. Ésta empleaba una película especial que contenía el negativo, el positivo y los compuestos químicos para el revelado.

arte. Su aceptación en el arte tardó varias décadas, inicialmente adoptando o retomando todas las posibilidades de la pintura para después asumirse de forma independiente a ella.

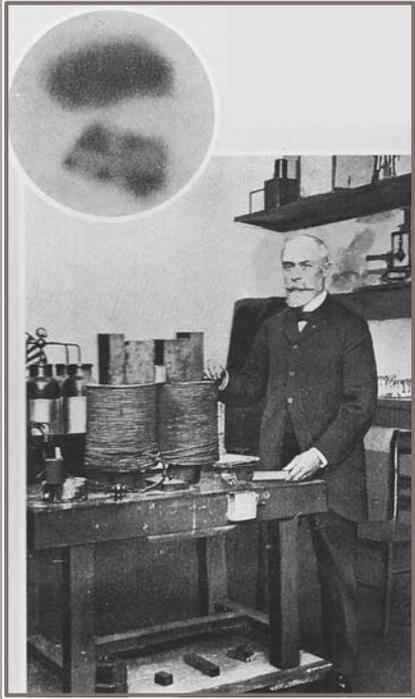
En el caso de la ciencia fue más sencillo asimilar estos descubrimientos porque ésta se ha valido de recursos que puedan extender los sentidos del hombre a aspectos de la naturaleza que no son percibidos por observación directa como el mundo microscópico, macroscópico o el paso del tiempo. En este sentido la fotografía, como una extensión de la vista [Mc Luhan, 1975:250], abre la posibilidad a la ciencia de observar a detalle y analizar lo que la observación directa no le había permitido ver y analizar. Cuando surgió la fotografía, uno de los primeros usos que se le dio fue el documental, fue un recurso de registro para catalogar los objetos de estudio principalmente en el caso de la botánica.



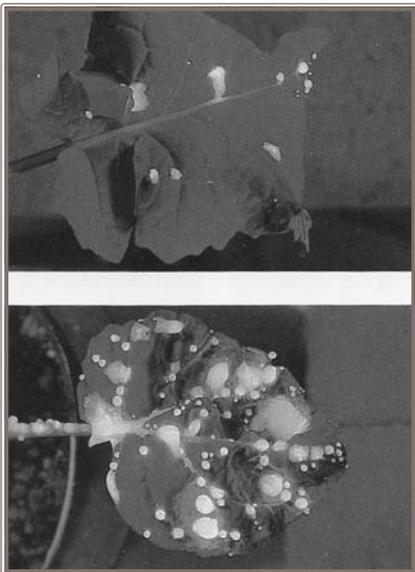
En 1841 William Henry Fox Talbot patentó su método de imprimir fotografías, que él llamó calotipos. Una de las primeras fotografías de este tipo, de Lacock Abbey, donde vivió, fue tomada el 24 de septiembre de 1840. El procedimiento de Talbot mejoró enormemente la imagen negativa dejada por la luz sobre papel con yoduro de plata. Reveló el negativo tratándolo con una disolución de ácido gálico y nitrato de plata.

Henry Fox Talbot, realizó un gran número de copias de flores y hojas, en lo que llamaba “dibujos fotogénicos”, incluso antes de que llegase a poder controlar la obtención de imágenes con la cámara. Sus experimentos incluyeron también microfotografías utilizando un microscopio solar. En Francia, Alfred Donné logró adaptar también la daguerrotipia a un microscopio. Pero la primera recopilación sistemática, con una intención de clasificación científica, fue la realizada por la botánica Anna Atkins, entre 1843 y 1853, para su catálogo de “Algas Británicas: Cianotipias”, utilizando el mismo método de dibujos fotogénicos, pero en este caso sobre papel sensibilizado con sales de hierro, según el proceso llamado Cianotipia [Fontcuberta, 1990:60].

Las aportaciones de la ciencia a la fotografía no cesaron en



La primera prueba de que los átomos no son inmutables la obtuvo Henri Becquerel (abajo) en 1896, cuando dejó algunas sales de uranio cerca de una placa fotográfica y esta resultó impresionada.

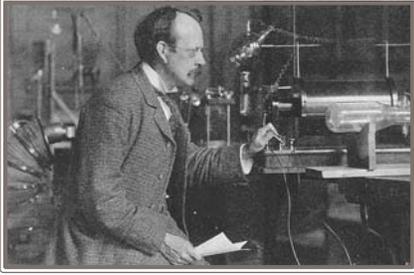


Cuando se añaden detergentes a insecticidas, permiten que el líquido se esparza sobre la hoja, como puede verse en estas fotografías en UV (arriba, normal; abajo, tratado).

los experimentos con las sales de plata y la fijación de la imagen, el color en la fotografía llega en 1861 cuando el físico escocés *James Clerk Maxwell* realizó un experimento en la *Royal Institution de Londres* para probar que todo color puede ser recreado con la mezcla de rayos rojos, verdes y azules [Newhall, 2002:272].

Hasta este momento la relación ciencia-fotografía nos muestra que la fotografía es un producto de la ciencia; pero más adelante, la historia nos muestra los primeros casos en los que el descubrimiento científico pudo hacerse posible gracias a la fotografía. Cabe destacar entre los varios ejemplos que comentaremos a continuación, aquellos que no son concebidos sin la existencia de la fotografía. En primer lugar está el caso de la radioactividad natural descubierta por A.H. Becquerel en 1896, *al observar que una muestra de una sal de uranio había impresionado una placa fotográfica perfectamente protegida de la luz* [Cancela, <http://www.euskonews.com>]. Este descubrimiento hizo posible aprovechar los rayos X para estudiar con detenimiento objetos que emanaban radiación sin la necesidad de mantenerlos irradiando todo el tiempo por el peligro que representa para el hombre. Todo esto debido a que la emulsión fotográfica es sensible a los rayos ultravioleta e infrarrojos, a los rayos X y gamma y a las partículas cargadas.

Un segundo ejemplo está dentro del campo de investigación de la física, en la determinación de la estructura atómica se descubrió que tanto los rayos catódicos (electrones) como los iones con carga positiva o negativa podían impresionar una placa fotográfica, lo



Joseph J. Thomson (1856-1940) descubrió el electrón. Empleando un tubo de rayos catódicos, pudo mostrar que todos los elementos contienen estas partículas.



Secuencia triple del vuelo de un herrerillo. El impulso del ala hacia abajo aporta la potencia. Entonces las plumas primarias se abren para el impulso de "recuperación".



Un sapo común capturando un coleóptero mediante la lengua retráctil y viscosa. Como muchos depredadores, los sapos son atraídos solo por presas en movimiento: de este modo se aseguran un alimento vivo y de buena calidad, con lo que se reduce el riesgo de ser invadidos por parásitos o agentes patógenos.

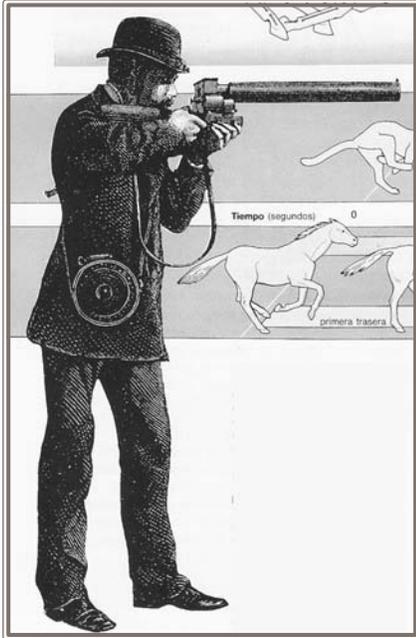
que permitió estudiarlos. De 1897 a 1912 J.J. Thomson utilizó este método para determinar, la relación carga/masa del electrón y la masa del protón, así como la confirmación de la existencia de isótopos. *En los siguientes años se hizo uso de la fotografía para confirmar y estudiar las trayectorias de partículas raras, llegamos así a las fotografías de positrones (1932) o la descomposición de mesones "pi" (1937), partículas cada vez más pequeñas* [Cancela, <http://www.euskonews.com>].

Marshall McLuhan nos proporciona un par de ejemplos en los que nos plantea como algunas áreas de estudio se hicieron posibles gracias a las aportaciones de la fotografía en la ciencia y han ayudado al avance científico: uno de ellos trata sobre el vuelo de las aves, el cual se basaba en el principio de fijeza de las alas; gracias a la fotografía, fue posible observar que el movimiento de las alas era para la propulsión y no para el vuelo. El otro viene acompañado del siguiente comentario:

Desde sus orígenes la mayoría de las ciencias se habían visto totalmente en desventaja debido a la falta de medios no verbales adecuados para transmitir información. Hoy en día incluso la física subatómica no podría desarrollarse sin la fotografía [McLuhan, 1975:238-239].

La fotografía como documento de registro se convirtió en la evidencia o el testimonio constituido en relación a un fenómeno u objeto de investigación, un ejemplo de ello que no está fuera del alcance de la luz blanca, pero sí de la percepción visual humana es el movimiento humano y animal. Los estudios realizados por el médico

## La Fotografía Científica



El fisiólogo Étienne Marey, estudioso del movimiento de los animales, inventó un dispositivo llamado "fusil fotográfico", capaz de tomar una serie de 12 fotografías en un segundo, sobre un disco giratorio.



Imagen tomada del Libro Historia de la Fotografía de Beaumont Newhall.

Esta imagen es una de las primeras ilustraciones científicas obtenidas a partir de una fotografía.

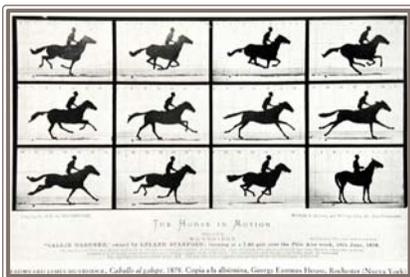


Imagen tomada del Libro Historia de la Fotografía de Beaumont Newhall.

Las famosas fotografías del galope de un caballo.

Étienne Jules Marey quien utilizaba toda clase de instrumentos de registro y gráficos, fueron para analizar el caminar de un hombre y de un caballo, el vuelo de los pájaros y los insectos. Marey realizó estos estudios por medio de diagramas hechos con polígrafos e instrumentos de registro similares, lo cual despertó el interés de Edward Muybridge, fotógrafo y científico inglés-norteamericano, para hacerlo con fotografía. Muybridge realizó varios intentos para registrar el galope de caballo. Después del primer intento fallido construyó un obturador mecánico para una exposición más rápida, pero finalmente lo consiguió instalando 24 cámaras alrededor de una pista de un hipódromo conectadas a tres baterías que las hacían dispararse simultáneamente y que dieron como resultado las 12 fotografías que hoy conocemos. En 1878 la revista *Scientific American* publicó seis grabados basados en las fotografías de Muybridge sobre el trote del caballo, la revista proponía que se recortaran las imágenes y se montaran en un zootropo. El artículo hablaba sobre el efecto de movimiento interpretado por el cerebro al observar una serie de imágenes con pequeñas modificaciones continuas. Muybridge construyó un primer proyector de imágenes llamado zoopraxiscopio, que es un precursor del proyector de cine, basándose en este artículo [Sicard, 2004: 181-182].

En los distintos ejemplos a lo largo de la historia encontramos la estrecha relación entre fotografía y ciencia porque cada una iba haciendo aportaciones que contribuían al desarrollo de ambas. La ciencia fue haciendo aportaciones a la fotografía mediante la observación de los fenómenos que rodean a la imagen fotográfica



principalmente la óptica y mediante la experimentación con químicos. En otros casos la misma fotografía se convirtió en un medio que permitió a la ciencia llevar a cabo investigaciones más allá de las posibilidades de la percepción humana. Además la imagen fotográfica se convierte en el objeto de estudio mismo del quehacer científico sin considerar que el registro del entorno con tal fidelidad en cuanto a formas, texturas y color es aparente.

En la fotografía científica podemos distinguir por un lado las innovaciones técnicas que la ciencia ha aportado al progreso de la fotografía y por otra parte las fotografías que aportaron un avance a la investigación científica. En estas últimas la ciencia no se ha sido cuestionada sobre la veracidad de la imagen fotográfica que utiliza a su favor o si lo que contiene una fotografía no es más que un modelo de la realidad. Esto es por el modo de lectura que se hace de estas imágenes. Por ejemplo en el caso de la fotografía artística lo que se quiere ver es lo que el artista está intentando expresar o abordar y de antemano se sabe que se requiere una interpretación de la imagen. Sin embargo en una fotografía científica, aunque en ocasiones también requiera interpretarse, lo que se busca es observar unas características o un comportamiento del objeto o fenómeno que se pretende estudiar. En este sentido una particularidad de la fotografía es que lo registrado por la cámara siempre será un modelo de aquello que esté presente en la naturaleza, lo cual sitúa a la imagen fotográfica más cerca de la ciencia; ya que ésta última, se vale principalmente de la investigación a partir de modelos para resolver sus problemas.



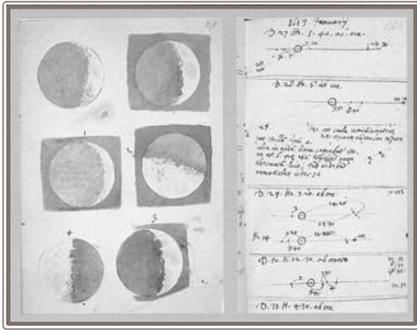
### 2.2. EL DOCUMENTO FOTOGRÁFICO

Al hablar de fotografía hay una línea muy delgada entre los conceptos de *documento fotográfico* y *fotografía documental*, puesto que parecería que el primero de ellos es el producto de la práctica del segundo. Pero debemos aclarar que no necesariamente es así, pues la historia de la fotografía de Beaumont Newhall nos dice que el género *fotografía documental* surge como tal en la segunda década del siglo XX; consecuencia de que el término documento haya sido utilizado con frecuencia en el siglo XIX para referirse a las fotografías de la época [Newhall, 2002: 235].

Si tomamos la definición que expone el propio Newhall para poder llamar a una fotografía documental, nos daremos cuenta de que el término bien podría aplicarse a las imágenes que hizo Henry Fox Talbot casi medio siglo atrás en 1839 para lograr una clasificación de plantas.

La cualidad de autenticidad que una fotografía supone implícitamente puede darle un valor especial como testimonio, siendo entonces llamada «documental» según la definición del diccionario: «Un texto original y oficial, en el que se descansa como base, prueba o apoyo de alguna otra cosa, en su sentido más extendido, incluyendo todo escrito, libro u otro soporte que transmita información».[235]

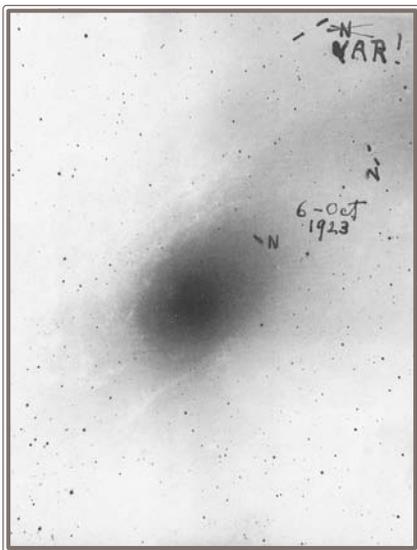
Podemos partir de este supuesto para comprender porque la ciencia se ha valido de la fotografía en particular, para su desarrollo y sus más avanzadas investigaciones; sobre todo por el hecho de que la fotografía es un soporte que transmite información. El rasgo de autenticidad que menciona Newhall es un valor agregado



Las acuarelas de Galileo representan, las fases de la Luna; las notas y esquemas de la derecha son sus apuntes del 28 de enero de 1613, a propósito de Neptuno, al que consideró una estrella fija.



Este grupo de estudiantes de la Universidad de California, absortos en unos estudios prácticos en 1895, refleja la popularidad de la astronomía amateur.



Edwin Hubble descubrió la primera variable cefeida en una galaxia espiral mientras estudiaba esta histórica placa. Su "Var!" triunfante señala el acontecimiento.

a la fotografía frente a otro tipo de imágenes como el dibujo, el grabado o los esquemas, entre otras. Sin embargo consideramos importante resaltar las palabras «*supone implícitamente*» de la frase, pues este valor se atribuye a la imagen sin considerar que dicha imagen es fabricada por un sujeto y que seguramente será observada e interpretada por ese mismo sujeto o por otros que bien pueden ser afines o diferentes de contexto.

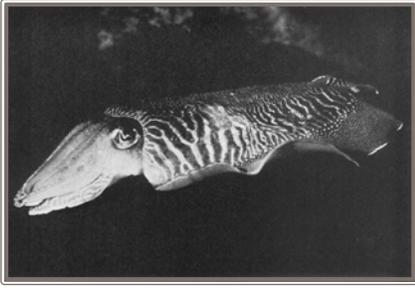
Si bien la fotografía puede considerarse un documento, no podemos aceptar del todo el valor de autenticidad cuando sabemos de todos los recursos necesarios para producir una imagen. Este atributo cambiará en función de necesidades específicas al momento de tomar la imagen. Entonces lo que debemos aceptar de la fotografía como documento es aquello que vemos en ella y que tiene una utilidad para nosotros.

Así, *cualquier* foto puede ser entendida como un documento si se infiere que contiene información útil sobre el tema específico que estudia [Newhall, 2002: 235].

### 2.2.1. ELEMENTOS DE INFORMACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE LA IMAGEN FOTOGRÁFICA.

Ahora que sabemos que una fotografía contiene información útil, nos queda más claro porque para la ciencia el documento fotográfico ha servido no solo como una ilustración que acompaña las investigaciones, sino como un soporte que le proporciona información acerca de su objeto de estudio.

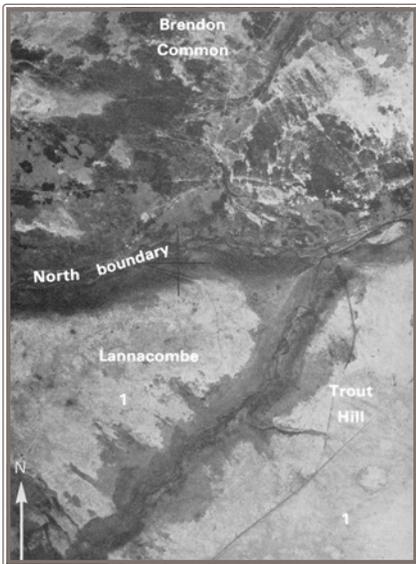
La biología marina es un ejemplo, ya que se apoya principalmente de la fotografía para la clasificación y el estudio de



Patrones de pigmentación transitoria en el lomo de un pez-sepia.

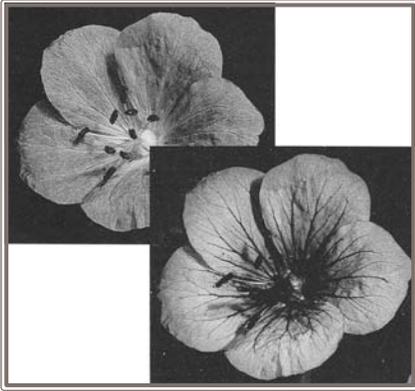
diferentes especies marinas. El color y las texturas que se aprecian en las fotografías ayudan al biólogo a identificar no sólo el tipo de especie, sino para distinguir entre especies del sexo opuesto. La gama de tonalidades y la nitidez de la película negativa de color o transparencias son un aspecto importante para este tipo de científicos, pues de ello depende que logren identificar y diferenciar su objeto de estudio [George, 1973:2,16-20].<sup>2</sup>

En algunos estudios sobre la tierra y los diferentes tipos de suelos que hay, la fotografía aérea fue el principal auxiliar que poco a poco se fue adaptando a las diferentes necesidades debido a las condiciones climáticas. Lo que se puede observar en estas imágenes son patrones de texturas que pueden indicar la forma de la tierra, el color de la superficie, la erosión, las inclinaciones, la vegetación, el uso de la tierra, micro-relieves y el drenaje. En el caso de los estudios sobre la tierra se utiliza el término «foto-interpretación» el cual implica un análisis del contenido de la imagen fotográfica. La *foto-interpretación* se inicia a partir de la fotografía aérea que practicaban los científicos durante los periodos de paz de la Primera Guerra Mundial 1914-1918. Durante la Segunda Guerra Mundial, se incrementó la actividad aérea y por lo tanto se desarrollaron nuevas técnicas de lo que se conoce



Fotografía aérea de Lannacombe, Exmoor. Las áreas de tonalidades claras en las superficies de cima indican vegetación dominante de brezales violetas cubriendo turbas y suelos semi-pantanosos. La frontera marca los cambios de vegetación inducidos por pastizales controlados. Ministerio de Defensa. Derechos reservados de la Corona.

<sup>2</sup> NOTA: La biología marina se vale de la fijeza de la fotografía para sus observaciones ya que le permite estudiar propiedades físicas como el color y la forma de diferentes organismos. La mayoría de dichos seres vivos, se encuentran en movimiento constante dentro de su hábitat, es por esto que algunos organismos son extraídos de su medio para su estudio. Sin embargo el extraerlos de su medio ambiente natural, no siempre es de gran utilidad porque esto podría alterar sus propiedades físicas; por ejemplo, una medusa que se compone principalmente de agua, al ser extraída de su medio ambiente natural pierde su forma original.



La misma flor fotografiada con luz visible (arriba) y con luz ultravioleta (a la derecha). Muchas flores presentan un dibujo de líneas orientadas hacia el nectario que normalmente no podemos ver, pero que se manifiestan con iluminación ultravioleta. Probablemente, estas flores atraen a los insectos, entre los que es frecuente la visión ultravioleta.



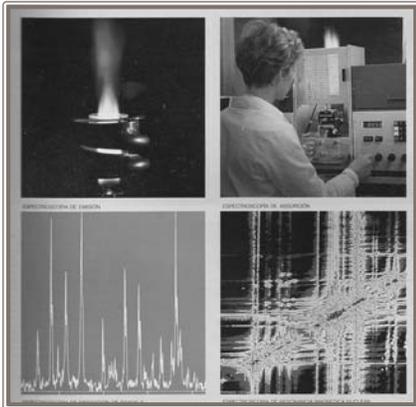
Imágenes de rayos X simples registran el efecto de absorción neto de todos los órganos y los tejidos entre la fuente de rayos X y la placa fotográfica. La técnica más refinada de tomografía asistida por computadora (TAC) permite la formación de imágenes de "rodajas" del cuerpo, como en este ejemplo que muestra una sección del tronco: la espina dorsal aparece blanca en la parte inferior de la fotografía. Los scanners TAC operan haciendo girar el tubo de rayos X en torno al cuerpo para definir la "rodaja".

como fotogrametría. La *foto-interpretación* en cuanto a estudios de la tierra, se vale de todo tipo de fotografías, desde película en blanco y negro, película sensible al infrarrojo, película en color y película de color sensible al infrarrojo; además de incluir nuevas tecnologías como los métodos de densitometría y la fotografía multiespectral [Curtis, 1973: 57-110].<sup>3</sup>

En el caso de la medicina se han desarrollado nuevas tecnologías, equipos cada vez más sofisticados que proveen al investigador con imágenes que requieren ser interpretadas. La tomografía computarizada, la tomografía por emisión de positrones, la resonancia magnética y el ultrasonido son ejemplos de estas tecnologías. Lo que interesa a los médicos de este tipo de imágenes es una buena resolución, un buen contraste y la tridimensionalidad dentro de la imagen bidimensional, ya que les *proporcionan información sobre la estructura de órganos y músculos* así como *información sobre la actividad metabólica* del cuerpo humano [Helguera, 2009: 39-57].

Es interesante mencionar las imágenes que generan estas nuevas tecnologías, a las que Vilem Flusser llama imágenes técnicas [Flusser, 2011:11], como las imágenes electrónicas o el video, incluida la fotografía misma, ya que su calidad se mide con atributos de la fotografía. Por ejemplo, la resolución en la imagen fotográfica está dada por los haluros de plata de la película;

<sup>3</sup> En este artículo se puede encontrar más información sobre la evolución de la *foto-interpretación* en los estudios de la tierra. Así como las diferentes técnicas fotográficas utilizadas para la obtención de imágenes que se requieren interpretar.



Actualmente existen muchas maneras de analizar e identificar compuestos, la mayoría de las cuales se apoya en el estudio del efecto de la luz. La espectroscopía de absorción identifica elementos por las longitudes de onda de la luz que absorben. En la espectroscopía de emisión es la luz emitida por un átomo excitado la que indica de qué elemento se trata y la cantidad presente del mismo. Incluso la difracción de rayos X se emplea para la identificación puesto que el esquema de rayos difractados es típico para cada sustancia. Otra técnica útil para estudiar moléculas es la espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN), que se apoya en radioondas y fuertes campos magnéticos.



El tipo básico de ctenóforo posee un cuerpo globular y nada mediante laminitas vibrátiles. Algunos ejemplares más evolucionados presentan una forma alargada y se desplazan con un movimiento ondulatorio producido por fibras musculares en la mesoglea.

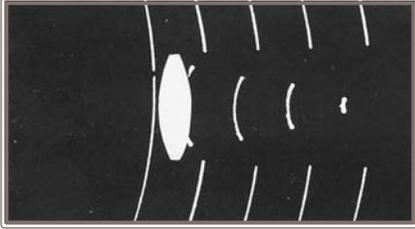
en la imagen digital se traduce en píxeles ya que se observan principalmente en monitores. El contraste y la sensación de espacialidad, que no son exclusivos de la fotografía, son atributos, que ha sido posible trasladar a los nuevos equipos gracias al descubrimiento de la técnica fotográfica; pues los programas que generan imagen electrónica están basados en capturar y registrar distintas longitudes de onda que es lo que en principio hace la fotografía. Estas imágenes que provienen de los aparatos son conocidas cotidianamente como fotografías; aunque salen de los límites de lo que se consideraría fotografía [Flusser, 2011:44].

Como pudimos ver en los párrafos anteriores, hay diferentes necesidades que cubrir en diferentes áreas de la ciencia por lo que la interpretación de las fotografías requiere de expertos que conozcan el contenido o por lo menos tengan alguna referencia sobre el tema. De acuerdo con el tipo de información contenida podríamos decir que la fotografía tiene una utilidad específica en cada caso.

### 2.2.2. USOS DEL DOCUMENTO FOTOGRÁFICO

Como hemos visto, cada área de especialización hace un uso diferente de la fotografía dependiendo de la necesidad que tenga el científico. Se genera la imagen fotográfica con características particulares que cumplan objetivos específicos dentro de una investigación. De los múltiples usos que se le pueden dar podemos distinguir tres que son de gran importancia para la ciencia.

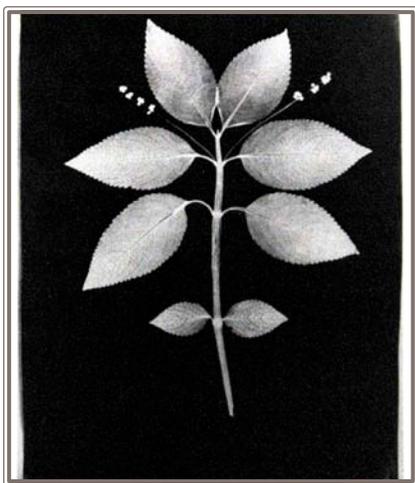
En biología marina el documento fotográfico como registro es un recurso esencial para la identificación y clasificación de las



Esta imagen de la potencia de enfoque de una lente fue obtenida superponiendo una serie de fotografías holográficas muy rápidas de pulsaciones luminosas, generadas como pulsaciones de láser de 10 picosegundos cada una. Además de verse cómo la lente dirige la luz a un foco, las imágenes muestran que la luz reduce su velocidad cuando pasa a través del vidrio: las pulsaciones enfocadas se retrasan en relación al haz original.

especies. En física llega a ser la evidencia de algún cuerpo existente que se encuentra fuera del alcance de nuestra visión. En astronomía se utiliza la fotografía como modelo ya que no es posible estudiar el objeto directamente, dado que se encuentra fuera del alcance de los científicos. A continuación examinaremos con detalle cada uno de los diferentes usos del documento fotográfico para comprender la relevancia de la fotografía en el ámbito científico.

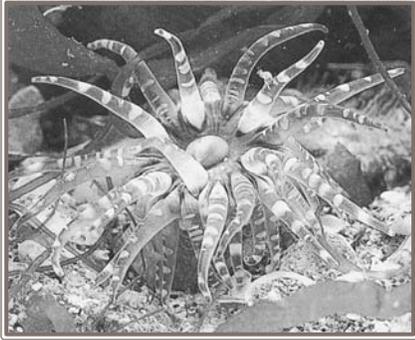
Uno de los primeros usos que podemos considerar de la fotografía científica es el registro documental, ya que el primer trabajo de la fotografía como documento es la colección de imágenes obtenida por Henry Fox Talbot con la que se buscó hacer un registro de los objetos seleccionados. Dicha colección incluye imágenes de un microscopio solar, flores y hojas, un boceto microscópico de un insecto, un grabado, la arquitectura de una casa, entre otras.



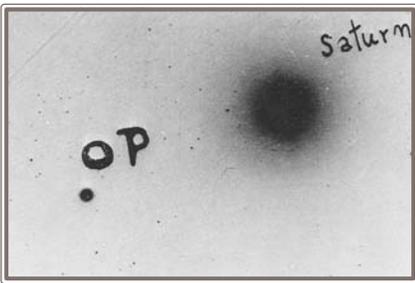
William Henry Fox Talbot. *Ejemplar botánico*, 1839. Dibujo fotogénico, Sala de Impresión, Universidad de Leiden, Países Bajos.

Imagen tomada del Libro *La historia de la Fotografía* de Beumont Newhall.

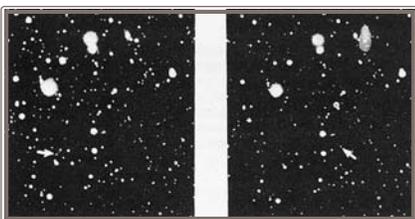
Talbot era científico y como tal reportaba a la Royal Institution, en Londres todos sus descubrimientos en torno al proceso fotogénico, que fue la técnica utilizada para la obtención de imágenes [Newhall, 2002: 20]. Pero lo que a nosotros nos interesa sobre Talbot es la intención que tuvo al registrar los objetos a su alrededor. Los experimentos principales giraban en torno a perfeccionar el proceso fotográfico; sin embargo el producto de su investigación queda asentado en las imágenes resultantes que permanecen y figuran como testigos de tal acontecimiento. Con ese acto, Talbot planteó un eficiente uso que la ciencia pudo hacer del nuevo descubrimiento.



La anémona de mar es un gran pólipo, mientras que los corales son colonias de muchos pólipos minúsculos, encerrados en un esqueleto. Los hidroides pueden formar colonias como los corales, o ser individualistas, como las anémonas de mar, siendo el pólipo similar en los tres casos.



Phoebe fue descubierto gracias a esta fotografía. En 1898, el norteamericano W. H. Pickering, destacado observador de los planetas, utilizó por primera vez la técnica de la fotografía para buscar nuevos satélites en las proximidades de Saturno. Expuso cuatro placas durante dos horas cada una. Entre todas, revelaron más de 400, 000 estrellas. Comparando las placas, Pickering advirtió que uno de los objetos se había movido. Fue el descubrimiento del noveno satélite de Saturno.



Plutón (flecha) fue identificado en estas placas fotográficas.

En la actualidad el registro fotográfico es de gran utilidad en la biología, por ser ésta, una ciencia que dedica gran parte de su investigación a la clasificación de organismos vivos. El registro fotográfico es una herramienta muy importante para la botánica pues las fotografías ayudan a catalogar las diferentes especies vegetales, lo que permite reconocerles posteriormente. De la misma manera, la biología marina no se concibe sin la fotografía que le permite registrar formas de organismos tales como anémonas y lombrices; como ya mencionamos en una nota previa, si se les extrae del agua, como se hace con otros organismos, se contraerían de tal forma que se volverían irreconocibles.

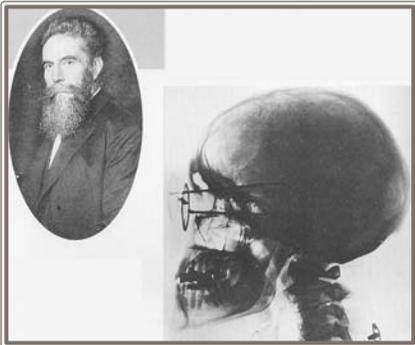
En segundo lugar revisaremos el uso como evidencia; de acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española, la palabra evidencia proviene del latín «*evidenti*» y la define como una *certeza clara y manifiesta de la que no se puede dudar*, o bien que algo esté *en conocimiento público, revelando o demostrando algo* [[http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=evidencia](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=evidencia)].

En contexto científico podríamos decir utilizando esta definición que una evidencia hace pública la información que afirma la existencia de un objeto o hecho y que al ser una certeza no se puede dudar de la afirmación que haga. Por otra parte también cabe la posibilidad de que la evidencia demuestre justamente lo contrario; es decir, que niegue la existencia de algún objeto o la posibilidad de algún hecho.

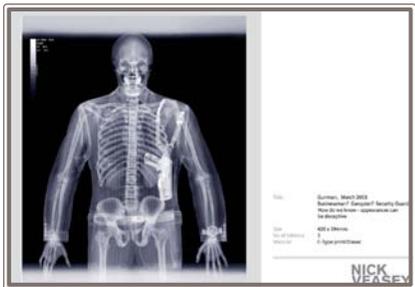
La ciencia se vale de las evidencias para convencer al



Las pérdidas de energía de una planta química se evidencian en esta fotografía aérea tomada con una cámara de infrarrojos sensible al calor. Los "puntos calientes", tales como una chimenea y algunas tuberías, aparecen blancos. Las partes más frías, incluyendo los depósitos, aparecen azules.



El descubrimiento por Röntgen de los rayos X en 1895 capturó la imaginación del mundo. Su capacidad para "ver" en el interior de los objetos fue apreciada como una valiosa ayuda para la medicina.



Fotografía con rayos X del artista Nick Veasey. Imagen tomada de la página oficial del artista.

público de que los resultados de una investigación son ciertos o falsos. Es como un refuerzo de las teorías que se van generando. La fotografía al ser una imagen que registra objetos que reflejan luz podría ser considerada como evidencia de algunos fenómenos ya que en la mayoría de los casos, la imagen fotográfica muestra objetos que físicamente han existido en la realidad, lo que Roland Barthes llama el «referente fotográfico». Sin embargo así como hemos visto que es necesaria una interpretación para comprender lo que nos muestra la imagen fotográfica, deben tenerse ciertos cuidados antes de llamar evidencia a una fotografía.

Para poder llamar evidencia a una imagen fotográfica es necesario tener en cuenta todos los factores que implican su construcción, no porque provenga del contexto científico se escapa de ser manipulada. Consideramos importante tener claro quién está haciendo la fotografía, con qué finalidad, la tecnología utilizada y la técnica entre otros.

Un ejemplo de evidencia sería el descubrimiento de rayos X que se dio gracias a placas fotográficas almacenadas en un cuarto oscuro. La placa velada era la evidencia que demostraba la existencia de la radiación en el cuarto en el que se encontraban almacenadas. Otro ejemplo serían las placas fotográficas que son evidencia de la existencia de ciertas partículas debido a su actividad manifestada en la placa como una línea trazada.

Dentro del dominio de la cultura visual, la fotografía suele ser tomada como evidencia de algo que necesita ser visto para ser comprobado. Un ejemplo interesante debido a su carácter místico,

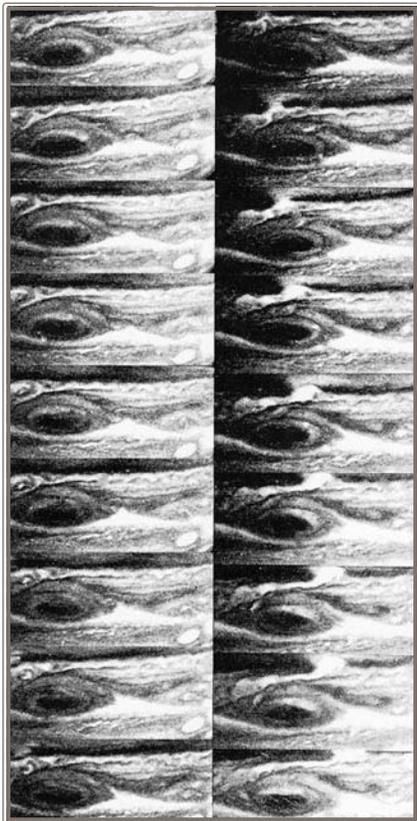


puesto que proviene de un contexto religioso, sería el manto sagrado considerado como evidencia de la existencia de Jesús de Nazareth. Este manto ha sido estudiado y analizado por historiadores y antropólogos para verificar su autenticidad y darle crédito como evidencia. Recientemente en un documental del canal *History* se expuso una teoría en la que el manto es considerado como si fuese una imagen fotográfica. En el documental afirmaban que el manto se impregnó de la imagen de Jesús como se impregnaría en una placa fotográfica, funcionando como el negativo de la fotografía. Al analizar la imagen invertida no era posible entenderla, pero una vez que la utilizaran como negativo y proyectaran tal imagen en un negativo de película, la imagen resultante era sorprendentemente más clara y el negativo de película se habría convertido en la imagen positiva de Jesús y en la evidencia de su existencia.

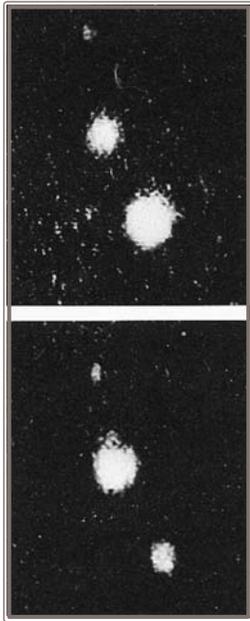
En tercer lugar revisaremos el uso de la fotografía como modelo. Para la comprensión de algunos fenómenos siempre es necesaria alguna referencia que nos acerque a su conocimiento.

En el difícil camino hacia el saber casi todo el mundo siente la necesidad de una cierta imagen, un cuadro visible, un modelo simplificado. [Gueguzin, 1983: 11]

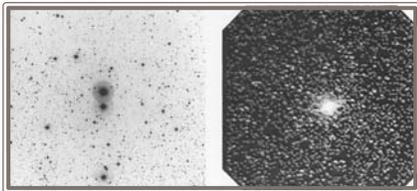
En ciencia se utilizan modelos para simular objetos o fenómenos, pues algunos de ellos trascienden al hombre en dimensión y tiempo, por lo que resulta complicado su estudio. Un ejemplo es el átomo, el cual no es visible para el ojo humano ni siquiera con instrumentos que extiendan la visión, por esto se utilizan modelos que simulen su estructura.



Secuencia de fotografías que revela la circulación del material alrededor de la Gran Mancha Roja. Se aprecian las corrientes circulares de la izquierda y las regiones onduladas de la derecha.



El púlsar NP 1532 en la nebulosa del Cangrejo pulsa en luz visible, así como con ondas radio y rayos X. En estas imágenes ópticas, el púlsar está “encendido” (arriba) y “apagado” (abajo).



Se cree que Cygnus X-1 es una binaria (con un período de 5.6 días), compuesta por una supergigante O o B y una compañera invisible de 9.15 masas solares, que al parecer es un agujero negro. Debido a la rotación de la binaria, la materia arrancada de la estrella no cae directamente en el agujero, sino que se suma a un disco de material en rápida rotación a su alrededor. Este “disco de acreción” tiene una temperatura tan elevada que emite rayos X. Tarde o temprano, la materia del interior del disco cae a través del horizonte de sucesos.

Cygnus X-1: imagen óptica (izquierda) e imagen en rayos X (derecha).

¿Cómo deberá ser el modelo? ¿Qué se le puede pedir y qué habrá que exigirle? Se le puede pedir ayuda. Se le puede exigir, por lo menos, que posea parte de la verdad sobre el fenómeno [...] está obligado a ser evidente sin dejar lugar a dudas; ser comprensible sin comentarios agotadores [...] si su evidencia es tan nítida que cobra la fuerza de prueba material [Gueguzin, 1983: 13].

El modelo científico es un recurso necesario en muchos casos científicos, pues como decíamos del átomo por ejemplo, no siempre se puede contar con el objeto de estudio a la mano. Es por eso que la ciencia construye sus propios modelos que hagan referencia a su objeto de estudio y que contengan características tan parecidas que le permitan hacer los experimentos con el modelo sin la necesidad de disponer del objeto o fenómeno a estudiar.

El modelo científico puede estar conformado en diferentes dimensiones, ya que bien puede ser una imagen, una maqueta o una ecuación. Para entender a la fotografía como modelo debemos tener claro que como *toda imagen técnica es una superficie conformada como imagen. Es una copia de algo que explica una representación y que significa el medio ambiente* [Flusser, 2011:41-44]. Es decir, esta imagen técnica se conforma a partir de *una representación de algo que supuestamente está en el mundo objetivo, o de la representación de como podría encontrarse en el mundo objetivo.*

La fotografía astronómica puede funcionar como un modelo. Ya que no podemos estudiar las galaxias directamente, pues son lejanas, distantes y de dimensiones inimaginables para



el hombre, la fotografía conforma a la galaxia en una imagen; lo cual posibilita su estudio. Otro ejemplo de la fotografía como modelo serían las placas fotosensibles utilizadas en los estudios sobre partículas cargadas que permiten analizar su actividad observando las trayectorias en la placa; la fotografía en este caso, es la representación de como se podría encontrar el movimiento de la partícula en el mundo objetivo.

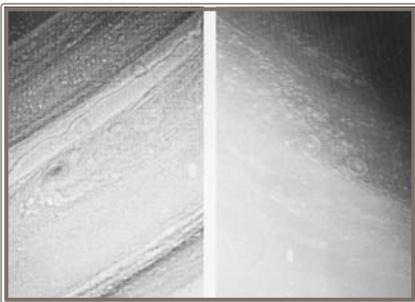
### 2.2.3. CRITERIOS DE VALOR ASIGNADOS A UNA FOTOGRAFÍA.

De acuerdo con el diccionario de Filosofía de Ferrater [1979:3373-3377], el término valor tiene un significado fundamentalmente económico; pero que también ha sido utilizado en un sentido no económico, cuya noción tiene que ver con las nociones de selección y de preferencia. Hay más de una teoría de los valores, de las cuales, nos apoyaremos en aquella que se ocupa del nominalismo de los valores. Esta teoría nos dice que los valores consisten en el hecho de que la cosa considerada valiosa produzca agrado, deseo, atracción, etc. La cosa valiosa puede ser un objeto, una acción o hasta un sentimiento.

Una fotografía es un objeto que puede adquirir muchos tipos de valor. Comúnmente el valor que adquieren las imágenes fotográficas depende de lo que el observador encuentre atractivo en ellas. En el caso particular de las fotografías producidas en el ámbito científico el valor de la imagen estará en el contenido de la imagen, en el que podemos encontrar: *significados, conceptos o ideas* [Zamora, 2008:106]. Dicho contenido puede abarcar desde un



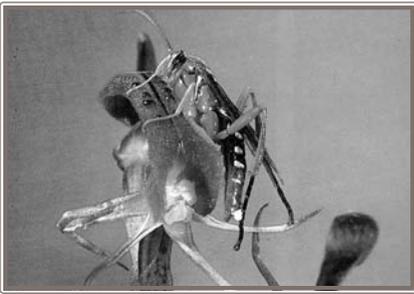
La fotografía revela el brillante núcleo y los brazos espirales relativamente tenues de la galaxia Seyfert NGC 4151, insertada sobre un diagrama de la posible estructura del núcleo galáctico. La presencia de los anillos de gas, que orbitan a las velocidades y las distancias señaladas, se ha deducido a partir de observaciones ultravioletas.



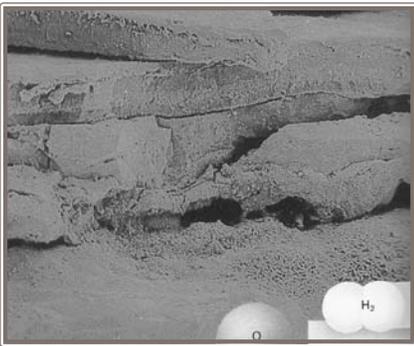
El hemisferio norte de Saturno en falso color, fotografiado por el Voyager 2 en agosto de 1981, primero (izquierda) a una distancia de 7.1 millones de kilómetros y después (derecha) a 63,000 km del planeta. Las dos imágenes revelan violentos fenómenos atmosféricos, con rasgos ondulados moviéndose a gran velocidad y zonas de convección entre óvalos estables.



Los pliegues anticlinales se arquean hacia arriba y los sinclinales hacia abajo. Se encuentran formando secuencias continuas, como en la fotografía (País de Gales), y es muy difícil encontrarlos aislados.



La "lengua roja" y aterciopelada de esta orquídea imita el abdomen de la hembra de un tipo de avispa. En la foto, un macho acaba de intentar aparearse con la flor, causando la rotura del envoltorio que contiene el saco de polen que se adherirá al abdomen del insecto.



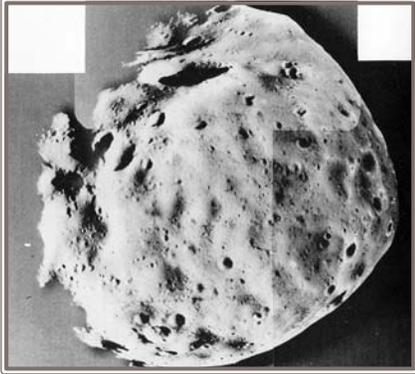
Esta imagen muestra herrumbre bajo capas de pintura y tarda años en formarse. La formación de herrumbre es debido a la oxidación lenta del hierro por el oxígeno del aire. La pintura retrasa el proceso, pero finalmente la reacción química gana.

mineral, un ser orgánico, una partícula subatómica, un fenómeno de combustión, etc. Dado lo anterior, nos es posible identificar tres valores que los científicos pudieran atribuir a la imagen fotográfica de acuerdo con los usos que han hecho de ellas.

Analizaremos en primer lugar, la veracidad y para ello como primer paso haremos una diferencia entre verdad y veracidad. La verdad es un valor de conocimiento que se refiere a la realidad de la cosa o a una correspondencia entre la cosa y el intelecto humano. La veracidad se distingue de la verdad por ser una especie de correspondencia entre lo que se dice y quién lo dice [Ferrater, 1979:3395].

La veracidad es una característica fundamental de la ciencia como vimos en el capítulo anterior; por lo que se le ha atribuido este valor a la imagen fotográfica de una manera inherente cuando se produce en el contexto científico. Sin embargo debemos advertir al lector sobre los riesgos que implica la veracidad en la imagen fotográfica como fuente de información; más adelante discutiremos con mayor detenimiento dichos riesgos cuando hablemos sobre polisemia y manipulación en la imagen fotográfica.

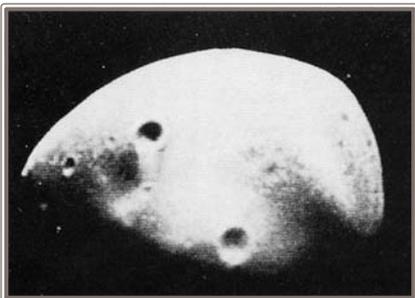
La gama de técnicas fotográficas desarrolladas para la obtención de imágenes y su contribución a la ciencia nos influye como sociedad en la forma de percibir el mundo que nos rodea. Incluso si lo que se obtiene son imágenes completamente abstractas y poco reconocibles en la experiencia visual del ojo humano. En el caso de la ciencia, a diferencia de otras áreas como las artes visuales, la abstracción no nos remite a algo construido o falso.



El Viking Orbiter 1 tomó esta fotografía compuesta de Fobos, la mayor de las lunas marcianas, a una distancia de apenas 480 km.



Fobos estaba a punto de ingresar en el cono de sombra de Marte cuando el Viking tomó esta fotografía, donde se aprecian los cráteres Hall y Stickney.



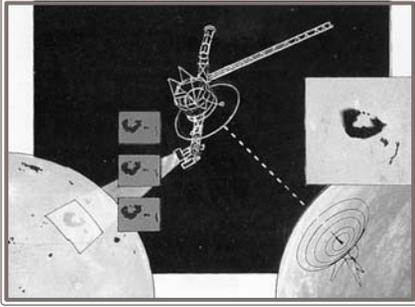
Deimos se parece a Fobos en muchos aspectos. Sin embargo, carece de grietas y cráteres grandes, y la capa de polvo de su superficie es más fina.

Esto es probablemente porque el científico acompaña las imágenes con fórmulas, teorías y datos que sustentan lo que las imágenes muestran y que comprueban la existencia de lo que se está viendo en ellas.

Uno de los criterios para aceptar la veracidad en la imagen fotográfica tiene que ver con la manera en que asumimos la fotografía como una copia de algo que existe en el mundo objetivo. En este sentido Barthes nos dice lo siguiente:

La foto es literalmente una emanación del referente. De un cuerpo real, que se encontraba allí, han salido unas radiaciones que vienen a impresionarme a mí, que me encuentro aquí; importa poco el tiempo que dura la transmisión; la foto del ser desaparecido viene a impresionarme al igual que los rayos diferidos de una estrella [Barthes, 2009 : 94].

Barthes se refiere a la fotografía como una emanación del referente debido a el fenómeno físico-químico de la fotografía; sin embargo debemos considerar que no todos los aspectos del referente fotográfico que se encuentran en el mundo objetivo son capturados por el soporte fotográfico. Por ejemplo, hablando en términos de veracidad, en una fotografía astronómica, la información que nos proporciona la imagen es veraz en tanto que el cuerpo que está registrado en la imagen existe como lo dice Barthes, porque se encontraba allí. Pero no podemos pensar que toda la información contenida es verdadera, los colores que se nos presentan en ellas ya hemos comentado que son obtenidos mediante un sistema de filtros que los científicos manipulan a conciencia bajo convencionalismos para tener un control sobre la



EL Voyager transmitió imágenes en blanco y negro de la superficie de Júpiter a las estaciones receptoras de la Tierra. Cada una de esas imágenes fue tomada a través de tres filtros de colores: rojo, azul y verde. Una vez combinadas en la estación receptora, se obtuvieron imágenes de colorido aparentemente "natural".



En el registro geológico es posible encontrar antiguos sedimentos del fondo de los mares. Los esquisitos negros del Ordovicense son depósitos del lecho oceánico con graptolites fósiles.



Mejillones filtrando el agua para alimentarse. Se pueden apreciar ambos sifones: el inhalante, rodeado de tentáculos sensores que interceptan el agua al entrar, y el sifón exhalante, de borde liso.

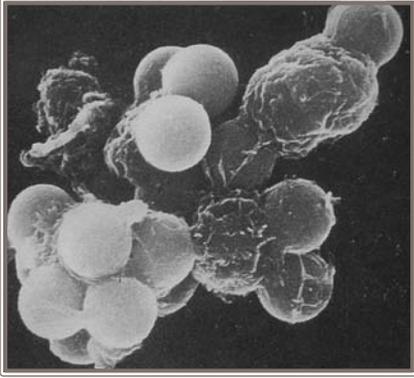
información que obtienen de la imagen.

La veracidad dentro de la imagen fotográfica está sujeta a las convenciones que determinan todo el sistema fotográfico. Desde los encuadres rectangulares, el fenómeno físico-químico, los soportes físicos, la perspectiva, la óptica, la iluminación, el blanco y negro, el color, una vista de tres dimensiones entre otros. Todos estos convencionalismos al igual que aquellos existentes en la ciencia, tales como *fórmulas, teorías, conceptos y modelos, como creaciones humanas son afectados por tradiciones, estilos y sensibilidades* [Wechsler, 1982:11].

En segundo lugar, revisaremos la utilidad: un valor instrumental que suele estar colocado en los lugares inferiores de la escala de valores. Se llama útil a todo lo que sirve para satisfacer necesidades humanas, bien individuales, bien colectivas [Ferrater, 1977:3360-3361].

Los objetos que nos rodean cumplen una función dentro de nuestra vida. De acuerdo con las necesidades que tengamos y que esos objetos puedan satisfacer, los encontraremos útiles o inservibles. Como ya explicamos anteriormente, las fotografías realizadas por científicos cubren ciertas necesidades, lo cual las hace útiles para una investigación particular.

La fotografía al servicio de la ciencia debe cumplir antes que cualquier cosa, la funcionalidad de proporcionar información. De otro modo carecerían de sentido puesto que dejaría de ser una fuente de conocimiento. La utilidad de la fotografía se ha dado en diferentes niveles, pues como hemos comentado, los usos de la



En esta utilización médica experimental del magnetismo, un tumor de la médula ósea se rodea con “microesferas” magnéticas para permitir a los médicos extraer rápidamente del cuerpo las células enfermas, eficientemente y sin la alteración del organismo que la irradiación o la quimioterapia causarían.



En los gasterópodos el cuerpo ha sufrido una torsión de 180°, de modo que la cavidad paleal se ha situado de frente; esto permite al animal retirar la cabeza dentro de la cavidad en caso de peligro. En muchos gasterópodos terrestres las branquias se han perdido y la cavidad paleal actúa como un pulmón. Muchos gasterópodos como esta babosa marina (abajo) han perdido la concha.

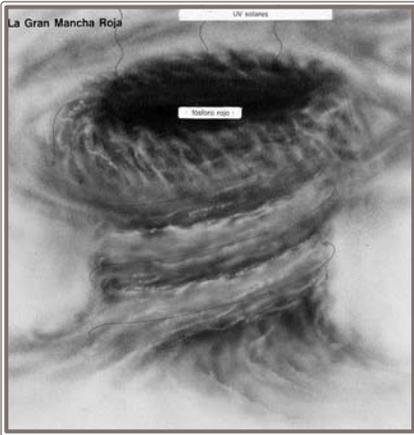
imagen fotográfica dependen de la necesidad del científico y su investigación.

Por ejemplo, como ya hemos mencionado, el registro de animales o plantas. Para la visualización de objetos que existen pero se encuentran fuera del alcance de la visión humana, tales como las estrellas, los microbios, las bacterias, la radiación, entre otros. La visualización de órganos mediante imágenes electrónicas es útil ya que gracias a ello, es posible detectar anomalías y patologías en el organismo de las personas.

La utilidad de la imagen fotográfica como modelo científico depende mucho de su calidad o resolución, es decir, debe ser lo más clarificadora posible. También hemos visto que el poder construirla bajo condiciones específicas que resalten lo que al científico le interesa sería otro requerimiento para considerarla útil. En este sentido podríamos asumir que la posibilidad de manipulación —de cierta forma, más que un factor en contra,— es una exigencia que el científico reclama de la fotografía.

Finalmente reflexionaremos sobre la belleza, un valor estético *culturalmente determinado y socialmente construido* [köppen, 2009: 114] que nos provoca una sensación placentera, de bienestar, satisfacción o de atracción. Esta sensación está directamente relacionada con lo que percibimos a través de los sentidos; pero se le ha dado mayor importancia a la vista, no es casualidad que el arte se ocupara de estudiarla desde productos visuales como pintura, escultura, arquitectura, etc.

Los cánones de belleza cambian de acuerdo con la cultura



La gran Mancha Roja parece ser una región de altas presiones cuya cima se yergue unos 8 km por encima de la capa de nubes circundante. Su material circula en dirección antihoraria, lo cual sería normal para un sistema de altas presiones en el hemisferio sur. Es probable que el material ascienda desde niveles atmosféricos inferiores hasta la cima de la mancha, que se extienda y que vuelva a descender por los bordes.

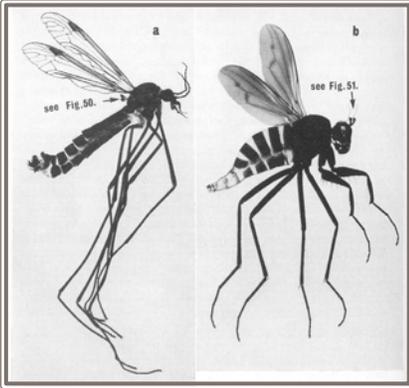


En un violín, las vibraciones de las cuerdas pasan a través del puente del cuerpo del instrumento. El cuerpo del instrumento tiene vibraciones propias –aquí visibles por efectos de interferencia– que entran en resonancia con las de las cuerdas. Normalmente se hace que la frecuencia de estas vibraciones corresponda con las de las cuerdas y dé el tono del violín.

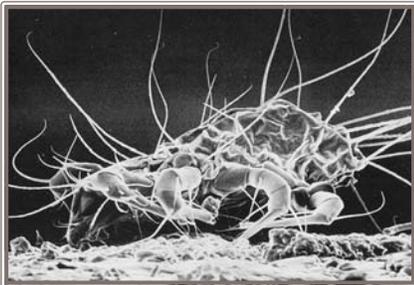
y el tiempo, es decir, no han sido los mismos en la época de los filósofos griegos que en el renacimiento ni que en la época actual. La fotografía ha pretendido buscar la belleza como en el arte lo hizo la pintura por mucho tiempo. Si consideramos que la belleza se da tanto en un sentido estético como en un sentido funcional o utilitario, entonces podemos afirmar que muchas fotografías son bellas para los científicos en tanto que son útiles y muestran lo que se les exige. También es cierto que no hay reglas escritas para la belleza y que algunas fotografías científicas, aunque son accidentales, son percibidas como bellas desde un punto de vista estético.

El conocimiento estético que puede proporcionar una fotografía científica, no solo es funcional, ya que la ciencia también tiene su propia estética y de acuerdo con Howard E. Gruber *lo que es bello en general y por tanto bello en la ciencia, es la armonía, el orden, la simplicidad, la limpieza* [Wechsler, 1982:233]. También se mencionan la complejidad, el desorden, la imperfección y lo impredecible como atractivos bellos en la ciencia. Cualquiera de estas categorías estéticas nos permitirán determinar si una fotografía científica puede ser bella.

La belleza también depende de la técnica o de la información que se esté mostrando, por ejemplo, las fotografías al microscopio con un alto grado de abstracción son apreciadas como bellas. La Dra. Elke Köppen afirma que el *desarrollo de la tecnología para producir imágenes es fuente de precisión y funcionalidad científica, pero también fuente de insospechada generación de productos de*



La imagen izquierda muestra una especie de mosquito montado entre dos portaobjetos de microscopio, las patas al igual que las antenas no se aprecian claramente porque están entrelazadas; así mismo las alas están dañadas. La imagen derecha es un montaje exitoso de una especie más pequeña y fue fotografiada utilizando transmisión de luz.



La mayoría de los habitantes del suelo son microscópicos, como el diminuto ácaro de la ilustración, captado en una microfotografía electrónica.



Un microscopio electrónico de barrido revela detalles en una imagen de acuerdo con el número de electrones que son dispersados cuando un fino haz de electrones "barre" el ejemplar observado. El detalle es posible porque la longitud de onda del electrón es mucho menor que la de la luz visible.

*gran estética* [köppen, 2009: 124]. La Dra. Köppen comenta que en la actualidad el poder manipular el color, la textura y otros aspectos de la imagen permite obtener una fotografía bella, pero que aún siendo manipulada no pierde utilidad pues mantiene la información necesaria para el científico.

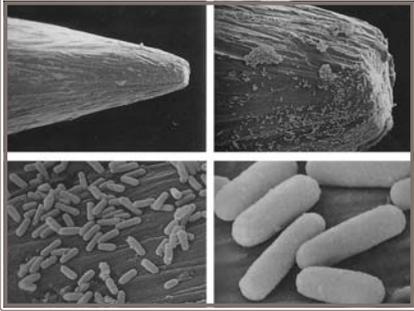
En otro ejemplo, en el ensayo sobre fotografía de insectos Douglas F. Lawson [1973:111] hace el siguiente comentario sobre la fotografía de insectos: *las imágenes bien logradas requieren de algo más que las técnicas, no obstante, ellas (las fotografías) representan un punto de vista individual, un tratamiento personal y una organización estética de la información visual*. Si bien no es un requisito primario, la estética sí llega a ser un elemento de gran importancia que afecta directamente la información contenida en la fotografía.

### 2.3. LA FOTOGRAFÍA COMO EXTENSIÓN DE LA VISIÓN.

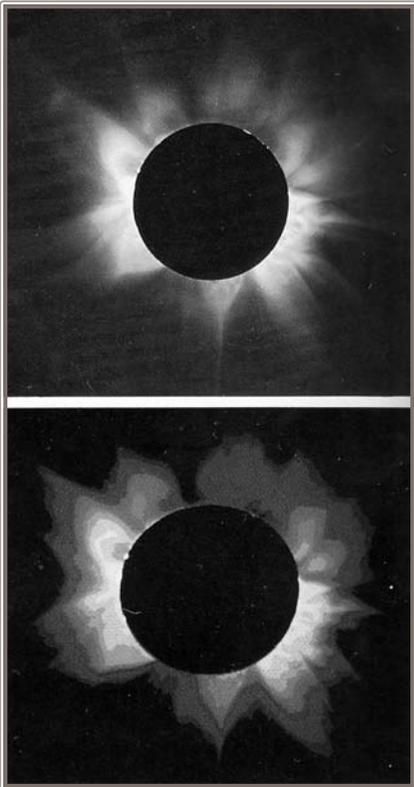
Una de las primeras intenciones a las que los fotógrafos sometieron a la fotografía, fue la de competir contra la pintura, reemplazarla como medio de representación e inscribirse en el mundo del arte. Lo anterior suscitó que la imagen fotográfica desde el punto de vista de los estudiosos del arte, haya liberado a la pintura del problema de la representación fiel de la realidad [Sontag, 2006].

Por su parte la ciencia se valió del nuevo descubrimiento como herramienta para extender la visión humana, como evidencia del conocimiento que surgía de las nuevas investigaciones o bien como documento ilustrativo de las investigaciones.

En el último ensayo de su libro *Sobre la fotografía*, Susan



Una secuencia de fotografías tomadas con un microscopio electrónico que ilustra el tamaño de una bacteria en relación con la punta de un alfiler. Los aumentos son de 35, 175, 890 y 4375 veces respectivamente. A causa de la rigidez de las paredes celulares, todas las bacterias presentan formas fijas, que se utilizan para su clasificación. Las bacterias que aquí se presentan tienen forma cilíndrica (bacilos); los otros dos tipos son esféricas (conocidas como cocos) y en forma de sacacorchos (espiroquetas).



En la fotografía convencional del eclipse de 1980 (arriba), la sobreexposición de la corona elimina los detalles más finos, que sin embargo es posible apreciar en la fotografía coloreada de contornos (debajo)

Sontag hace una reflexión sobre el acercamiento que hace la fotografía con el mundo micro y macroscópico y de cómo tal visión no habría sido posible sin el descubrimiento de la fotografía.

La fotografía nos acerca al mundo mediante la información que la cámara capta de él y nos permite ver en una imagen fija, sin ella nuestra visión nunca habría tenido acceso a tal visión[Sontag, 2006]

En este sentido se reconoce a la fotografía como una extensión de la visión del hombre. Pero así como el ojo humano tiene sus limitaciones en cuanto a un ángulo de visión, un rango de luz dentro del espectro visible, etc., la fotografía tiene sus propias limitantes y debemos tenerlas en cuenta para sacarle un mejor provecho como instrumento de observación.

### 2.3.1. VISUALIZACIÓN A PARTIR DE LA FOTOGRAFÍA

La ciencia se ha valido de todo tipo de instrumentos para la observación y experimentación. En este apartado analizaremos la fotografía como una extensión de la visión humana a partir de tres tipos generalizados de fotografía; aunque dentro de cada uno se hayan desarrollado técnicas especializadas para cada tipo de proyecto o necesidad. Cabe mencionar que dichas técnicas no son exclusivas de un tipo u otro, pues bien algunas de ellas pudieran utilizarse indistintamente o bien combinarse para la obtención de mejores resultados.

El primer tipo que denominaremos es la fotografía fija e incluimos aquí las técnicas de blanco y negro, color, rayos X o cualquier tipo de iluminación particular como luz ultravioleta,



El viento solar no es visible en el sentido convencional de la palabra; sin embargo, al igual que el viento atmosférico en la Tierra, se manifiesta a través de sus efectos sobre otras sustancias. Por ejemplo, el viento barre en dirección opuesta al Sol los gases ionizados de las colas de los cometas; por este motivo, las colas de los cometas siempre apuntan en esa dirección.



Fue preciso combinar tres fotografías para obtener este panorama de 200° de la superficie de Marte. El material del suelo es sumamente reflectante, y el resplandor ha quemado un poco la imagen del centro.

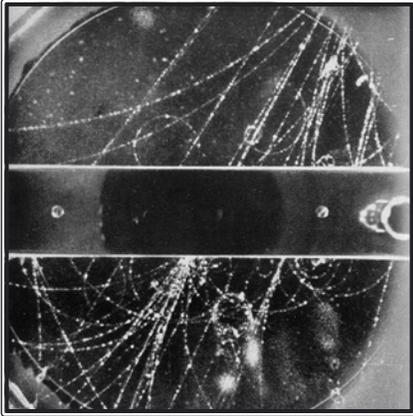
infrarrojo, entre otras. Sólo mencionaremos un par de ejemplos que nos permitan aclarar cómo contribuyen a extender la visión del hombre.

Los fenómenos, físico y químico, que constituyen los principios básicos de la fotografía fija son los primeros en dar paso a la extensión de la visión humana. El ojo humano es sensible a un rango de ondas que se denominan luz visible, dentro del espectro electromagnético. Una placa o emulsión fotográfica, es sensible a la luz visible y además se extiende a dos rangos más en cada extremo del espectro electromagnético. Por un lado se extiende a la luz ultravioleta y por el otro al infrarrojo.

Además es posible captar lo que hoy conocemos como rayos X. En 1895 el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen descubrió que unas placas emulsionadas con cianuroplatino de bario se tornaban fluorescentes aún estando lejos de las descargas de un tubo con el que experimentaba en un cuarto oscuro. Con experimentos posteriores se dio cuenta de que varios objetos con distinto grosor mostraban diferentes transparencias cuando se impresionaban en placas fotográficas [Nobel Lectures, 1967].

Con el ejemplo anterior podemos darnos cuenta de que no hizo falta el aparato (una cámara fotográfica) para que se llevara a cabo el descubrimiento; sin embargo el fenómeno físico de acción de la luz sobre una placa fotosensible extendió la observación del científico que no podría percibir el fenómeno de la radiación por observación directa.

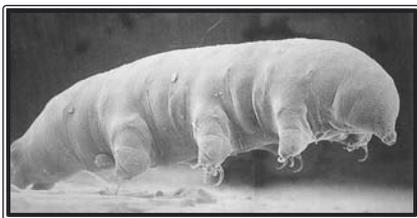
Otro ejemplo es el registro de la actividad de las partículas,



Fotografía de partículas mesones.  
Placa X. *The photographic study of rapid events*. Deryck Chesterman. Oxford Gran Bretaña, 1951.



La única pinza enorme del cangrejo violinista es producto de la selección sexual. El macho utiliza la pinza para marcar la propiedad de su territorio respecto a otros machos y para atraer a las hembras con fines reproductivos.



Las minúsculas dimensiones de los tardígrados dificultan su clasificación. Sin embargo, su estructura sugiere que descienden de animales más grandes.

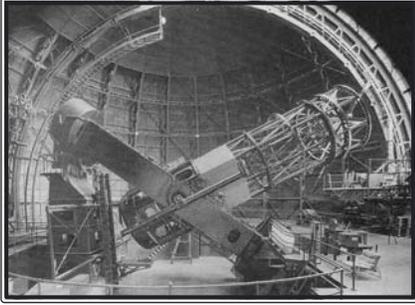
el cual ha sido observable gracias a unas placas fotográficas. En el caso de las partículas se captura en la imagen la actividad del objeto y no el objeto en sí. La actividad de las partículas, que tampoco es visible por observación directa, queda registrada en placas fotográficas y se hace visible al ojo humano.

Pasemos al segundo tipo que se refiere a la fotografía con instrumentos de observación; particularmente nos concentraremos en la fotografía con microscopio y telescopio.

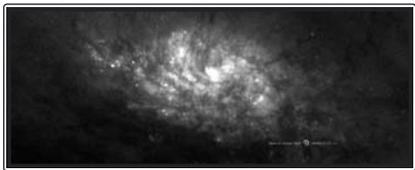
La microfotografía o fotografía microscópica se produce con la ayuda de un microscopio óptico o bien uno electrónico. Gracias a la fotografía microscópica es posible ver materia tanto viva como inerte que por su tamaño está fuera del alcance de la visión del ojo humano.

La fotografía de insectos es un claro ejemplo del alcance que ha tenido la visión del ojo humano. La macrofotografía, que se produce con ayuda de instrumentos de aumento como tubos de extensión y lentes de acercamiento, acerca nuestra visión a detalles como las alas, las patas o la constitución física de estos seres tan diminutos. La fotomicrografía por su parte, que se produce con ayuda de un microscopio, nos permite observar en diferentes niveles, las alas de un mosquito o los diminutos pelos en las alas del insecto, sus huevecillos o bien podremos comparar entre unos y otros para realizar una clasificación.

La observación del universo también se extendió con la fotografía, pues es mediante las imágenes como se posibilita la obtención de información para el análisis en el caso de la astronomía.



El telescopio de 2.5 m de Mount Wilson, California, fue encargado por el fundador del observatorio, George E. Hale, en 1917, ocho años después del desmantelamiento del telescopio del Conde Rosse. Fue el más grande del mundo durante 30 años, hasta la construcción del telescopio de 5.08 m de Monte Palomar, pero sigue siendo uno de los principales de América.



Nacimiento de una estrella.  
Jim Flood (Amateur Astronomers Inc., Sperry Observatory), Max Mutchler (STScI)  
Imagen tomada del sitio web oficial del Telescopio Hubble



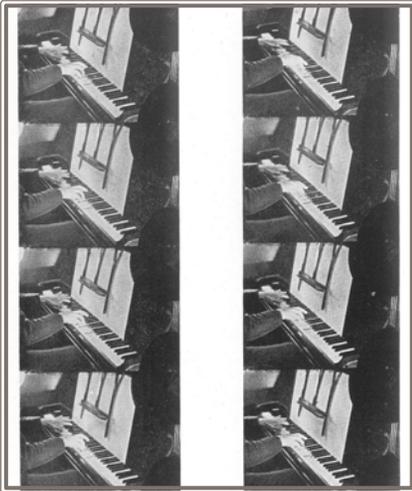
*Gran herrerillo con saco fecal.* Placa XXIII.  
The photographic study of rapid events.  
Deryck Chesterman. Oxford, Gran Bretaña, 1951.

El ejemplo más cercano con el que contamos es el telescopio Hubble, un dispositivo que se encarga de captar radiaciones provenientes del espacio y traducirlas a imágenes digitales que los investigadores en astronomía, se dedican a analizar para comprender que sucede en el espacio. Es claro que por observación directa podemos mirar las estrellas de una forma muy limitada como puntos blancos en el cielo oscuro; pero durante el día el sol no nos permite apreciar los astros. Pero esta visión por observación directa se amplía con un telescopio, ya que nos acerca a esos objetos cuyas dimensiones nos sobrepasan incluso en entendimiento.

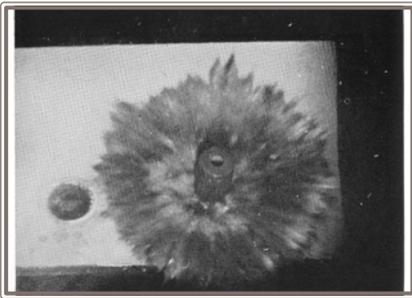
Finalmente comentaremos sobre cómo la fotografía ultrarrápida permite observar de forma estática procesos que ocurren en un lapso de tiempo muy corto como para que nuestro ojo sea capaz de registrarlos.

Como último punto de estos apartados está el problema del movimiento que ha podido ser estudiado gracias a la fotografía. Con el desarrollo de la ciencia se mejoraron las cámaras fotográficas y de cine, lo cual ha permitido que se desarrolle la fotografía ultrarrápida. La fotografía estroboscópica así como la fotografía ultrarrápida y la de baja velocidad son tres ejemplos de las diversas técnicas que permiten hacer series de objetos en movimiento.

Hay cuatro campos de investigación en los que la fotografía ultrarrápida es de gran utilidad, sin ella estos campos no podrían continuar sus avances. A continuación mencionaremos cada uno así como los usos y las posibilidades en cada uno de ellos. Primero mencionaremos los estudios de Zoología, en los cuales la fotografía



Estudio fotográfico del movimiento de las manos de un pianista. Imagen tomada del libro *The photographic study of rapid events*.



Estudio del impacto de una bala. Imagen tomada del libro *The photographic study of rapid events*.



Antes se creía que también las lechuzas podían percibir la radiación infrarroja. Pero utilizando un "señuelo" frío en una habitación hermética a la luz, se demostró que cazan guiadas por los ruidos. Sólo al moverlo, la lechuza se precipitó sobre el señuelo.

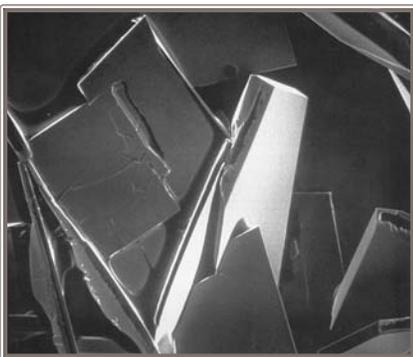
ultrarrápida es útil para estudiar el movimiento en animales, principalmente en insectos, aves así como en especies marinas.

En segundo lugar podemos mencionar a las Ciencias Biológicas y Médicas. Para estos campos de investigación se han hecho estudios de movimiento humano, como el parpadeo de los ojos o la vibración de las cuerdas vocales. Se han estudiado radiaciones supersónicas en células vivas así como el registro del latido del corazón con fotografía cinematográfica en cámara lenta. El trabajo con flash ha sido la técnica utilizada para los estudios antropológicos del movimiento, estudios dentales o sobre el estornudo. También se han realizado estudios sobre el mecanismo del habla y del canto así como el movimiento que siguen las manos al tocar el piano.

Dentro de la investigación en física e ingeniería se han realizado estudios sobre propiedades de la materia como las balas atravesando el viento. Estudios sobre fractura de materiales como metales, vidrio y cerámica. Se han hecho investigaciones sobre el fenómeno de descargas eléctricas que no requieren ser iluminados y que pueden servir de igual manera a propósitos educativos o de investigación. Se han hecho fotografías para estudiar el comportamiento de una flama y la combustión. El desempeño de pulverizadores y reactores, estudios sobre corrientes aerodinámicas son analizados mediante secuencias de fotografías. También se hacen estudios de movimiento de las máquinas así como de sus herramientas. Se ha registrado los detalles del proceso del fenómeno de cavitación.



Bala de rifle impactando una placa de vidrio.  
Imagen tomada del libro *The photographic study of rapid events*.



Utilizando un microscopio electrónico de barrido, la superficie de una pieza de aluminio puro muestra irregularidades superficiales y deja entrever un orden subyacente.

Por último están las aplicaciones militares entre las que podemos destacar estudios de proyectiles en aire, armas debajo del agua, así como explosiones en aire y en agua. [Chesterman, 1951:120-154]

### **2.4. ADVERTENCIAS SOBRE LA IMAGEN FOTOGRÁFICA COMO FUENTE DE VERACIDAD.**

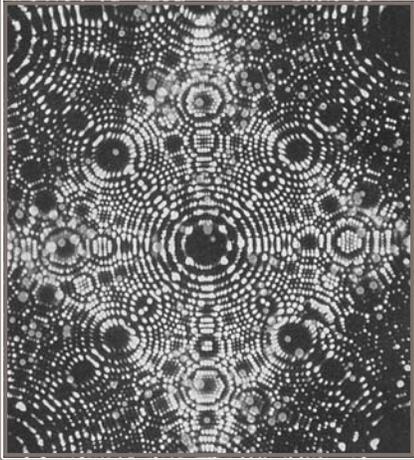
Como ya hemos observado, la veracidad es un valor asignado a la imagen fotográfica, pero quisiéramos advertir sobre los riesgos que conlleva; pues hay aspectos inherentes al sistema de la fotografía que fácilmente podrían cruzar la línea tan delgada que se traza entre lo cierto y lo falso dentro de la imagen fotográfica.

Hay dos aspectos que saltan a la vista y que podríamos resaltar al momento de pensar en la veracidad de la imagen. En primer lugar está a la polisemia contenida en toda fotografía; en tanto imagen producto de la cultura, la fotografía será leída por un sujeto y por tanto interpretada de acuerdo al contexto de dicho sujeto.

En segundo lugar, está la manipulación que se da antes, durante y después de una fotografía; ya que el sistema de la fotografía está determinado culturalmente, desde el momento del encuadre, la iluminación, el objeto fotografiado hasta la intención del fotógrafo podemos hablar de manipulación en diferentes niveles.

#### **2.4.1. LA POLISEMIA DE LA IMAGEN FOTOGRÁFICA.**

Hemos dicho en otros párrafos que algunas veces, la fotografía muestra objetos que están ahí y que podemos ver directamente;



Utilizando un microscopio electrónico de campo para examinar un cristal de iridio es posible localizar los átomos: son los puntos negros. Los puntos claros son probablemente átomos de gas absorbidos por el metal.



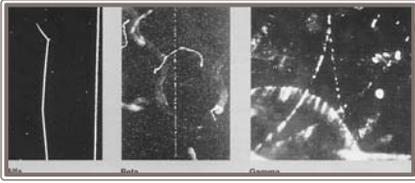
Fotografías de superficies metálicas obtenidas con un microscopio electrónico. A la izquierda, una pieza de ferrita (hierro) que se rompió por haber sido estirada excesivamente. Las partículas redondas son en realidad de sulfuro de manganeso y cada una de ellas tiene alrededor de una millonésima de metro de diámetro. A la derecha, una pieza de acero aumentada mil veces.

pero en otras ocasiones, también registra objetos que no están al alcance de nuestra visión humana. Al reconocer que el científico obtiene de la imagen fotográfica información, ya sea de objetos visibles o no visibles por el ojo humano, debemos reconocer de la misma manera que hay un lector para esa información. Por lo tanto se podría hablar de un código que nos comunica algo.

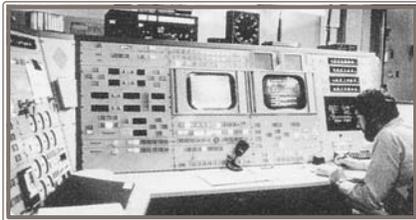
Una vez asumiendo la imagen fotográfica como contenedora de información, no podemos ignorar la exigencia que implica la interpretación de la imagen. Anteriormente se mencionó el concepto de *foto-interpretación* en los estudios sobre la tierra y se señalaban los aspectos que se podían considerar para comprender el contenido de dichas imágenes. Queda claro que debe haber un lector con conocimientos previos detrás de la interpretación, puesto que de no haberlo se corre el riesgo de tergiversar la información y se haría presente lo que entendemos como polisemia de la imagen; lo anterior tiene que ver asignar significados distintos a una misma información que pueden ser tan diversos y llegar a contradecirse.

En lingüística, la polisemia es una característica que tiene que ver con los múltiples significados de los signos. Por su parte, desde el punto de vista de la semiótica, se ha dicho que la imagen se compone de signos visuales, por lo que podemos asegurar que no está libre de ser polisémica.

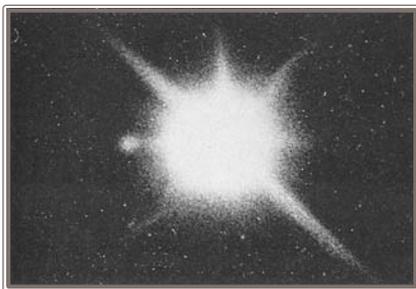
Esto puede significar un riesgo para la veracidad en el sentido de que si hay una mala interpretación de los datos, se puede generar un conocimiento equivocado. La correcta interpretación dependerá del experto y de quien produce la imagen. Para evitar



Las partículas alfa son fuertemente ionizantes: sus trazas en una cámara de niebla (un tipo de detector de partículas) son gruesas y cortas. Los rayos beta, que consisten en electrones de alta energía, son poco ionizantes y dejan trazas finas. Los rayos gamma no son ionizantes y no dejan trazas, pero originan pares de electrones y positrones que son ionizantes.



Los astrónomos actuales pueden recurrir a los ordenadores para almacenar los datos proporcionados por los telescopios, como en esta consola de control del telescopio de Siding Spring. Aplicando técnicas de intensificación de la imagen, pueden aislar variaciones minúsculas en la longitud de onda o la intensidad de la radiación y presentarlas en brillantes colores.



En esta fotografía de Sirio y su enana blanca, la estrella más brillante está muy sobreexpuesta; los destellos son un efecto fotográfico. Su tenue compañera se distingue apenas, pero el coeficiente de sus masas es solo de 2.5 a 1.

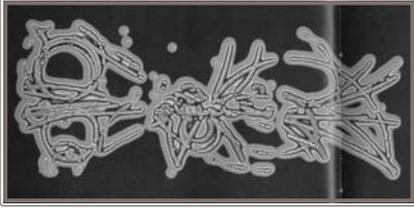
la polisemia, se acompañan las fotografías de notas, pies de foto y textos que explican, complementan o interpretan la información que nos presenta la imagen.

Un ejemplo sería cuando observamos una fotografía microscópica de las alas de un mosquito y vemos el parecido con un árbol, cualquiera que no tenga la información suficiente sobre la imagen que ve, puede irse con la idea equivocada de que lo que vio es otra cosa distinta a lo que se muestra en la imagen.

### 2.4.2. MANIPULACIÓN

El creador de la imagen selecciona los elementos que precisa destacar en ella; en el caso de una fotografía se elige el objeto, las condiciones lumínicas y también se decide aislar el objeto de su entorno entre otras cuestiones para resaltar lo que le interesa. Como se mencionó anteriormente, hay una manipulación al hacer la imagen, lo cual nos puede hacer pensar que se trata de una construcción y que puede ser totalmente ficcional. Recordando la tan citada frase de Pablo Picasso sobre “el arte es una mentira que nos ayuda a ver la verdad” podemos pensar que aunque hay un cierto grado de manipulación en las fotografías científicas, la veracidad que les atribuimos es gracias al contexto en el que nos son presentadas así como del hecho de que la fotografía es una imagen lógica, construida a partir de referencias objetuales o conceptuales.

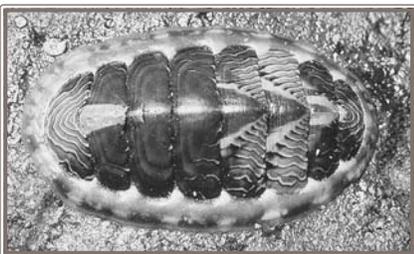
Por ejemplo, en la historia de la fotografía, hay una imagen en la que la manipulación resalta por la intención del fotógrafo. Hypolite Bayard quien hace un autorretrato en el que se expone



Esta imagen coloreada fotográficamente muestra la desintegración de una partícula Z, la partícula neutra que transporta la fuerza nuclear débil y compañera de la partícula W. De nuevo, un protón y un antiprotón han colisionado en el centro de la imagen, produciendo una maraña de trazas. Dos de las trazas (totalmente blancas) son especialmente rectas: pertenecen a un electrón y a un positrón de alta energía de la desintegración de Z.



Una barra imantada introducida en estaño superconductor crea una imagen magnética en el plato y es por lo tanto repelida por la fuerza entre los polos iguales, de manera que permanece levantada por encima del plato. El campo del imán induce en el estaño corrientes persistentes que forman la imagen magnética.



Los quitones poseen un escudo dorsal articulado. Antes se creía que el escudo era un rasgo primitivo, un resto de su antigua estructura segmentada, pero actualmente esta hipótesis es muy discutida.

como si estuviera ahogado, crea controversia pues quienes son lectores de esa imagen no están conscientes de la manipulación al producir esa fotografía y lo toman como una verdad. La mayoría de las personas que no están familiarizadas con todo lo que implica la producción de una fotografía, tienden a sorprenderse por lo que ven en la imagen sin cuestionar la veracidad de lo que se les presenta.

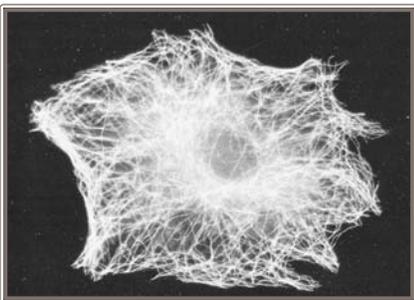
Un ejemplo claro de la credibilidad que se le da a la imagen fotográfica en un contexto científico, es una exposición presentada por Joan Fontcuberta en la que se crearon modelos de animales fantásticos; en seguida se tomaron las fotografías de los animales y se acompañaron de fichas técnicas y documentos falsos con la intención de pasar por científicos. Esta exposición fue creada con el propósito de evidenciar la credibilidad que la sociedad otorga al documento fotográfico proveniente de un contexto científico; y que pocas veces es discutida o cuestionada. El resultado fue que la mayoría de las personas, si no es que todas, salían de la exposición creyendo en la existencia de los animales simplemente por la presencia de las fotografías y los documentos que las acompañaban [Fontcuberta, 1998].

### 2.5. LA FOTOGRAFÍA PARA LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA.

Ahora que ya hemos revisado a la ciencia por un lado, a la fotografía por el otro y los momentos en los que se unen, es momento de analizar a la fotografía como un recurso de la comunicación de la ciencia.



El transporte de productos químicos varios es peligroso, como demuestra esta fotografía del descarrilamiento de un tren en Mississauga, 1979. Unas 70 toneladas de gas cloro licuado fueron enviadas a la atmósfera por el propano en combustión de otros vagones.



El citosqueleto de una célula eucariota. La fotografía se ha realizado mediante la preparación de anticuerpos fluorescentes.

La fotografía como medio ha funcionado en la publicidad y en el periodismo entre otras áreas; en la ciencia podría funcionar de igual forma si consideráramos la naturaleza tanto de la ciencia como de la fotografía. Es posible que la información científica sea más cuestionada en cuanto a utilidad y veracidad que un anuncio de un chocolate que “me haga más inteligente”. Por eso debemos aprender de que manera puede una fotografía ser la mejor herramienta en la comunicación de la ciencia.

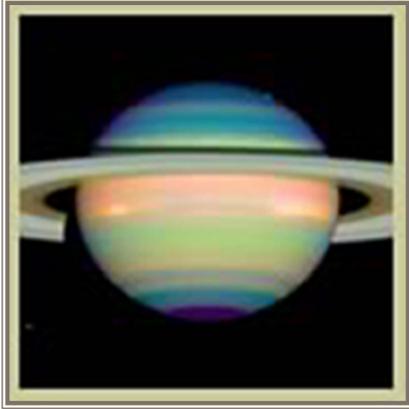
### 2.5.1. FOTOGRAFÍA COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN / INFORMACIÓN.

El proceso para obtener una imagen fotográfica nos da como resultado una imagen con un alto grado de iconicidad del objeto fotografiado si consideramos que lo registrado es la acción de la luz sobre el objeto, pues tomando como referencia la fotografía analógica en blanco y negro el principio es la obtención de una imagen donde el blanco es la luz y el negro es la no-luz.

Pero el grado de iconicidad disminuye si consideramos que además de la presencia y ausencia de luz nuestra visión es cromática y al ser estimulada por las diferentes longitudes de onda es como el ojo percibe los colores.

...la imagen fotográfica deforma el color, la luminosidad y gama tonal de los “originales”, ya que se trata de una emulsión sensible a la luz que ha sido diseñada para dar una determinada respuesta tonal y cromática que no puede compararse con la capacidad del ojo humano [marzal, 2008: 45].

Un claro ejemplo sería la fotografía astronómica, los colores



IZQUIERDA: Color Natural; los colores en esta imagen de una galaxia fueron asignados para simular los colores que verían nuestros ojos si tuvieramos la oportunidad de verla desde una nave espacial.

CENTRO: Color representativo; ayuda a los científicos a visualizar lo que de otro modo sería invisible como la apariencia de un objeto de emisión en el infrarrojo.

DERECHA: Color realzado; resaltar los colores visibles en una imagen revela con frecuencia detalles estructurales sutiles en los objetos.

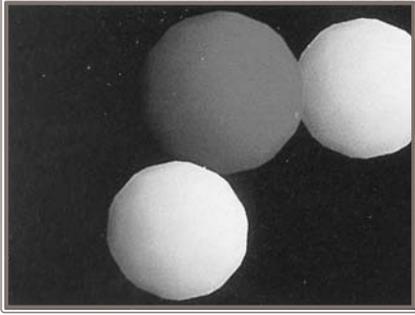
en la imagen fotográfica debieran estar dados por las longitudes de onda de la radiación visible, pues es la luz blanca la que forma los colores; sin embargo esto no sucede así. Hay una traducción de las imágenes obtenidas del espacio, pues lo que se registra en ellas no es la radiación que corresponde a la luz blanca sino a radiaciones que están fuera de este rango como rayos X, radiación infrarroja o ultravioleta. Los colores en estas imágenes se obtienen mediante un sistema de filtraje aplicado a las cámaras en los telescopios o mediante configuraciones hechas por los astrónomos a los sistemas de captura de la imagen.

Con esto queremos decir que el creador de la imagen hace una selección de los elementos que son necesarios o que son posibles de incluir y aunque la imagen sea una reproducción mecánica o electrónica como la fotografía, hay una cultura que por convención determina su contenido.

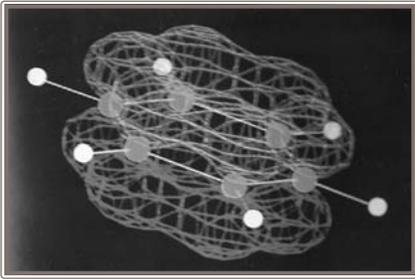
### 2.5.2. REPRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA.

De acuerdo con Fernando Zamora, uno de las modalidades de la imagen es aquella que se construye como una representación lógica del mundo, esto tiene que ver con lo que comenta Wittgenstein sobre la relación entre pensamiento y realidad que tiene como nexos el lenguaje. Es decir, que el lenguaje delimita la realidad para que ésta pueda ser admitida por el pensamiento.

Zamora nos dice que Wittgenstein separa dos formas de representación, una comprende a las imágenes visuales, en las que la representación se hace presente cuando hay una semejanza con la realidad, es decir qué tan alto es el grado de iconicidad de



Una de las formas más claras de representar visualmente moléculas como el agua ( $H_2O$ ) es imaginar los átomos como esferas que se interpenetran llenando todo el espacio.



Esta representación de la molécula de benceno muestra los orbitales  $p$  por encima y por debajo del anillo, en los que los electrones no están unidos a ningún átomo de carbono.



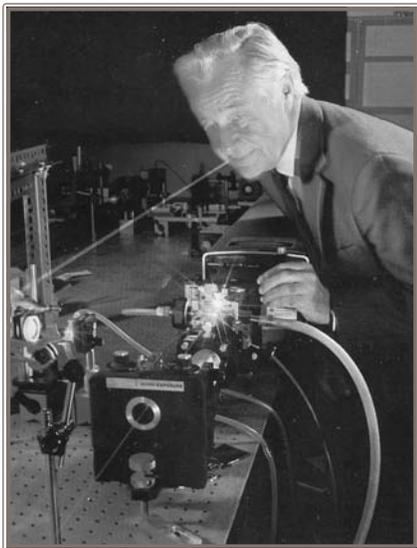
Una rana salta verticalmente desde la laguna. Estos anfibios están especializados en el salto. Además de poseer patas largas y musculosas, tienen el cuerpo más corto y compacto que otros anfibios, como los tritones, y además han perdido la cola.

lo que vemos representado con el objeto real. La otra forma de representación corresponde a la *imagen lógica* en la que *la relación entre imagen y realidad es estructural y no de semejanza*. Este tipo de imagen a la que Zamora llama *conceptual*, Wittgenstein la considera un modelo de la realidad, ya que la relación con la realidad es de estructura no de semejanza [Zamora, 2008:308-309].

Un ejemplo de representación en imagen visual sería una ilustración científica de una rana en la que se aprecie la forma, el color, la textura, las extremidades, el rostro y su entorno. En esta imagen la relación entre la rana de la imagen y la rana en el mundo objetivo es de semejanza. Por otro lado, una representación en una imagen lógica sería un acercamiento del microscopio a la piel de la rana. La relación entre esta segunda imagen y la realidad es estructural ya que hay por lo menos un elemento de ella que coincide con la estructura de la rana del mundo objetivo, puede ser el color o puede ser la textura magnificada de la piel.

Con este último ejemplo relacionamos lo que comenta Georges Roque acerca de la representación:

...se suele definir la representación por la exactitud y fidelidad. Sin embargo, estos últimos rasgos son solamente algunos entre las características de la representación: otros criterios- el de la selectividad, por ejemplo- también deben tomarse en cuenta, como lo hizo notar el historiador de la ciencia Bas van Fraassen –muy interesado, dicho sea de paso, por el papel de las imágenes en la ciencia-, en una comparación entre la representación en ciencia y en arte [Roque, 2002: 175].



George Porter empleando un equipo láser para estudiar reacciones muy rápidas. La introducción del láser ha permitido emplear pulsaciones tan breves como 0.01 picosegundos, con las que es posible explorar los procesos químicos más breves. Ahora es posible obtener información sobre radicales libres, sustancias de transición y moléculas electrónica y vibracionalmente excitadas.



Alexander Fleming (1881-1955) hizo su crucial observación en el ST Mary's Hospital de Londres en 1928: en una cápsula de Petri las colonias de estafilococos no había crecido alrededor de un moho azul que había contaminado su cultivo (fotografía del círculo). El moho era *Penicilium notatum* y Fleming se dio cuenta de que segregaba un compuesto químico mortal para las bacterias. Llamó a este compuesto "penicilina".

Dentro de la representación también hay una selección de lo que se piensa incluir en la imagen, cuando hay más elementos considerados obtenemos una imagen semejante a la realidad; en cambio cuando la selección es mínima, hay un alto nivel de abstracción y sin embargo sigue siendo una representación.

### 2.5.3. USOS DE LA FOTOGRAFÍA EN LOS DIFERENTES OBJETIVOS DE COMUNICACIÓN.

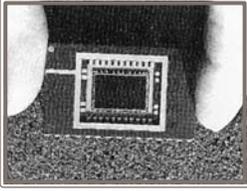
La fotografía científica no está orientada a un uso en específico. Como ya vimos en el capítulo anterior, la divulgación cuenta con diferentes niveles de acuerdo con el tipo de público al que va dirigida la información. Una imagen construida, como una fotografía científica, debería pensarse de acuerdo al tipo de publicación, así como al tipo de público al que irá dirigida.

Si un sujeto muestra una fotografía de un experimento en un laboratorio, los elementos que son colocados en la imagen con una intención específica, pueden hacer que ésta tome un significado u otro. Puede ser entendida por maestros y alumnos e incluso científicos que estén familiarizados con dicho experimento; sin embargo un público general no comprenderá la situación si la imagen no es lo suficientemente clara. Con esto queremos decir que hay grados de abstracción y manipulación con los que se debe tener cuidado al momento de crear una fotografía.

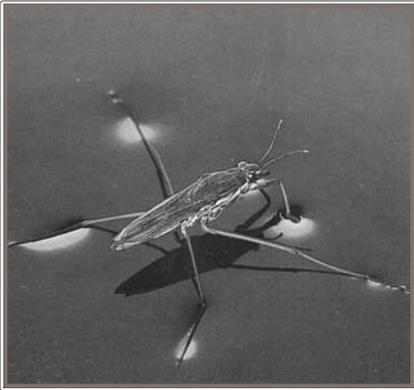
Un aspecto fundamental es justo el uso que se le dará a la fotografía. Probablemente el investigador necesite una serie del mismo experimento para observar diferencias entre una fotografía y otra; pero un diario que publicará solo los resultados



## La Fotografía Científica



Este chip de silicio se divide en una malla de 385 por 576 cuadrados diminutos (un total de (221,760); cada cuadradito, o “pixel”, registra la luz que recibe y transmite los datos a un ordenador, para su análisis. Éste es el “ojo” de un “charge-coupled device” (CCD).



Algunos insectos, por ejemplo del género *Hydrometra*, son capaces de caminar sobre el agua, gracias a la elevada tensión superficial de este elemento debida a los enlaces de hidrógeno existentes entre las moléculas de agua, que crean una película sobre la superficie del líquido.



Fotografía especial que muestra una onda sonora creada por una chispa.

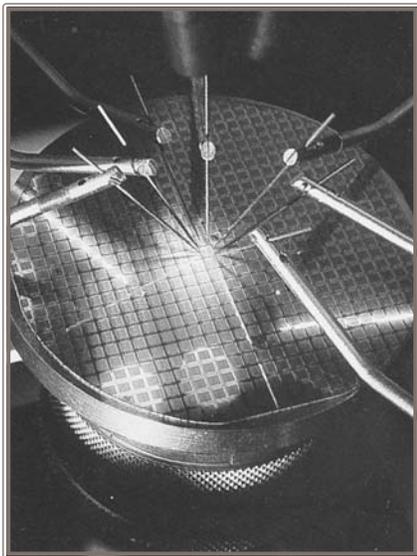
del experimento podría recurrir a una imagen de la serie completa para ilustrar su publicación.

Las fotografías de los museos tendrían que ser más vistosas o atractivas en cuanto a color y formas; pero cuando lo que interesa es denotar la posición, el material, la textura u otras cualidades del objeto, modelo o experimento, el color y la forma pasan a un segundo nivel de importancia.

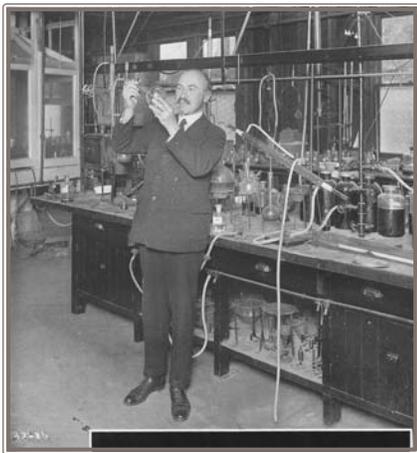
Una fotografía científica contiene información, por ello es un deber de quien las produce aclarar que el contenido de la imagen es presentado en circunstancias definidas; asimismo declarar si la fotografía ha sido manipulada con alguna intención específica. Por ejemplo, los colores en una fotografía astronómica nos ayudan a diferenciar una galaxia de otra o las diferentes edades de las estrellas. Por otra parte, quien observa la imagen debe tener conciencia de la intencionalidad con la que fue hecha para interpretar el contenido adecuadamente.

La imagen solo muestra fragmentos de la realidad; por esta razón, nuestro deber como productores de imágenes fotográficas es lograr que la información contenida en la fotografía científica sea lo más objetiva posible, ya que las imágenes en sí mismas no lo son. La objetividad en la fotografía, como ya lo hemos dicho, no se dará al establecer una relación de semejanza con la realidad, sino al destacar aquellos elementos del objeto fotografiado existentes en el mundo objetivo que sean de interés para el científico.

Mientras nosotros {los historiadores del arte} consideramos la ciencia como más “objetiva”, los científicos



La fabricación de chips exige un gran control sobre los componentes químicos. Las capas de materiales conductores y aislantes que se superponen sobre la superficie de un chip de silicio pueden tener sólo unos pocos átomos de grosor pero han de ajustarse a especificaciones muy estrictas. Se comprueba cada chip para asegurarse de que funciona correctamente.



El químico belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) emigró a Estados Unidos en 1899 e inventó un papel fotográfico que podía ser revelado bajo luz artificial. Empezó a explorar las resinas de formaldehído, que dieron origen a la baquelita, mientras buscaba un sustituto para la gomalaca. Su descubrimiento sentó las bases de la moderna industria de los plásticos.

consideran a menudo las imágenes y las fotografías en particular como prueba de objetividad. [...] de la misma manera en que muchos científicos ya no consideran la ciencia como “objetiva”, tampoco nosotros consideramos “objetivas” las imágenes que nos dedicamos a estudiar [Roque, 2002: 172].

Una vez comprendido el sistema de la fotografía y sus convencionalismos, podemos valernos de la imagen fotográfica como un recurso para lograr una representación intencionada y verosímil de objetos, experimentos, conceptos e ideas que sirvan de modelo a la ciencia; además, estas fotografías permitirán un acercamiento entre la ciencia y la sociedad, enriqueciendo la cultura en la que estamos inscritos.

---

Producción de dos series fotográficas para la divulgación de los Proyectos de Investigación en el Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el Laboratorio de Óptica en Alphamicon, Universidad Estatal de Kent, Ohio.

---

De acuerdo con los conceptos revisados en el capítulo 1 sobre divulgación científica, se planteó la realización de dos series fotográficas; una para el Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica (LEMO) en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (UAMI) y otra para el Laboratorio de Óptica de Alphamicon, en la Universidad Estatal de Kent, Ohio.

El objetivo principal de ambas series es como medio visual de divulgación; la finalidad es comunicar sobre los proyectos de investigación que se llevan a cabo en ambos laboratorios. Las imágenes se pueden utilizar en diferentes presentaciones para las conferencias que el investigador imparta a públicos con un nivel de conocimiento especializado. Lo anterior se debe a que tanto los materiales como los experimentos de los laboratorios con los que se ha trabajado, no son de uso común por un público general; sin embargo, las fotografías también pueden ser útiles para atraer jóvenes investigadores interesados en este tipo de materiales y experimentos.

De acuerdo con la perspectiva filosófica Sachs-Hombach, también revisada en el capítulo 1, las fotografías de estas dos series se insertan en el contexto científico como un argumento visual, ya que provienen de una intencionalidad tanto didáctica



como comunicativa.

En relación a los conceptos revisados en el capítulo 2, podemos mencionar que los materiales y experimentos de ambos laboratorios, fueron registrados mediante fotografía fija y son de gran utilidad para los investigadores como fuente de información. Cabe destacar que la manipulación de las fotografías, estuvo orientada durante todo el proceso, hacia la comunicación. En el caso de los materiales del laboratorio LEMO en la Universidad Autónoma Metropolitana, se pretendía el reconocimiento de dichos materiales en dos momentos de su estado físico. Por otra parte, el experimento del laboratorio en Alphamicron, fue montado para las fotografías y en futuras ocasiones no siempre será necesario recurrir al experimento para su recreación; ya que está representado en las fotografías.

A continuación describimos el proceso metodológico que se llevó a cabo para la realización de las fotografías; nos hemos apoyado en procesos de producción para fotografía en estudio así como en diferentes aspectos de las técnicas fotográficas planteadas en los libros: *La Fotografía Científica*, *Photographic Techniques in Scientific Research* y *The photographic study of rapid events*.

### **3.1. PREPRODUCCIÓN.**

En toda producción de fotografías hay tres etapas de las que no podemos prescindir ya que los resultados obtenidos dependerán de su buena realización. La primera etapa es la preproducción, en esta etapa preparamos todos los requerimientos necesarios para la producción de acuerdo con las necesidades que debemos cubrir.



En nuestro caso nos corresponde hacer un acercamiento a ambos laboratorios así como a sus proyectos de investigación lo cual nos permitirá conocer los materiales y experimentos que vamos a fotografiar.

### **3.1.1. ACERCAMIENTO AL OBJETO DE ESTUDIO.**

Nuestro primer acercamiento es con la Dra. Rebeca Sosa, encargada del Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica en la UAMI. La Dra. Sosa hace investigaciones principalmente en materiales sólidos con propiedades ópticas. La mayoría de sus investigaciones son presentadas en seminarios o congresos dirigidos a colegas especializados en diferentes áreas de conocimiento; así mismo presenta su trabajo en conferencias de divulgación para alumnos de los distintos niveles educativos desde educación básica hasta educación media superior. Como investigadora, está obligada a publicar sus artículos periódicamente, por lo que para todas sus actividades el uso de las fotografías son de gran utilidad. Es por eso que se le propuso la realización de unas fotografías que enriquezcan los diferentes tipos de comunicación sobre su trabajo.

Nuestro segundo acercamiento es con el Dr. Antonio Muñoz Flores, jefe del Laboratorio de Óptica en la empresa Alphamicron dentro de la Universidad Estatal de Kent, Ohio. La empresa Alphamicron surgió como un proyecto universitario en la que se haría investigación y desarrollo de tecnologías especializado para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos Americanos. El objetivo principal era crear una tecnología para los visores utilizados por los pilotos de las fuerzas aéreas, que pudiera ser controlada



por ellos mismos durante las misiones bajo distintas condiciones lumínicas. Actualmente cuentan con la única tecnología en el mundo llamada e-tint aplicada en los visores mediante cristales líquidos [<http://www.alphamicron.com/company/introduction.html>].

El Dr. Muñoz, a cargo de las investigaciones sobre propiedades ópticas en cristales líquidos, entre otros proyectos, también encuentra útil el uso de fotografías que muestren lo que caracteriza su investigación, la cual encuentra muchas aplicaciones en telecomunicaciones y construcción de láseres. En su caso, las fotografías solicitadas serían sobre los experimentos montados en el Laboratorio.

El trabajo a realizar para cada uno de los laboratorios se llevó a cabo bajo condiciones diferentes. En el caso de LEMO, se nos proporcionó el acceso al Laboratorio; se nos indicó cuales eran los materiales a fotografiar y el acceso a un equipo especial de medición para la iluminación de los cristales con luz uv. En el caso de Alphamicron debimos trabajar junto con el investigador, ya que los experimentos tenían que ser montados por él mismo, bajo condiciones demasiado complejas como para que cualquier persona sin la experiencia necesaria pueda hacerlo.

Antes de hacer las fotografías y ya que establecimos las necesidades de cada uno de los laboratorios, hicimos una primer aproximación reducida a los materiales y experimentos.

En el caso de LEMO, la necesidad primordial era obtener una serie de imágenes que mostrara diferentes cristales en un



estado natural y una serie que mostrara estos mismos materiales en un estado conocido como foto-activado; es decir, iluminados con luz ultravioleta de un espectrofotómetro para que emitieran una luz propia. Esta luz emitida por el material es la que se puede observar debido a que la luz ultravioleta es imperceptible por el ojo humano. A éste tipo de fotografía que realizamos se le conoce como fotografía de fluorescencia y consiste en fotografiar el aspecto visual de imágenes u objetos fluorescentes bajo la acción de los rayos ultravioleta [Dérivé, Porchez y Tendron, s.f:32]. A continuación daremos una breve descripción del espectrofotómetro o fluorómetro, equipo que utilizamos para accionar los cristales con rayos ultravioleta.

Un **fluorómetro o espectrofotómetro** es un aparato de medición de luz fluorescente, se compone básicamente de dos lámparas: 1 de argón y otra de xenón. La de xenón mide rangos del espectro electromagnético que abarcan la luz ultravioleta 200-300 nanómetros. Y la de argón es de 350-900 nanómetro que mide rangos del espectro electromagnético que van desde el visible al infrarrojo. Tiene también un tubo fotomultiplicador que mide los fotones (intensidad de luz). Este tubo del fluorómetro o espectrofotómetro recibe los fotones y los convierte en electrones, esa información se envía a una graficadora en forma de corriente eléctrica.



Espectrofotómetro Perkin Elmer. Laboratorio LEMO en la Universidad Autónoma Metropolitana. 2010

El **Fluorómetro Perkin Elmer** consiste en una unidad óptica a ser controlada desde una computadora, con capacidad de medir fluorescencia, fosforescencia, quimioluminiscencia y



fotoluminiscencia.

Los objetos que fotografiamos son un grupo de cristales con propiedades ópticas como ya mencionamos y lo que nos interesaba lograr era una buena fotografía en la que se puedan ver en su estado natural, sin la acción de luz UV, apreciando su translucidez así como en un estado foto-activado apreciando su coloración lumínica.

Para el caso de Alphamicron se fotografiaron algunos experimentos llevados a cabo en el laboratorio. Las muestras en general fueron de cristales líquidos de diferente composición. Lo que nos interesaba ver en dos de los experimentos era la luz proyectada por el cristal al momento de ser irradiado con un haz de luz láser. Un tercer experimento consistió en una muestra que absorbe y disuelve el haz de luz láser dependiendo de cómo incida el haz sobre la muestra; lo que se debe ver es una imagen donde el haz traza una línea en la muestra y una imagen donde se disuelve esa línea haciéndose difusa, además de una imagen donde se convierte en un punto.

Antes de realizar las fotografías describimos los objetos y experimentos a fotografiar de acuerdo a sus propiedades físicas.

**Cristales.** De acuerdo con el Gran Diccionario de las Ciencias Larousse, un cristal es un cuerpo sólido en el cual los átomos se hallan reunidos con arreglo a una configuración regular propia de cada sustancia, cuyo motivo geométrico se repite en toda la masa del cristal. Esto es, la estructura molecular de un cristal es ordenada a diferencia de un vidrio, cuya estructura molecular es



Cristal  $\text{Eu}^{L+}$  prueba de composición e iluminación.  
Negativo de color.  
2010



Bocetos de la forma de los cristales en LEMO. 2010

totalmente amorfa incluso si a nuestros ojos dicho vidrio tiene una apariencia de una forma geométrica perfectamente definida.

Dentro de los materiales que fotografiamos se encuentran cuatro vidrios y nueve cristales. Físicamente todos presentaban formas irregulares con algunas caras planas y otras rugosas. El tamaño de cada uno estaba entre los 5 mm y los 3 cm de longitud. Los cuatro vidrios en un estado natural a la luz blanca tenían un color amarillento en distintas concentraciones o tonalidades, uno de los cristales era verde y otro de los cristales era amarillo ocre oscuro; todos ellos traslúcidos.



Muestra de cristal líquido colestérico dentro de un portaobjetos.

**Cristales líquidos.** Es conocido que los estados de agregación de la materia son tres: sólido, líquido y gas. El paso de un estado físico a otro está definido por un valor de la temperatura (a una presión determinada). La mayoría de los sólidos dan lugar a líquidos directamente al fundirse. Sin embargo, no todas las sustancias se comportan de esta forma, existen casos en los que las transiciones de fase sólido-líquido no son directas sino que se verifican atravesando un estado intermedio entre ellas denominado cristal líquido. Los cristales líquidos, por tanto, son fases intermedias entre los líquidos y los sólidos, poseen propiedades físicas de ambas fases, y de ahí el origen de su nombre.

Estos materiales están en los dispositivos electrónicos, pero también ocupan un lugar destacado en la naturaleza pues la simple película de una pompa de jabón, una membrana biológica o una membrana celular son una clase de cristal líquido. Incluso el DNA y muchos polipéptidos son también fases cristal líquido.



Además estas sustancias tan peculiares son también esenciales para fabricar nuevos materiales, entre ellos fibras de muy alta resistencia pero a su vez muy ligeras (Kevlar), que se utilizan en la fabricación de chalecos antibalas, cascos, etc. También se utilizan para construir ventanas inteligentes (se pueden cambiar de opacas a transparentes con solo presionar un interruptor), tienen aplicaciones como termómetros, termoindicadores, y también se pueden encontrar aplicaciones en otras áreas de la ciencia como en medicina (termografías cutáneas) o en cosmética.

Los cristales líquidos son materia orgánica líquida que se comporta ópticamente como si fuera cristalina. De estos materiales podemos destacar los cristales de tipo colestérico, los cuales son muy sensibles a las variaciones de temperatura. Si se untan los microcircuitos con este tipo de cristales, todo calentamiento local provoca un cambio de color en el cristal revelando algún mal contacto. Son utilizados por los médicos para detectar tempranamente el cáncer de mama. Otra propiedad de los cristales líquidos es la de hacer visibles las imágenes obtenidas con rayos infrarrojos que, normalmente, no excitan la retina. [Diccionario de Ciencias. Larousse]

Al ser físicamente líquidos, estos materiales suelen estar contenidos en portaobjetos para poder estudiar sus propiedades ópticas, o bien, en contenedores con forma de prisma rectangular para una mejor manipulación. El aspecto de uno de los cristales líquidos era traslúcido con una ligera coloración amarillenta. El cristal líquido colestérico del experimento se ve anaranjado a la



Prueba de iluminación.  
2 Flashes laterales 2:1  
Luz directa.



Prueba de iluminación.  
2 flashes a 45° 2:1  
Luz difusa.



Prueba de iluminación.  
2 Flashes laterales 2:1  
Luz difusa.



Prueba de iluminación.  
2 flashes a 45° 2:1  
Luz difusa.

luz blanca.

### 3.1.2. ELECCIÓN DE UNA TÉCNICA.

Como vimos en el capítulo anterior, cuando se realizan fotografías en el campo científico, se cuenta con diversas técnicas fotográficas para la obtención de imágenes. Para la producción que llevamos a cabo durante esta investigación, la fotografía análoga y digital han sido dos técnicas que hemos utilizado en un proceso experimental para comparar resultados de acuerdo a lo que deseamos visualizar en las imágenes finales.

Dentro de ambas técnicas nos apoyamos en la fotografía de estudio para los materiales de LEMO en su estado inactivo; así como la fotografía de fluorescencia para los mismos materiales en estado fotoactivado y para los experimentos en Alphamicron.

Si bien es cierto que hay un equipo ideal con el cual se debería trabajar, la realidad es muy distinta; ya que los laboratorios por su parte no siempre cuentan con equipo fotográfico especializado para fotografía, se tiene que trabajar entonces, con el equipo que el fotógrafo disponga al momento de la producción.

Es importante considerar con que equipo contamos para realizar el trabajo, pues en ocasiones no es el adecuado para nuestros propósitos. Hoy en día es común pensar que con una cámara digital automática resolveremos cualquier situación en fotografía; nuestra experiencia nos ha permitido comprender que cada requerimiento en la imagen influye en la elección del equipo con el que debemos trabajar.

El equipo que utilizamos para la primera etapa de nuestra



Prueba de iluminación 4s. f16 373nm.  
Lámpara UV mayor intensidad.



Prueba de iluminación 4s. f16 373nm.  
Lámpara UV menor intensidad.



Prueba de iluminación 2s. f16 373nm.  
Lámpara UV mayor intensidad.



Prueba de iluminación 2s. f16 373nm.  
Lámpara UV menor intensidad.

producción fotográfica en LEMO incluye:

- Cámara reflex análoga,
- objetivo 50 mm,
- lentes de acercamiento No. 1, 2 y 4,
- tripié,
- 2 fuentes de iluminación de destello,
- difusores: 2 sombrillas blancas y papel albanene,
- fondo blanco estireno y foamboard;
- fondo negro cartulina,
- espectrofotómetro Perkin Elmer.

El equipo utilizado para la segunda etapa en LEMO así como para los experimentos en Alphamicron es el siguiente

- Cámara réflex digital,
- objetivos: 105 mm macro, 24-200 mm zoom,
- tripié,
- 2 fuentes de iluminación de destello,
- difusores: 2 sombrillas blancas y papel albanene,
- fondo blanco foamboard;
- fondo negro cartulina,
- fondo tarjeta gris,
- espectrofotómetro Perkin Elmer,
- laser verde.

### **REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN.**

Debido a que en el Laboratorio LEMO es posible instalar un pequeño set para la producción de imágenes, para la primera parte de la serie se realizaron varias pruebas de iluminación con dos fuentes de luz de destello (flash electrónico). Se colocaron en distintas posiciones para encontrar el ángulo adecuado de tal modo que no se proyectaran sombras y que no quitaran detalles en los cristales. Se probaron varios tipos de iluminación: cenital, nadir, lateral y



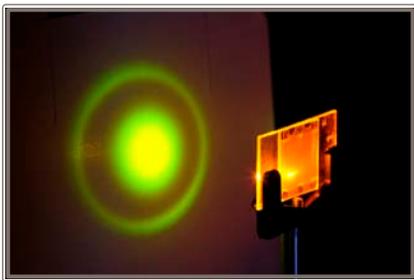
a 45°.

Siendo los materiales muy pequeños y traslúcidos se probó con una iluminación directa y con una iluminación difusa para observar cual de las dos resaltaba los aspectos que se requería mostrar de los cristales. La característica principal a resaltar era su ausencia de color así como su transparencia.

En la segunda parte de la serie la característica principal a resaltar era el cristal como fuente de luz y el color que adquiría en su estado fotoactivado. Para esta etapa de la serie se colocaba el cristal dentro del espectrofotómetro y se iluminaba con la lámpara del equipo que emitía distintas longitudes de onda tanto de luz blanca como de luz ultravioleta. Ya que esta luz se podía modular de acuerdo a la longitud de onda, fue posible elegir el rango en el que la luz emitida por el cristal se percibiera más intensa.

En el caso de Alphamicron no era posible instalar todo un set de iluminación para la muestra en la que se debe apreciar una línea producida por el láser, por lo que se utilizó la iluminación del propio laboratorio ajustando el balance de blancos en la cámara digital.

El experimento que fotografiamos consistía en hacer incidir un láser verde sobre la muestra de cristal líquido, la cual proyectaría un spot característico por un lado y otro spot diferente al ser incidida por el lado contrario. Como lo que interesa ver del experimento es dicho spot, la muestra incidida por el láser verde es la fuente de iluminación. Por cuestiones de seguridad hay una regla no escrita que nos advirtió el Dr. Muñoz. Cuando se va a



Experimento iluminado con láser verde 532 nm.  
El spot se mancha con el verde del láser  
Fotografía digital 2010  
2s f5.6



Experimento iluminado con láser verde 532 nm.  
El spot y la muestra se manchan con el verde del láser  
Fotografía digital 2010  
4s f8

tomar una fotografía de un experimento en el cual hay un láser presente, principalmente los de color verde y azul pues son más intensos, hay una altura mínima con respecto al encuadre que debemos considerar; pues el láser no debe incidir directamente en el lente de la cámara, ya que si se mira a través del visor se corre el riesgo de dañarse la vista.

### 3.1.3. ACONDICIONAMIENTO DEL ESPACIO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES.

En un laboratorio de investigación científica hay diversas herramientas utilizadas por el investigador que ayudan a realizar su labor. En este proyecto los elementos a fotografiar son los equipos de trabajo así como los materiales contenidos en dos laboratorios.

Uno es el Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica (LEMO) del Departamento de Física en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. En éste espacio dedicado a la experimentación se encuentran algunos equipos especializados para medir y graficar resultados, además de láseres y computadoras. Los materiales que se estudian son algunos polvos, sustancias líquidas y cristales sólidos de distinta composición química.

En el laboratorio hay una entrada de luz natural ya que cuenta con una ventana que abarca la mitad superior de un muro a lo ancho del laboratorio, además hay lámparas fluorescentes



Cuarto oscuro de LEMO UAM Iztapalapa. 2010



Mesa de trabajo LEMO UAM Iztapalapa. 2010

Vista panoràmica de LEMO





Fachada principal de la empresa Alphamicron.  
2010



Laboratorio de Óptica.  
Alphamicron 2010



Mesa Óptica.  
Laboratorio de Óptica  
Alphamicron 2010

en el techo. Hay tres secciones dentro de éste laboratorio; una donde están los estantes que almacenan el material y la mayoría de los aparatos de medición. Otra de menor tamaño que es un cuarto oscuro donde hay un solo equipo de medición. La última es una pequeña oficina donde hay algunas computadoras en las que se desarrollan los artículos que publica este laboratorio de investigación.

La primera etapa de la producción se llevó a cabo en un escritorio ubicado en la parte más amplia del Laboratorio ya que ahí era posible colocar un pequeño set para los materiales así como el equipo de iluminación. Por otra parte muy cerca del escritorio se encontraba otro escritorio con el espectrofotómetro que sería el set y la fuente de iluminación para la segunda serie de imágenes.

La segunda etapa se llevó a cabo dentro del cuarto oscuro ya que el espectrofotómetro fue ubicado ahí por cuestiones de logística del Laboratorio.

El Laboratorio de la empresa Alphamicron que forma parte de la Universidad Estatal de Kent, en Ohío EUA, cuenta con varias mesas de trabajo, en cada una de las cuales hay láseres, computadoras y equipos para producir gráficas que permiten realizar las mediciones de los materiales.

Este laboratorio no cuenta con ninguna ventana, sólo tiene lámparas fluorescentes. Los materiales en éste laboratorio son principalmente películas de cristales líquidos que son de diferentes colores dependiendo de su constitución y al igual que los cristales sólidos, cambian su color al ser activados con

luz láser o ultravioleta. En este laboratorio, los experimentos consisten básicamente en la disposición de los elementos sobre las mesas ópticas, por esta razón la captura de imágenes se realiza orientando el encuadre hacia las mesas y la parte del experimento que se desea resaltar.

### 3.1.4. TIEMPOS Y CONDICIONES DE TRABAJO

La primera etapa en LEMO requería un proceso de tres sesiones por semana para las tomas, posteriormente dos días más para el revelado y una impresión en tamaño postal. Las visitas a LEMO eran frecuentes y una vez que se acondicionó el lugar de trabajo permaneció durante todo el proceso y había cierta libertad en cuanto a la manipulación de los materiales pues estaban a nuestra entera disposición siempre y cuando no abandonaran el laboratorio.



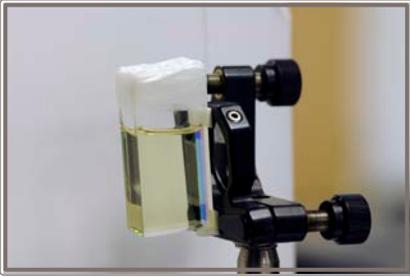
Izquierda: Material de trabajo LEMO  
Cuarto oscuro UAM Iztapalapa 2010.

Durante la segunda etapa en LEMO el proceso fue semejante a la primera etapa, tres sesiones por semana para las tomas pero se ahorró tiempo para poder visualizar las fotografías ya que en lugar del revelado y una impresión en tamaño postal, se descargaban las fotografías en la computadora. Se podían visualizar las imágenes en la pantalla de la cámara, pero la visualización en un ordenador nos permitía una mejor observación de la fotografía debido al tamaño de la pantalla. Durante esta etapa cambiamos el set del primer escritorio en el área más grande del laboratorio a una mesa de trabajo dentro del pequeño cuarto oscuro.



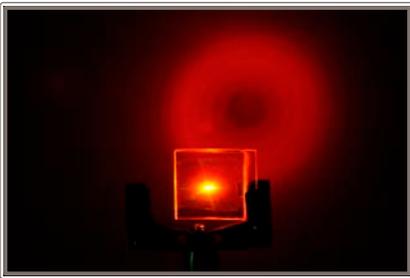
Derecha: Set montado en LEMO. Cuarto  
oscuro UAM Iztapalapa 2010.

En el laboratorio de Alphamicron, se realizaron dos visitas de una semana cada una. Por la distancia con este laboratorio, las



Muestra de cristal líquido que absorbe los rayos de luz. Alphamicron 2010.

condiciones de trabajo se tornan completamente distintas a LEMO. En la primera visita se hizo un recorrido por las instalaciones, se montaron dos experimentos de los cuales se requerían las fotografías y se hicieron unas pruebas de lo que se quería lograr en las imágenes finales. En ese momento se revisaron las imágenes y se decidió corregir aspectos como el color del spot y eliminar algunos destellos de la muestra de cristal líquido. Al final de la semana el Dr. Muñoz solicitó la fotografía de una muestra de cristal líquido que absorbe el rayo de luz láser y se hicieron las tomas al momento.



Muestra de cristal líquido que proyecta anillos de luz. Alphamicron 2010.

Durante la segunda visita a Alphamicron nos concentramos en uno solo de los experimentos mostrados durante la primera visita. La finalidad era obtener las fotografías de las dos versiones del spot proyectado por la muestra incidida en dos diferentes tonalidades de láser: verde y azul. También se obtuvieron un par de fotografías de una muestra semejante a la del experimento donde la podemos apreciar bajo la luz blanca. En este caso el trabajo es interdisciplinar puesto que se trabaja junto con el investigador en todo momento, ya que el experimento solo puede ser preparado por él mismo.

### 3.2. PRODUCCIÓN.

La producción de la primera serie en LEMO se trabajó con negativo de color con un objetivo de 50 mm y con lentillas de acercamiento ya que los materiales son muy pequeños. Los diferentes tipos de iluminación que se comentaron previamente y los diferentes fondos fueron de gran utilidad para determinar tiempos de exposición y



Pruebas de fondo blanco y negro con lentillas de acercamiento.



Pruebas de fondo blanco y gris con lente macro.

diafragmas para lograr el mejor enfoque posible. Cabe destacar que la forma que presentaban los cristales debía mostrarse tanto en la primera serie de fotografías en su estado natural, como en la segunda serie en estado fotoactivado.

Al trabajar la segunda serie de imágenes cambiamos del negativo de color al proceso digital para ahorrar tiempo y costos de producción ya que para revisar las fotografías de la primera serie era necesario esperar el revelado del negativo y el positivado de la imagen. Se trabajó de igual manera con una cámara reflex para poder obtener imágenes de alta calidad, ya que los sensores de las cámaras reflex digitales son de mayor tamaño y capturan más información que los de las cámaras digitales sin sistema reflex. Para esta segunda serie se colocaron los materiales sobre la base dentro del espectrofotómetro de tal modo que les incidiera la luz uv y se pudiera modular de tal modo que captáramos la mayor intensidad emitida por el cristal. De ambas etapas se obtuvo una bitácora que presentaremos más adelante.

En el caso de Alphamicron como describimos previamente, las fotografías del primer material se tomaron en condiciones de improvisación por lo que no se instaló ningún tipo de iluminación especial; sin embargo las imágenes obtenidas muestran el aspecto del material que al investigador le interesa mostrar. En este caso el proceso digital ayudó bastante pues los ajustes necesarios se fueron haciendo en la cámara al momento de las tomas.

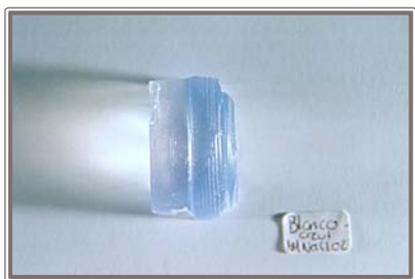
Por otra parte, el experimento sí fue preparado por el investigador de tal modo que nos llevamos una larga sesión en



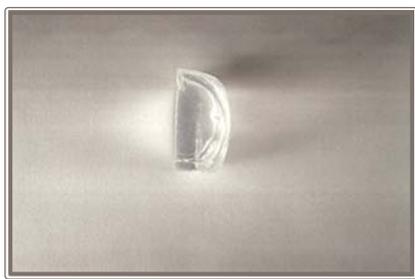
Vista cenital vidrio 2.



Vista frontal vidrio 2.



Vista 1 NaCl 02 Eu<sup>2+</sup>



Vista 2 NaCl 02 Eu<sup>2+</sup>

conjunto en la que se fue modulando el haz del láser verde hasta lograr las cuatro fotografías finales que mostraran el spot que proyectaba la muestra y la ausencia de este al girarla 180°. Para este mismo experimento se realizaron unas tomas cambiando la longitud de onda del laser para cambiar de color verde a color azul y obtener otra visualización del mismo experimento.

### 3.2.1 LA COMPOSICIÓN.

Las primeras composiciones de la primera serie de cristales en estado natural se hicieron cenitales pero cuidando que la parte más aplanada del cristal que se pudiera considerar la base quedara en la parte inferior ya que al momento de colocar los materiales en el espectrofotómetro se tendrían que apoyar sobre esa parte plana. La finalidad de lo anterior era que pudieran reconocerse los materiales por su forma en ambas series y de este modo también pudieran ser comparados.

La serie de los materiales en estado fotoactivado nos debe mostrar los cristales emitiendo luz de algún color. La composición para estas imágenes consistió en colocar los materiales sobre la base dentro del espectrofotómetro; la lámpara uv quedaba detrás de los cristales por lo que la cámara fue colocada al frente de los cristales. El inconveniente con esta composición era que al ser translúcidos y tan delgados los materiales, el spot de la lámpara aparecía en las fotos como un destello muy intenso alterando en algunos casos las tonalidades de los colores. La solución a este inconveniente fue corregir con la exposición, además de subir el encuadre e inclinándolo ligeramente hacia abajo.



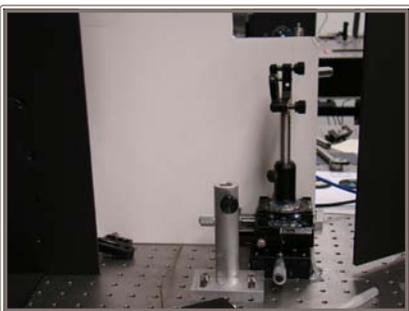
Vista 1  $\text{Eu}^{2+}\text{Mn}^{2+}$



Der. Vista 2  $\text{Eu}^{2+}\text{Mn}^{2+}$



Montaje del experimento sobre la mesa óptica en el Laboratorio de Alphamicron



Pantalla donde se proyecta el spot durante el experimento.

Durante la segunda etapa de estas dos series mejoramos la composición al trabajar con un lente macro de 105 mm ya que nos acercamos más al material logrando llenar el encuadre con el cristal, lo cual daba un aspecto diferente de la textura visual de los mismos.

En el caso del experimento la composición se delimitó al encuadre de la muestra y una pantalla blanca al fondo; de este modo se aprecia la muestra incidida por el láser verde y la proyección del spot producido por la muestra así como la ausencia de dicho spot al girar la muestra. Siendo este el aspecto a resaltar resultaba innecesario para el investigador hacer una toma general de todo el montaje en la mesa óptica, pues el describe el experimento en su investigación; sin embargo se hicieron un par de tomas de manera informal en las que se aprecia el montaje del experimento.

En el caso de la muestra que absorbe el haz de luz se hizo un acercamiento máximo a la muestra para poder captar a detalle dos aspectos: el desvanecimiento del haz de luz en un trazo lineal y un bloqueo del mismo haz indicado por un punto negro en la muestra que no aparece cuando no se incide luz sobre el material. Para este ejercicio fue necesario sincronizar el destello de luz y el disparo de la cámara pues es un proceso que ocurre en menos de un segundo. La sincronización se hizo mediante la coordinación del investigador con el fotógrafo, ya que el investigador controlaba el destello de luz que incidía sobre la muestra; por su parte el fotógrafo programó la cámara con la función de múltiples disparos para obtener una serie de imágenes de las que se pudiera elegir

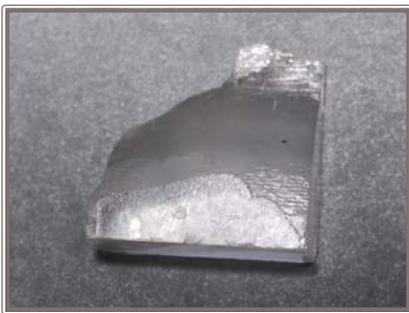


aquellas que captaran los dos momentos exactos que se buscaba lograr en la fotografía.

### 3.2.2 ENFOQUE.

Un aspecto primordial en este trabajo es el enfoque debido a que los cristales son muy pequeños e irregulares. Cuando trabajamos con las lentillas de acercamiento perdíamos profundidad de campo por lo que se dio prioridad a la parte frontal del cristal pues lo más importante era apreciar la transparencia del material y su cambio de color al emitir luz.

Aún trabajando con el lente macro no se gana mucha profundidad de campo, además debemos equilibrar entre el tiempo de exposición y la apertura del diafragma para obtener las tonalidades de los cristales por lo que en este caso el enfoque queda en segundo plano de importancia. Con esto queremos resaltar que sería deseable tener enfocado todo el cristal, pero sin arriesgar los aspectos esenciales como el color, la forma y la textura del cristal. El enfoque es suficiente si está en la parte frontal del cristal.



En la imagen superior el enfoque está en la parte más cercana al fondo; en la imagen inferior el enfoque está en la parte frontal del cristal

Una diferencia que encontramos al trabajar el negativo de color y el proceso digital es el detalle en la imagen. El negativo de color aún de 35 mm tiene una mayor definición en la imagen impresa que la fotografía digital. Hoy en día no se exige la calidad que nos da el grano de la película en las imágenes pues la mayoría se maneja digitalmente y se visualiza en un monitor; sin embargo cuando se requiere imprimir es conveniente saber manejar los tamaños adecuados para no perder detalle del objeto o fenómeno



fotografiado.

### **3.2.3 TIEMPOS DE EXPOSICIÓN.**

En el anexo 1 hemos incluido las tablas que muestran los aspectos técnicos en la realización de las fotografías durante el proceso analógico y digital dentro del Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica. Cada tabla de datos incluye el número de exposición, el diafragma utilizado, el objetivo utilizado, la velocidad de obturación, el color del fondo, la composición de la muestra así como el tipo de iluminación utilizado.

En el caso de Alphamicron se trabajó únicamente la técnica digital por cuestiones de practicidad y economía por lo que no existe una bitácora tan extensa de los aspectos técnicos. Sin embargo sí contamos con estos datos ya que es posible incrustarlos en el archivo de imagen digital.



### 3.2.4 CAPTURA DE IMÁGENES.

#### FOTOGRAFÍAS FINALES

Material: Vidrio 1  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: amarillenta  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
4s. f 22



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magento Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: Vidrio 1  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (385 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f22





Material: Vidrio 2  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: amarillenta  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/2s. f 16



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magento Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: Vidrio 2  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (385 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f22





Material: Vidrio 3  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: amarillenta  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/2s. f 16



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: Vidrio 3  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (350 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
30s. f32





Material: Vidrio 4  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: amarillenta  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/2s. f 16



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magento Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: Vidrio 4  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (370 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
30s. f16





Material: CuSPc:SiO<sub>2</sub>  
Vidrio Sol-Gel  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: verdosa  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/250s. f 32



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: CuSPc:SiO<sub>2</sub>  
Vidrio Sol-Gel  
Estructura: amorfa  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (385 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
20s. f22





Material: NaCl 04 Eu<sup>2+</sup>Mn  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/8s. f 40



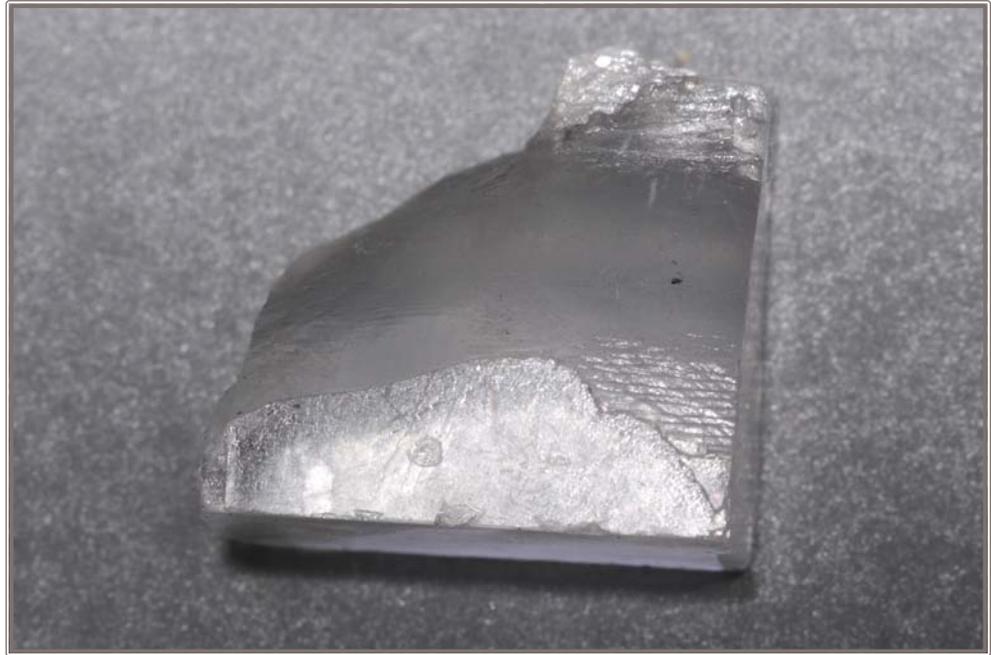
Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: NaCl 04 Eu<sup>2+</sup>Mn  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (339 nm)  
Coloración: rojo (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f22





Material: NaCl:MnU  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/4s. f 22



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: NaCl:MnU  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (344 nm)  
Coloración: rojo (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
30s. f16



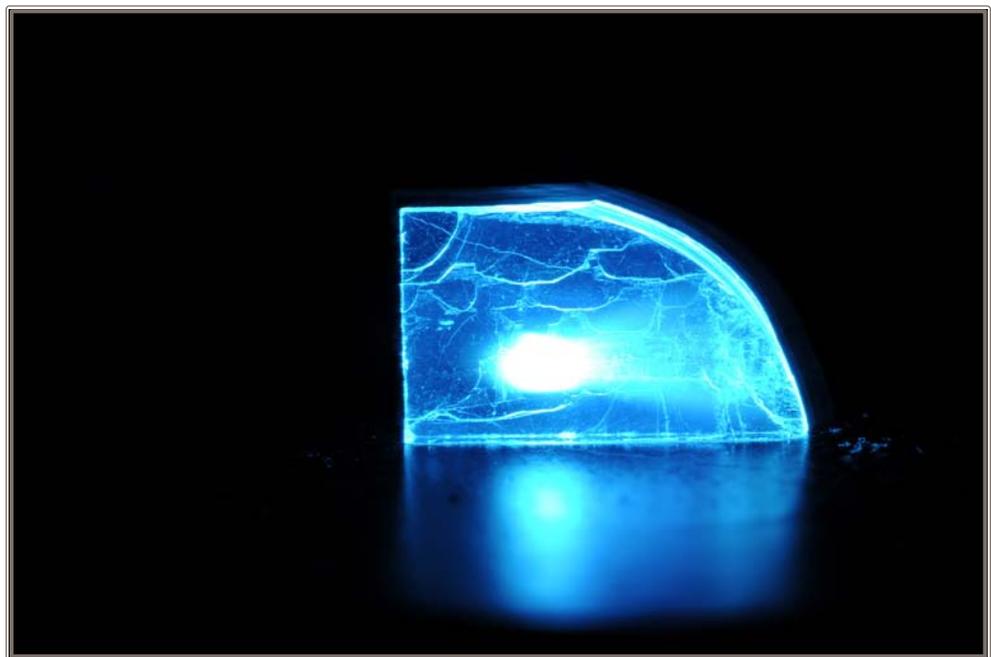


Material:  $\text{Eu}^{L+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/250s. f 32



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material:  $\text{Eu}^{L+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (373 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f16





Material:  $\text{Eu}^{2+}\text{Mn}^{2+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/250s. f 32



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material:  $\text{Eu}^{2+}\text{Mn}^{2+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (337 nm)  
Coloración: rojo (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
15s. f22



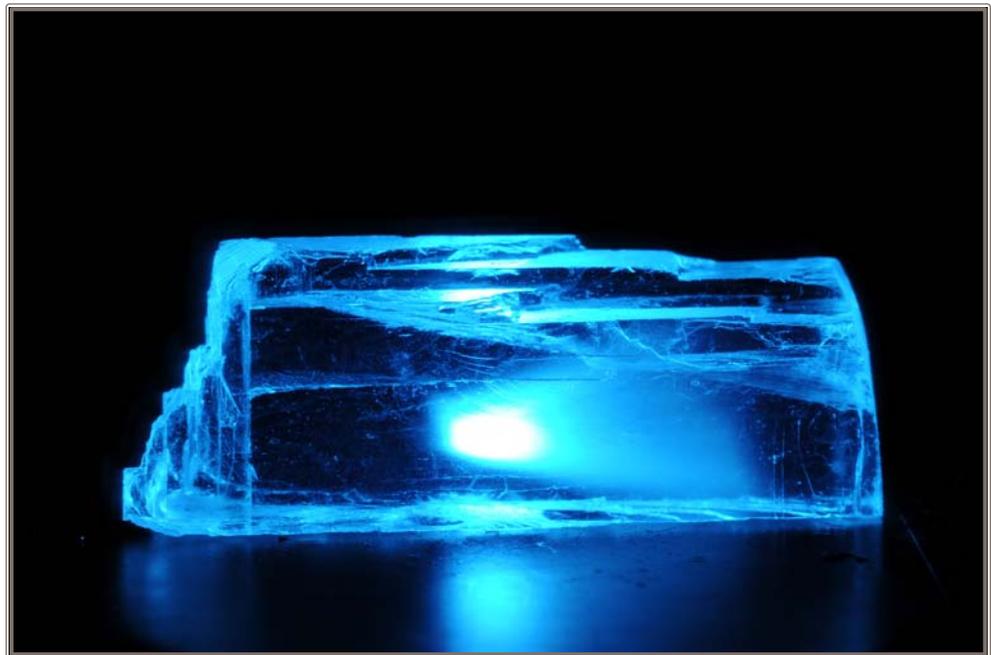


Material: NaCl 05 Eu<sup>2+</sup>  
(X-1 verde)  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/60s. f 36



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: NaCl 05 Eu<sup>2+</sup>  
(X-1 verde)  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (376 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f22





Material: NaCl 02 Eu<sup>2+</sup>  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/15s. f 32



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magento Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: NaCl 02 Eu<sup>2+</sup>  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (379 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
15s. f22



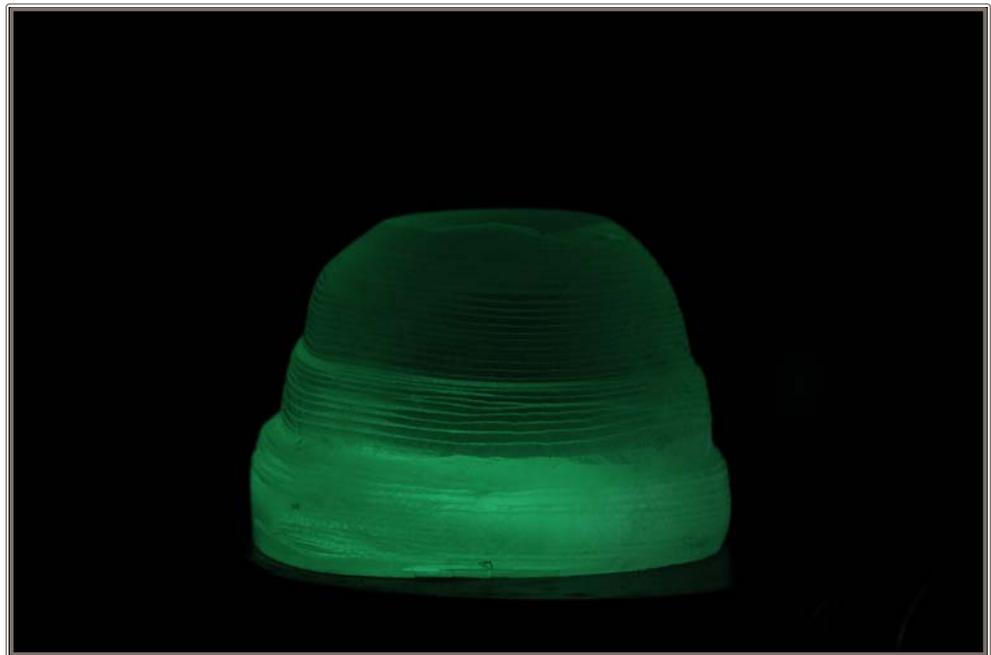


Material: KBr:Sn:Mn  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: incoloro  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/15s. f 32



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magenta Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material: KBr:Sn:Mn  
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (305 nm)  
Coloración: verde/amarillo (luz  
emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
30s. f22





Material:  $\text{SiO}_2\text{Nd}^{3+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: ópticamente inactivo  
Coloración: anaranjada  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
1/4s. f 22



Materiales luminiscentes. Laboratorio de Espectroscopía Magento Óptica  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

Material:  $\text{SiO}_2\text{Nd}^{3+}$   
Estructura: cristalina  
Presentación: monolito  
Estado: Fotoactivado con luz  
uv (385 nm)  
Coloración: azul (luz emitida)  
Año de realización: 2010  
Técnica: Fotografía digital  
8s. f16

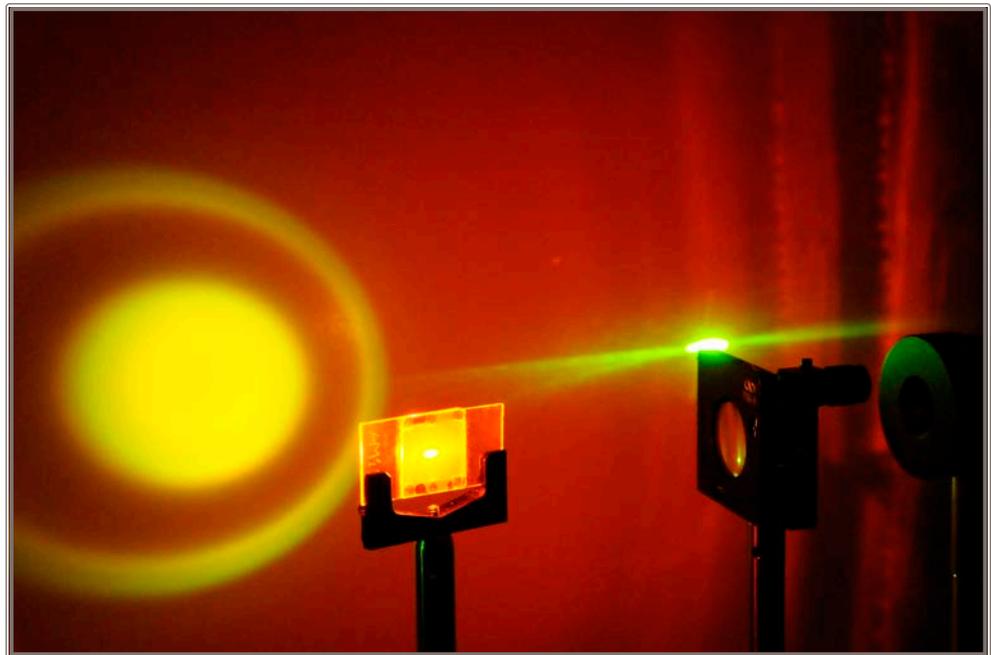




Muestra de láser sin espejos  
de cristal líquido colestérico  
contaminado con colorante  
orgánico.  
Fotoactivada con láser verde  
532 nm.  
Vista 1. Bloqueo de luz.  
Fotografía digital 2010  
1/2s f5.6

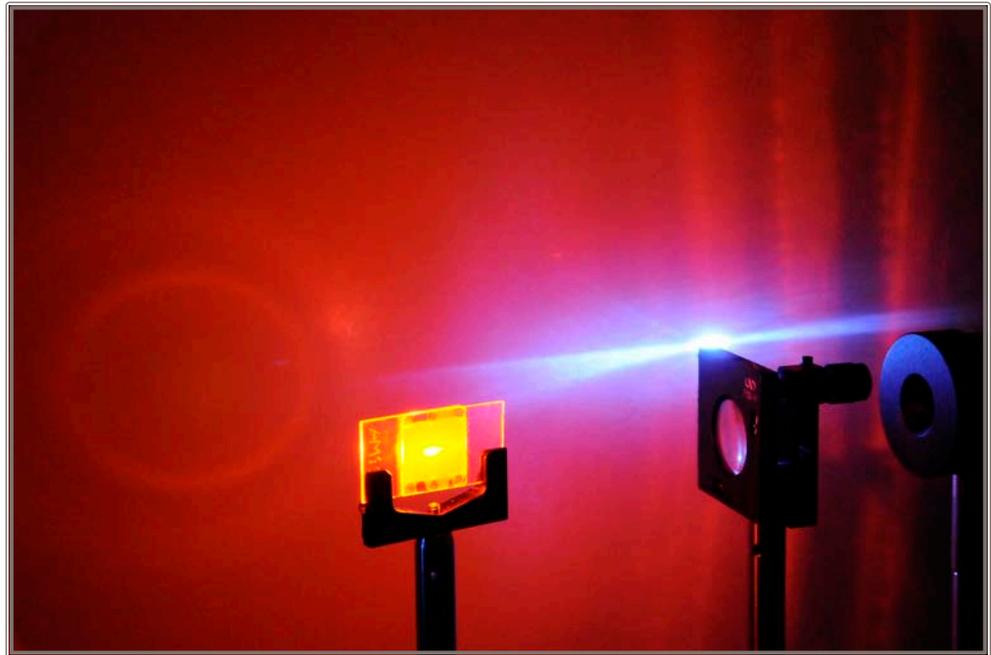


Muestra de láser sin espejos  
de cristal líquido colestérico  
contaminado con colorante  
orgánico.  
Fotoactivada con láser verde  
532 nm.  
Vista 2. Spot con anillos.  
Fotografía digital 2010  
1/2s f5.6





Muestra de láser sin espejos  
de cristal líquido colestérico  
contaminado con colorante  
orgánico.  
Fotoactivada con láser azul.  
Vista 1. Anillos.  
Fotografía digital 2010  
1/2s f5.6



Muestra de láser sin espejos  
de cristal líquido colestérico  
contaminado con colorante  
orgánico.  
Fotoactivada con láser azul.  
Vista 2. Bloqueo de luz.  
Fotografía digital 2010  
1/2s f5.6





Muestra de cristal líquido.  
Fotografía digital 2010  
1/60s f3.5



Muestra de cristal líquido.  
Filtraje de luz  
Fotografía digital 2010  
1/60s f3.5



Muestra de cristal líquido  
Bloqueo de luz.  
Fotografía digital 2010  
1/60s f3.5



Muestra de cristal líquido.  
Bloqueo de luz.  
Fotografía digital 2010  
1/60s f3.5





### **3.3. POSPRODUCCIÓN.**

Debido a las dos técnicas que se utilizaron para la realización de las fotografías, la posproducción se divide en dos partes. Para el proceso análogo se requiere considerar el revelado de los negativos, una impresión de hoja de contactos o impresiones en tamaño postal e incluso la digitalización de los negativos. En tanto que para el proceso digital se requiere la descarga de las imágenes, una revisión en pantalla e impresiones de prueba previas a las impresiones finales.

La posproducción la habremos de considerar en función del uso final que se le dará a las imágenes. Como vimos a lo largo de la investigación el uso puede ser muy diverso y nuestro objetivo principal es la divulgación por lo que las imágenes pueden necesitarse a un buen tamaño para ser incluidas en un cartel; ajustarse a un tamaño menor para ser enviadas a una publicación o adaptarse para su visualización en proyectores y monitores de computadora.

#### **3.3.1 Proceso análogo**

El proceso fotográfico análogo se utilizó únicamente durante la primera etapa en el Laboratorio de Espectroscopía Magneto Óptica en la UAM Iztapalapa. En esta etapa experimental se trabajó con las diferentes iluminaciones y fondos para los materiales, por lo que estos ejercicios determinaron el procedimiento posterior a la captura de las imágenes.

Para el proceso análogo el procedimiento fue el siguiente. Una vez terminado un rollo de 36 exposiciones se procedió a llevarlo



a un centro especializado en revelado y se solicitó la impresión de las fotografías en tamaño postal para tener una visualización de los ejercicios de iluminación y las pruebas de los fondos blanco y negro. Es un procedimiento aceptable para este ejercicio ya que es automático y dado que no se requería ningún ajuste en el proceso de revelado.

La impresión se hizo en un tamaño postal de 4 x 5 pulgadas porque esto nos permitiría visualizar los resultados de las pruebas de iluminación, el aspecto de los cristales y su interacción con el fondo. En caso de que se requiera alguna de las imágenes es posible reproducirla fácilmente gracias al negativo. Estas impresiones tendrían la restricción de un tamaño máximo de 8 x 10 pulgadas debido al tamaño del negativo 35 mm que fue el utilizado. Además el negativo permite hacer la impresión mediante un proceso fotográfico, pero si se necesitara publicar la fotografía en algún medio electrónico o impreso sería de gran utilidad poder reproducirla mediante un archivo digital.

Una vez obtenidas las impresiones en tamaño postal se solicitó una digitalización de los negativos en alta resolución. De este modo se puede visualizar el archivo en pantalla y se puede imprimir con mayor facilidad ya que hoy en día aún las impresiones fotográficas se hacen digitalmente. Es importante considerar que digitalmente hay tamaños de archivo y se miden en ancho por alto de pixeles, además de contar con un número de pixeles por pulgada mínimo lo cual nos da la resolución final que se traduce en la calidad de la imagen.



Pero no nos olvidemos de las necesidades de los laboratorios, si consideramos que se puedan utilizar las fotografías para la comunicación tanto a un público general como a un público especializado, lo más recomendable es digitalizar a una resolución que nos permita obtener impresiones de buena calidad a un tamaño de 16 x 20 pulgadas. Esta resolución nos permitiría utilizar la fotografía en un cartel tanto para un Coloquio como para una Feria de ciencias. Pero no es suficiente contar con un tamaño de archivo dado que si se solicita el archivo para una publicación como una revista especializada, el tamaño es excesivo y convendría más contar con un tamaño menor.

Este trabajo se entregó al investigador en un cd con tres tamaños de archivo de las imágenes finales; dos tamaños a 300 pxeles por pulgada y uno a 72 ppp como resolución final. De este modo se podrán utilizar las fotografías de acuerdo a la necesidad primordial de comunicación. El tamaño más pequeño será para visualización en monitores y pantallas, como por ejemplo para una conferencia en las que el investigador se apoya de imágenes en presentaciones que son proyectadas en una pantalla.

Debemos aclarar que los colores incrustados en el perfil del archivo son los más apegados a la toma fotográfica, cualquier modificación en impresión o visualización en pantallas se debe a la calibración del equipo en el que se están visualizando; sea este un monitor de computadora o una pantalla mediante un proyector de diapositivas. Si bien es cierto que debe haber una ligera variación entre visualización en pantalla e impresos, esta



variación es mínima y no debe afectar la información contenida en la fotografía original. En caso de ser necesario adecuar la imagen al medio de visualización, lo mejor es acercarse a el ojo experto de quien cuenta con el programa para obtener los resultados deseados.

Dentro del proceso análogo es posible hacer ajustes en el revelado para compensar exposición, ajustes al momento de la impresión final y el retoque del negativo. Pero en el caso de estas fotografías no se requiere ninguno de estos tipos de ajuste o retoque. La manipulación de los negativos modificaría los aspectos visuales esenciales de los materiales contenidos en la imagen además alteraría nuestras observaciones en cuanto a los fondos y la iluminación que estamos comparando.

La impresión final de las fotografías obtenidas mediante el proceso análogo fue en tamaño postal como hemos comentado anteriormente debido a la intención original que era visualizar los objetos en un estado natural con diferentes tipos de iluminación y fondos, así como en un estado fotoactivado. Dado que la óptica utilizada en esta primera etapa no era la más apropiada, puesto que no nos acercaba mucho a los diminutos materiales, las fotografías únicamente sirven para los propósitos antes mencionados en cuanto a la experimentación fotográfica.

De cualquier manera se han digitalizado los negativos de estos ejercicios con la finalidad de tenerlos como referencia para posteriores trabajos.

### **3.3.2 Proceso digital**



Es importante considerar que hay diferentes tipos de software especializados para tratamiento de imágenes. El más comercial y utilizado por los diseñadores de comunicación visual es el de la suite Adobe: Photoshop. Actualmente algunas compañías de cámaras digitales han creado sus propios softwares compatibles con sus equipos; por ejemplo, en nuestro caso trabajamos con una cámara nikon modelo D300s, el software que incluye esta cámara para tratamiento de imágenes es el Nikon View NX. Estos softwares en su mayoría lo que permiten es hacer correcciones como, ajustes de exposición, balance de blancos, ajuste de color, ajustes de brillo y contraste, conversión de formatos y de tamaño.

En cuanto al laboratorio LEMO, se obtuvieron mejores resultados para fines de comunicación durante la segunda etapa, por lo que las fotografías finales se eligieron del proceso digital. Durante este procedimiento ahorramos tiempo para la visualización de las imágenes, por lo que hubiera sido de gran ayuda durante una etapa experimental como la primera. Sin embargo la visualización en la pantalla de la cámara no es suficiente para observar todos los detalles de la fotografía, ya que cuando visualizamos en un monitor mayor apreciamos mejor las texturas, la profundidad de campo y la iluminación.

Para las fotografías realizadas en Alphamicron el trabajo digital nos permitió optimizar el tiempo y la producción de las imágenes debido a las condiciones de trabajo y la distancia con este Laboratorio. Los aspectos más importantes del proceso digital son la descarga de las imágenes a la computadora, el etiquetado,



el retoque y manipulación así como el almacenaje de las imágenes en algún dispositivo electrónico.

La descarga de imágenes en la computadora es un paso que llevamos a cabo cuidadosamente ya que en este momento es posible etiquetar los archivos descargados e incrustar información como la exposición, el espacio de color utilizado y en algunos casos hasta los derechos de autor. Una fotografía digital se trabaja en un espacio de color luz RGB, ya que el sensor de la cámara capta las longitudes de onda y las convierte en señales electrónicas, las cuales a su vez son almacenadas en una tarjeta de memoria electrónica.

Durante el trabajo en LEMO, las descargas se hacían después de cada sesión finalizada. A diferencia del trabajo análogo, en este caso solo fueron necesarias dos sesiones para obtener buenas imágenes. De igual manera, en Alphamicron se hacían las descargas una vez terminada una sesión de fotografías para visualizar casi al momento los resultados y de ser necesario corregir en ese momento.

El etiquetado de las carpetas que contienen los archivos resulta más significativo que el etiquetado mismo de los archivos. En el nombre hemos colocado principalmente el nombre de los materiales o del laboratorio y la fecha. Los archivos finales se etiquetarán con el nombre de las muestras que aparecen en las fotografías; además se incluirá una pequeña ficha técnica en las propiedades del archivo para que se pueda acceder a esta información.



Mientras que en el proceso análogo el revelado nos ayuda a compensar exposición, en el procedimiento digital es posible corregir varios aspectos además de la exposición. Se pueden hacer ajustes de color, brillo, contraste, balance de blancos, aplicación de filtros de corrección en la iluminación, etc. Pero son tantas las posibilidades que podemos caer en la manía de atenernos a corregir toda la imagen después de la toma. Sin embargo es preferible hacer los menos ajustes posibles, de este modo respetamos la información que capturamos en la fotografía al momento de la toma. Además no podemos fiarnos totalmente de estos ajustes, ya que hay aspectos que hasta ahora no se pueden mejorar una vez hecha la toma como el enfoque.

En el caso de los cristales de LEMO se hicieron algunos ajustes mínimos a la exposición y a la tonalidad de los blancos. Debemos aclarar que el blanco es un color complicado en la imagen digital pues siempre existe una tendencia hacia a alguno de los colores luz que lo componen, rojo, verde o azul. Esta condición se debe un poco a los materiales de fabricación de las cámaras y los ajustes personalizados de cada compañía. Es una modificación mínima que solo un ojo muy entrenado puede percibir; sin embargo queremos resaltarlo para evitar la creencia de que se trabaja con un blanco absoluto.

Para los cristales en estado fotoactivado no fue necesario hacer ajustes a las fotografías ya que el color de la luz que vemos en la fotografía es el producido por los cristales. Del mismo modo, los experimentos del cristal líquido colestérico nos muestran el



spot producido por la muestra y el haz del láser verde.

Finalmente en las fotografías de la muestra de cristal líquido que absorbe el haz de luz, sí se corrigió el balance de blancos puesto que la iluminación del laboratorio es con lámparas fluorescentes. Se ajustó la cámara para corregir las tonalidades verdosas, pero en la corrección las imágenes quedaron un poco amarillentas por lo que fue necesario hacer otro ajuste una vez descargadas en la computadora.

Aunque las fotografías se descargan en una computadora, es importante considerar el almacenaje en algún dispositivo que no sea tan fácilmente modificado como un cd en el cual puedan quedar respaldadas permanentemente para posteriores consultas.

En el disco entregado al investigador se incluyeron dos carpetas principales que contenían las fotografías de cada uno de los estados de los cristales en LEMO y en cada carpeta tres subcarpetas con tres tamaños de archivo de las fotografías; de este modo se podrían utilizar las fotografías de acuerdo a la necesidad primordial de comunicación. Los archivos con 72 ppp son los apropiados para visualización en monitores y pantallas, por ejemplo, una conferencia en la que el investigador se apoye de imágenes incluidas en una presentación que es proyectada en una pantalla.

Los archivos a 300 ppp con medidas menores de 28 cm, pueden ser utilizados en impresos de pequeño y mediano formato tales como folletos de divulgación y revistas científicas entre otros. Finalmente, los archivos a 300 ppp con medidas mayores de 28



cm, sirven para impresos de gran formato tales como carteles de divulgación y lonas montadas en los stands de las Ferias Científicas. En el caso de Alphamicron se incluye la carpeta con el experimento en sus dos fases y la carpeta con el cristal líquido que absorbe la luz láser. Además se incluyen las respectivas subcarpetas con los diferentes tamaños.

En las propiedades de cada uno de los archivos se agregó una ficha técnica de la imagen como referencia a lo que se visualiza en la fotografía. Recordemos que durante la investigación hicimos conciencia acerca de que la información contenida en una fotografía de contexto científico, puede ser considerada para posteriores investigaciones; es por esto que mientras más datos haya de la fotografía será más sencilla una adecuada interpretación de la misma.

Durante todo el proceso de la producción fotográfica se confirmó la necesidad de la manipulación de la imagen con el fin de alcanzar un objetivo específico; en este caso el de la comunicación visual. Al hablar de manipulación se hace presente el dilema ético de los comunicadores visuales; aunque no profundizaremos sobre el tema, cabe mencionar que no se trata de un engaño como el que pudiera darse en el caso de la publicidad, en donde la intención es persuadir al público de que lo que ve en la imagen es algo bueno y debe poseerlo.

La manipulación fotográfica de la que aquí hablamos está hecha a conciencia y con el objetivo específico de ser útil al investigador; ya sea para registrar algún objeto de estudio, para



resaltar aspectos de dicho objeto, o bien para hacer visible al ojo humano, lo que está fuera de su alcance de visión. La manipulación hecha en la fotografía científica no necesariamente distorsiona la información contenida en la imagen fotográfica; lo que intenta es resaltar o evidenciar los datos para una mejor comprensión.

Ya que es ineludible la manipulación al momento de crear una fotografía científica, no debemos prescindir tampoco de la *fotointerpretación* para una adecuada lectura de datos. Así mismo, el público poco especializado que observa una fotografía científica debe tomar en cuenta el contexto del que proviene.



# C

## Conclusión

La presente investigación inició con el propósito de responder las siguientes preguntas: ¿Cuál ha sido el papel que ha jugado la fotografía en la ciencia? Y ¿Cuáles son los convencionalismos establecidos por los científicos para admitir una fotografía como fuente de información? Y se buscaba con ambas preguntas identificar los diferentes usos que se le han dado a la imagen fotográfica dentro de las disciplinas científicas y conocer en qué sentido les podían ser útiles a los científicos.

La respuesta hipotética que dimos en un principio fue la siguiente proposición: La fotografía como medio visual ha sido para la ciencia algo más que una imagen fija que ilustra o representa los objetos y fenómenos que interesan al pensamiento científico. La fotografía ha sido también, entre otras cosas, una herramienta de comunicación, una extensión de la visión y un objeto de estudio del mismo pensamiento científico.

A lo largo de esta investigación encontramos los elementos suficientes para confirmar la proposición mencionada en el párrafo anterior. En primer lugar encontramos que, a pesar de que en la historia de la fotografía predomina el paradigma del surgimiento de la fotografía como producto científico siempre luchando por ser aceptada por el arte, existe una relación entre fotografía y ciencia



que se ha desarrollado paralelamente y tiene que ver con los usos más frecuentes de la fotografía como herramienta de la ciencia.

Los principales usos de la imagen fotográfica en contexto científico, que encontramos son el registro y la visualización. El *registro* fue uno de los primeros usos que se dio a la fotografía debido a la percepción, tan apegada al concepto de representación, de las primeras imágenes fotográficas obtenidas en la historia. Por esta razón podemos afirmar que la fotografía fue de gran utilidad para la catalogación en el área biológica, siendo que anteriormente este proceso se auxiliaba de la ilustración científica.

En la actualidad se siguen utilizando tanto la ilustración como la fotografía, pero ahora cada una con objetivos diferentes. Mientras que la ilustración se utiliza por ejemplo, para ampliar una descripción de una especie; la fotografía por otra parte, se utiliza para registrar diferentes especies. El resultado fotográfico depende de las condiciones en las que se produzca la imagen y las limitantes del aparato fotográfico, mientras la ilustración dependerá de las habilidades del ilustrador.

El uso de la fotografía como visualización se da en conjunto con la idea de *extensión de la visión*, pues así como el microscopio extendía la visión del ojo humano, la cámara fotográfica también pasa a ser un instrumento que extiende la visión en dos sentidos. Por un lado se captan organismos no visibles por observación directa mediante el objetivo de la cámara o incluso en un microscopio y se pueden ampliar en una imagen fija y visible para el ojo humano. Además de los objetos micro es posible observar objetos macro



como los que se encuentran en el universo, que desde nuestra perspectiva se observan distintos o incluso están fuera del alcance de nuestra percepción; pero gracias a la fotografía con ayuda de telescopios nos es posible verlos.

Así mismo, es posible observar con detenimiento fenómenos en movimiento que no son posibles de analizar por observación directa. La fijeza de la fotografía ha permitido realizar estudios sobre fenómenos que han facilitado el progreso en la tecnología; por ejemplo los estudios del movimiento de las máquinas o de armamento militar.

El tercer uso, como *evidencia*, se dio con el descubrimiento de los rayos X; no se sabía de su existencia antes de contar con el descubrimiento de la acción de la luz sobre las sales de plata. Además esto posibilitó los estudios de partículas subatómicas, no podemos verlas pero sabemos que existen porque dejan su huella impresionada en la placa fotográfica.

Durante la exposición de este trabajo en el Coloquio de Alumnos del Posgrado, se nos planteó la pregunta sobre ¿cuál sería la diferencia entre visualización y evidencia? Aparentemente estos dos usos pueden llegar a confundirse y parecer lo mismo; pero si consideramos que al convertirse la fotografía en una muestra visual de algo que se encuentra fuera de nuestra visión, podría considerarse la evidencia de que ese algo existe. El ejemplo que clarifica la diferencia son las placas fotográficas que mencionamos en el párrafo anterior, las cuales registran el movimiento de las partículas subatómicas. Si hablamos de visualización, en este



ejemplo podemos darnos cuenta que no cabe el término pues no estamos visualizando el aspecto físico de las partículas; sin embargo sí es la evidencia de su existencia, pues lo que se registra es el rastro, la huella, el movimiento del objeto fotografiado.

El último uso que abordamos en este trabajo fue aquel concebido para la divulgación científica. Cuando revisamos las características de la ciencia, encontramos que la comunicabilidad es parte importante de su método. Dados los diferentes tipos de comunicación que existen, no podemos pasar inadvertidos los comunicadores visuales. Este es un aspecto en el que encaja muy bien la inter-disciplina; pues en general para los otros usos, las fotografías son hechas por los propios investigadores. Aunque en la mayoría de los casos se requieren conocimientos técnicos de fotografía, también es importante aspectos de diseño como la composición, la forma, la iluminación, el color, etc. Así mismo cuando se trata de comunicación se debe tomar en cuenta el proceso de comunicación para poder construir una imagen adecuada que cumpla esta finalidad. Es por ello que consideramos importante la participación de un comunicador visual como colaborador del científico.

El éxito de una fotografía utilizada o producida con la finalidad de transmitir un mensaje visualmente no está en la imagen impresa o en pantalla que miramos; sino en los procesos de conocimiento perceptual, conocimiento por consenso y conocimiento aprendido, que intervienen previamente a la construcción de la imagen fotográfica. De la misma manera la



lectura correcta de la imagen fotográfica para divulgación depende de la selección de los elementos adecuados para producir el mensaje determinado y particular durante su producción; además de la colocación de la imagen en los medios adecuados que serán aquellos congruentes con su objetivo principal.

Una vez que conocimos los diferentes usos de la fotografía en la ciencia, respondimos a la pregunta sobre la fotografía científica como fuente de información. Un aspecto importante a aclarar fue la diferencia entre verdad y veracidad; mientras que la primera es un valor de conocimiento sobre la realidad de un objeto, la correspondencia entre el objeto y el intelecto humano; la veracidad es una correspondencia entre algo que se dice y quien lo dice. En el caso de la fotografía científica la veracidad es un valor que estará respaldado por las investigaciones del científico. La correspondencia entre lo que dice la imagen y quien lo dice a través de ella es lo que dará el valor de veracidad.

Otro elemento que encontramos en los convencionalismos para obtener información de una fotografía científica, es lo que se conoce como *fotointerpretación*, un término utilizado por investigadores en estudios sobre tipos de suelo en geografía. La fotointerpretación implica una lectura muy particular de la imagen, lo cual quiere decir que hay elementos de información específicos en ella que no cualquiera podría entender sin un conocimiento previo sobre el tema fotografiado. La información es válida para la ciencia siempre y cuando haya una adecuada fotointerpretación. En este sentido pudimos notar que los científicos están conscientes



de la construcción de una imagen fotográfica que cumple una función determinada; así como también tienen en cuenta que hay una intencionalidad en quien lee la imagen.

La investigación teórica aclaró nuestras dudas sobre los procesos fotográficos para objetivos de uso científico. Del mismo modo, realizamos un proyecto práctico que nos permitió descubrir un procedimiento específico para cada tipo de trabajo, incluso si se tienen objetivos similares. Trabajamos en dos laboratorios de investigaciones ópticas, uno de ellos en México y el otro en Estados Unidos.

En el laboratorio de México, LEMO de la UAM Iztapalapa, fotografiamos cristales con propiedades ópticas; estos materiales son investigados con el propósito de conocer sus propiedades ópticas y pueden ser utilizados en tecnologías como los dispositivos de comunicación que en la actualidad se han vuelto de primera necesidad humana. El trabajo en este laboratorio fue constante por la cercanía geográfica y por el acceso al manejo de los materiales siempre y cuando permanecieran dentro del Laboratorio. Lo anterior permitió la experimentación al momento de realizar las fotografías para obtener los mejores resultados posibles y notar las diferencias al trabajar con diferentes equipos, ópticas e incluso técnicas.

Las imágenes finales han causado impacto a quienes son ajenos al Laboratorio y provocan curiosidad por aquellos objetos luminosos en distintas tonalidades de color. Esto puede ser aprovechado para la divulgación del trabajo en el Laboratorio



y despertar el interés de los estudiantes que pueden llegar a ser los futuros investigadores. Además, las fotografías pueden ser utilizadas en las proyecciones de conferencias y seminarios impartidos por el investigador a distintas audiencias. Así mismo pueden ilustrar un artículo de su propia investigación.

En el Laboratorio de Estados Unidos, Alphamicon, el trabajo se redujo a dos sesiones llevadas a cabo durante dos visitas de una semana cada una. Durante las visitas conocimos las instalaciones, el equipo de trabajo y los experimentos que se llevan a cabo. Debido a la distancia, se tuvo que trabajar con un poco de investigación previa sobre fotografía de objetos luminosos para poder captar los experimentos en todo su esplendor. El investigador, en este caso, nos acompañó en todo momento y aclaró todas las dudas que tuviéramos acerca de los materiales, el equipo o el experimento llevado a cabo. Las fotografías resultantes al igual que en LEMO, pueden ser utilizadas en diferentes niveles de comunicación de la ciencia.

De ambas experiencias podemos concluir que tanto en México como en estados Unidos se tiene plena conciencia de la fotografía como una herramienta científica; sin embargo, no hay una diferencia clara establecida entre los usos que mencionamos a lo largo de esta investigación. Es por ello que esperamos contribuir con este trabajo, a la idea que tenemos sobre los roles que desempeña la fotografía en el ámbito científico; quedando abierto el tema como línea de investigación para continuar indagando sobre otros elementos de la fotografía que se relacionen con los

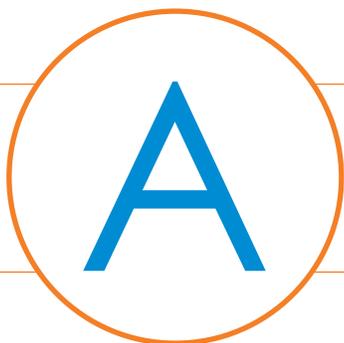


---

## Conclusión

---

usos en el contexto científico o profundizar sobre alguno de los aquí mencionados. Un ejemplo de ello sería proponer un análisis hermenéutico de la fotografía científica a partir de la identificación de ésta dentro de la divulgación científica.



# Anexo 1

Pruebas de Iluminación  
 Negativo de color  
 ISO 200  
 50mm  
 Fondo Negro.

| No. de negativo | Nombre del cristal | f   | V (s) |
|-----------------|--------------------|-----|-------|
| 18              | Vidrio 1           | 5.6 | 1/15  |
| 19              | Vidrio 1           | 3.4 | 1/15  |
| 20              | Vidrio 1           | 8   | 1/15  |
| 21              | Vidrio 2           | 5.6 | 1/15  |
| 22              | Vidrio 2           | 8   | 1/15  |
| 23              | Vidrio 2           | 4   | 1/15  |
| 24              | Vidrio 3           | 4   | 1/15  |
| 25              | Vidrio 3           | 5.6 | 1/15  |
| 26              | Vidrio 3           | 8   | 1/15  |
| 27              | Vidrio 4           | 8   | 1/15  |
| 28              | Vidrio 4           | 5.6 | 1/15  |
| 29              | Vidrio 4           | 4   | 1/15  |
| 30              | CuSPcSiO2          | 4   | 1/15  |
| 31              | CuSPcSiO2          | 5.6 | 1/15  |
| 32              | CuSPcSiO2          | 8   | 1/15  |
| 33              | EuMn               | 8   | 1/8   |
| 34              | EuMn               | 5.6 | 1/8   |
| 35              | EuMn               | 4   | 1/8   |
| 36              | EuMn               | 5.6 | 1/15  |
| 37              | EuMn               | 8   | 1/15  |

Pruebas de Iluminación  
 Negativo de color  
 ISO 400  
 50mm  
 Fondo Negro.  
 1/15 s.

| No.foto | f   | Lentilla | No.foto | f   | Lentilla |
|---------|-----|----------|---------|-----|----------|
| 1       | 4   | 4        | 19      | 4   | 4+1      |
| 2       | 5.6 | 4        | 20      | 5.6 | 4+1      |
| 3       | 8   | 4        | 21      | 8   | 4+1      |
| 4       | 8   | 4+2      | 22      | 8   | 4+2      |
| 5       | 5.6 | 4+2      | 23      | 5.6 | 4+2      |
| 6       | 4   | 4+2      | 24      | 4   | 4+2      |
| 7       | 4   | 4+2      | 25      | 4   | -        |
| 8       | 5.6 | 4+2      | 26      | 5.6 | -        |
| 9       | 8   | 4+2      | 27      | 8   | -        |
| 10      | 8   | 4+2+1    | 28      | 8   | -        |
| 11      | 5.6 | 4+2+1    | 29      | 5.6 | -        |
| 12      | 4   | 4+2+1    | 30      | 4   | -        |
| 13      | 5.6 | 4+2      | 31      | 4   | -        |
| 14      | 4   | 4+2      | 32      | 5.6 | -        |
| 15      | 8   | 4+2      | 33      | 8   | -        |
| 16      | 8   | 4+2+1    | 34      | 8   | -        |
| 17      | 5.6 | 4+2+1    | 35      | 5.6 | -        |
| 18      | 4   | 4+2+1    | 36      | 4   | -        |
|         |     |          |         |     |          |



Rollo 2  
Fondo blanco  
ISO 400  
1/30 s.

| No. exp. | f   | No. exp | f s  |
|----------|-----|---------|------|
| 1        | 4   | 19      | 4    |
| 2        | 5.6 | 20      | 5.6  |
| 3        | 8   | 21      | 8    |
| 4        | 8   | 22      | 8    |
| 5        | 5.6 | 23      | 5.6  |
| 6        | 4   | 24      | 4    |
| 7        | 4   | 25      | 1/30 |
| 8        | 5.6 | 26      | 1/15 |
| 9        | 8   | 27      | 1/8  |
| 10       | 8   | 28      | 1/8  |
| 11       | 5.6 | 29      | 1/15 |
| 12       | 4   | 30      | 1/30 |
| 13       | 4   | 31      | 1/15 |
| 14       | 5.6 | 32      | 1/8  |
| 15       | 8   | 33      | 1/4  |
| 16       | 8   | 34      | 1/60 |
| 17       | 5.6 | 35      | 1/60 |
| 18       | 4   | 36      | 1/60 |

Fondo blanco ISO 400

| No. exp | f   | v    |
|---------|-----|------|
| 1       | 8   | 1/15 |
| 2       | 11  | 1/4  |
| 3       | 11  | 1/4  |
| 4       | 8   | 1/15 |
| 5       | 11  | 1/8  |
| 6       | 5.6 | 1/8  |
| 7       | 5.6 | 1/8  |
| 8       | 11  | 1/8  |
| 9       | 11  | 1/8  |
| 10      | 5.6 | 1/8  |
| 11      | 5.6 | 1/8  |
| 12      | 11  | 1/8  |
| 13      | 11  | 1/8  |
| 14      | 5.6 | 1/8  |
| 15      | 5.6 | 1/8  |
| 16      | 11  | 1/8  |
| 17      | 11  | 1/8  |
| 18      | 5.6 | 1/8  |
| 19      | 5.6 | 1/8  |
| 20      | 11  | 1/8  |
| 21      | 11  | 1/8  |
| 22      | 5.6 | 1/8  |
| 23      | 5.6 | 1/8  |
| 24      | 11  | 1/8  |
| 25      | 11  | 1/8  |
| 26      | 5.6 | 1/8  |
| 27      | 5.6 | 1/8  |
| 28      | 8   | 1/8  |
| 29      | 11  | 1/8  |
| 30      | 5.6 | 1/8  |
| 31      | 8   | 1/8  |
| 32      | 11  | 1/8  |
| 33      | 5.6 | 1/8  |
| 34      | 8   | 1/8  |
| 35      | 11  | 1/8  |
| 36      | 5.6 | 1/8  |

Fondo traslúcido ISO 400

| No. exp | f   | v     |
|---------|-----|-------|
| 1       | 5.6 | 1/8   |
| 2       | 8   | 1/8   |
| 3       | 11  | 1/8   |
| 4       | 5.6 | 1/8   |
| 5       | 8   | 1/8   |
| 6       | 11  | 1/8   |
| 7       | 5.6 | 1/8   |
| 8       | 11  | 1/8   |
| 9       | 11  | 1/8   |
| 10      | 5.6 | 1/8   |
| 11      | 5.6 | 1/8   |
| 12      | 11  | 1/8   |
| 13      | 11  | 1/8   |
| 14      | 5.6 | 1/8   |
| 15      | 5.6 | 1/8   |
| 16      | 11  | 1/8   |
| 17      | 11  | 1/8   |
| 18      | 5.6 | 1/8   |
| 19      | 5.6 | 1/8   |
| 20      | 11  | 1/8   |
| 21      | 11  | 1/8   |
| 22      | 5.6 | 1/8   |
| 23      | 5.6 | 1/8   |
| 24      | 11  | 1/8   |
| 25      | 11  | 1/8   |
| 26      | 5.6 | 1/8   |
| 27      | 5.6 | 1/8   |
| 28      | 8   | 1/8   |
| 29      | 11  | 1/8   |
| 30      | 5.6 | 1/8   |
| 31      | 8   | 1/60  |
| 32      | 11  | 1/30  |
| 33      | 5.6 | 1/15  |
| 34      | 8   | 1/60  |
| 35      | 11  | 1/125 |
| 36      | 5.6 | 1/125 |

Fotoactivados / f11

| No. exp | v     | Nombre                            |
|---------|-------|-----------------------------------|
| 1       | 5s    | vidrio 1                          |
| 2       | 5s    | vidrio 2                          |
| 3       | 7s    | vidrio 3                          |
| 4       | 5s    | vidrio 4                          |
| 5       | 6s    | CuSPcSiO <sub>2</sub>             |
| 6       | 3s    | NaCl                              |
| 7       | 4s    | Eu-Mn                             |
| 8       | 5s    | NaCl 04                           |
| 9       | 2s    | Eu L <sup>+</sup>                 |
| 10      | 3s    | EuMn                              |
| 11      | 1s    | Am NaCl 02                        |
| 12      | 1s    | verde X-1                         |
| 13      | 1s    | verde amarillo                    |
| 14      | 3.5s  | SiO <sub>2</sub> Nd <sup>3+</sup> |
| 15      | 3s    | vidrio 1                          |
| 16      | 6s    | vidrio 1                          |
| 17      | 6s    | vidrio 1                          |
| 18      | 7s    | vidrio 2                          |
| 19      | 3s    | vidrio 3                          |
| 20      | 10s   | vidrio 3                          |
| 21      | 6s    | vidrio 4                          |
| 22      | 1/30s | vidrio 1                          |
| 23      | 1/15s | vidrio 1                          |
| 24      | 1/15s | vidrio 2                          |
| 25      | 1/60s | vidrio 3                          |
| 26      | 1/30s | vidrio 4                          |
| 27      | 1/30s |                                   |
| 28      | 1/60s |                                   |
| 29      | 1/60s |                                   |
| 30      | 1/60s |                                   |
| 31      | 1/30  |                                   |
| 32      | 1/30s |                                   |
| 33      | 1/60  |                                   |
| 34      | 1/30s |                                   |
| 35      | 1/60  |                                   |
| 36      | 1/8s  |                                   |
| 37      | 1/30  |                                   |



Digital. Nikon D300s. Macro 105 mm.

| Nombre                | f  | V      |
|-----------------------|----|--------|
| Vidrio 1              | 22 | 1/125s |
|                       | 36 | 1/125s |
|                       | 36 | 1/60s  |
|                       | 36 | 1/25s  |
|                       | 36 | 1/15s  |
|                       | 36 | 1/15s  |
|                       | 36 | 1/8s   |
| Vidrio 2              | 36 | 1/8s   |
|                       | 36 | 1/8s   |
|                       | 36 | 1/8s   |
| Vidrio 3              | 36 | 1/8s   |
|                       | 36 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/2s   |
| Vidrio 4              | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
| CuSPcSiO <sub>2</sub> | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
| Eu-Mn                 | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
| NaClMnU               | 40 | 1/8s   |
|                       | 40 | 1/8s   |
| Eu L <sup>+</sup>     | 40 | 1/8s   |

| Nombre                            | f  | V      |
|-----------------------------------|----|--------|
| Eu L <sup>+</sup>                 | 40 | 1/30s  |
|                                   | 22 | 1/60s  |
|                                   | 22 | 1/250s |
|                                   | 32 | 1/250s |
| EuMn                              | 32 | 1/250s |
|                                   | 32 | 1/250s |
|                                   | 22 | 1/60s  |
|                                   | 45 | 1/8s   |
|                                   | 51 | 1/8s   |
|                                   | 45 | 1/2s   |
|                                   | 45 | 1/8s   |
| X-1                               | 36 | 1/15s  |
|                                   | 36 | 1/60s  |
|                                   | 36 | 1/60s  |
| Blanco-az                         | 30 | 1/60s  |
|                                   | 51 | 1/60s  |
|                                   | 36 | 1/15s  |
|                                   | 32 | 1/15s  |
| KBr:Sn:Mn                         | 32 | 1/15s  |
|                                   | 32 | 1/15s  |
| SiO <sub>2</sub> Nd <sup>3+</sup> | 32 | 1/15s  |
|                                   | 16 | 1/15s  |
|                                   | 16 | 1/60s  |
|                                   | 22 | 1/60s  |
|                                   | 22 | 1/60s  |

Digital. Nikon D300s. Macro 105 mm. 21-IV-2010

|                                   |     |     |       |
|-----------------------------------|-----|-----|-------|
| Vidrio 1                          | f16 | 1s  | 358nm |
|                                   | f22 | 8s  | 385nm |
| Vidrio 2                          | f22 | 8s  | 385nm |
|                                   | f22 | 2s  | 385nm |
|                                   | f22 | 4s  | 385nm |
| Vidrio 3                          | f22 | 4s  | 390nm |
|                                   | f22 | 8s  | 390nm |
| Vidrio 4                          | f22 | 8s  | 395nm |
|                                   | f22 | 4s  | 395nm |
|                                   | f22 | 6s  | 395nm |
| CuSPc                             | f22 | 8s  | 390nm |
|                                   | f22 | 30s | 390nm |
|                                   | f22 | 30s | 383nm |
|                                   | f22 | 1s  | 383nm |
| NaCl 04                           | f22 | 1s  | 339nm |
|                                   | f22 | 30s | 339nm |
|                                   | f22 | 8s  | 339nm |
|                                   | f22 | 15s | 339nm |
|                                   | f16 | 30s | 339nm |
|                                   | f16 | 15s | 339nm |
| NaClMnU                           | f16 | 30s | 344nm |
|                                   | f16 | 15s | 344nm |
| Eu L <sup>+</sup>                 | f16 | 8s  | 373nm |
|                                   | f16 | 2s  | 373nm |
|                                   | f16 | 1s  | 373nm |
| EuMn                              | f16 | 4s  | 355nm |
|                                   | f22 | 8s  | 355nm |
| X-1                               | f22 | 8s  | 376nm |
|                                   | f22 | 2s  | 376nm |
|                                   | f22 | 1s  | 376nm |
| NaCl 02                           | f22 | 1s  | 379nm |
|                                   | f22 | 15s | 379nm |
| KBr:Sn:Mn                         | f22 | 15s | 305nm |
|                                   | f22 | 30s | 305nm |
|                                   | f16 | 15s | 305nm |
| SiO <sub>2</sub> Nd <sup>3+</sup> | f16 | 15s | 385nm |
|                                   | f11 | 15s | 385nm |



Digital. Nikon D300s. Macro 105 mm.

|                   |     |     |       |
|-------------------|-----|-----|-------|
| Vidrio 3          | f22 | 15s | 380nm |
|                   | f22 | 30s | 380nm |
|                   | f22 | 30s | 350nm |
| Vidrio 4          | f32 | 30s | 370nm |
|                   | f22 | 30s | 370nm |
|                   | f16 | 30s | 370nm |
| EuMn              | f22 | 30s | 349nm |
| NaCl 04           | f32 | 1s  | 340nm |
|                   | f32 | 30s | 340nm |
|                   | f32 | 30s | 340nm |
| NaClMnU           | f32 | 30s | 342nm |
|                   | f32 | 30s | 342nm |
|                   | f32 | 30s | 342nm |
|                   | f22 | 30s | 336nm |
|                   | f16 | 30s | 336nm |
|                   | f16 | 30s | 336nm |
| Eu L <sup>+</sup> | f16 | 8s  | 380nm |
|                   | f16 | 4s  | 380nm |
|                   | f16 | 2s  | 380nm |
| EuMn              | f16 | 4s  | 337nm |
|                   | f22 | 15s | 337nm |
|                   | f40 | 15s | 337nm |
|                   | f40 | 30s | 337nm |
|                   | f40 | 30s | 337nm |
| X-1               | f16 | 4s  | 385nm |
|                   | f16 | 4s  | 385nm |
|                   | f16 | 2s  | 385nm |
|                   | f16 | 3s  | 385nm |
|                   | f22 | 15s | 385nm |
| NaClMnU           | f22 | 15s | 374nm |
|                   | f16 | 30s | 374nm |
|                   | f16 | 30s | 374nm |
|                   |     |     |       |

Digital. Nikon D300s. Macro 105 mm. 12-V-2010 Fondo gris

|                                   |     |        |         |
|-----------------------------------|-----|--------|---------|
| Vidrio 1                          | f32 | 1/8s   | difusor |
|                                   | f32 | 1s     | difusor |
|                                   | f16 | 1/2s   | difusor |
| Vidrio 2                          | f16 | 1/2s   | difusor |
| Vidrio 3                          | f16 | 1/2s   | difusor |
| CuSPc                             | f16 | 1/2s   | difusor |
| NaCl 04                           | f16 | 1/2s   | difusor |
|                                   | f32 | 1/8s   | directa |
|                                   | f32 | 1/4s   | directa |
|                                   | f22 | 1/4s   | directa |
| NaClMnU                           | f22 | 1/4s   | directa |
|                                   | f22 | 1/4s   | directa |
|                                   | f32 | 1/2s   | directa |
|                                   | f32 | 1/4s   | directa |
| X-1                               | f22 | 1/4s   | directa |
|                                   | f22 | 1/4s   | directa |
|                                   | f22 | 1/4s   | directa |
|                                   | f22 | 1/8s   | directa |
|                                   | f16 | 1/30s  | directa |
|                                   | f22 | 1/250s | directa |
|                                   | f45 | 1/250s | directa |
| EuMn                              | f45 | 1/30s  | directa |
|                                   | f45 | 1/15s  | directa |
| Eu L <sup>+</sup>                 | f45 | 1/15s  | directa |
|                                   | f32 | 1/15s  | difusor |
|                                   | f22 | 1/15s  | difusor |
| X-1                               | f22 | 1/15s  | difusor |
| NaCl 02                           | f22 | 1/15s  | difusor |
|                                   | f45 | 1/8s   | difusor |
|                                   | f32 | 1/8s   | difusor |
| KBr:Sn:Mn                         | f32 | 1/8s   | difusor |
|                                   | f45 | 1/4s   | difusor |
|                                   | f32 | 1/4s   | difusor |
|                                   | f22 | 1/4s   | difusor |
|                                   | f22 | 1/4s   | difusor |
| SiO <sub>2</sub> Nd <sup>3+</sup> | f22 | 1/4s   | difusor |

# A

## Anexo 2



Las fotografías presentadas en este apartado fueron tomadas en el Laboratorio de Fenómenos Colectivos a cargo de la Física Estela Margarita Puente Leos, en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La primera serie (esta página y la siguiente) muestra el fenómeno de tensión superficial.



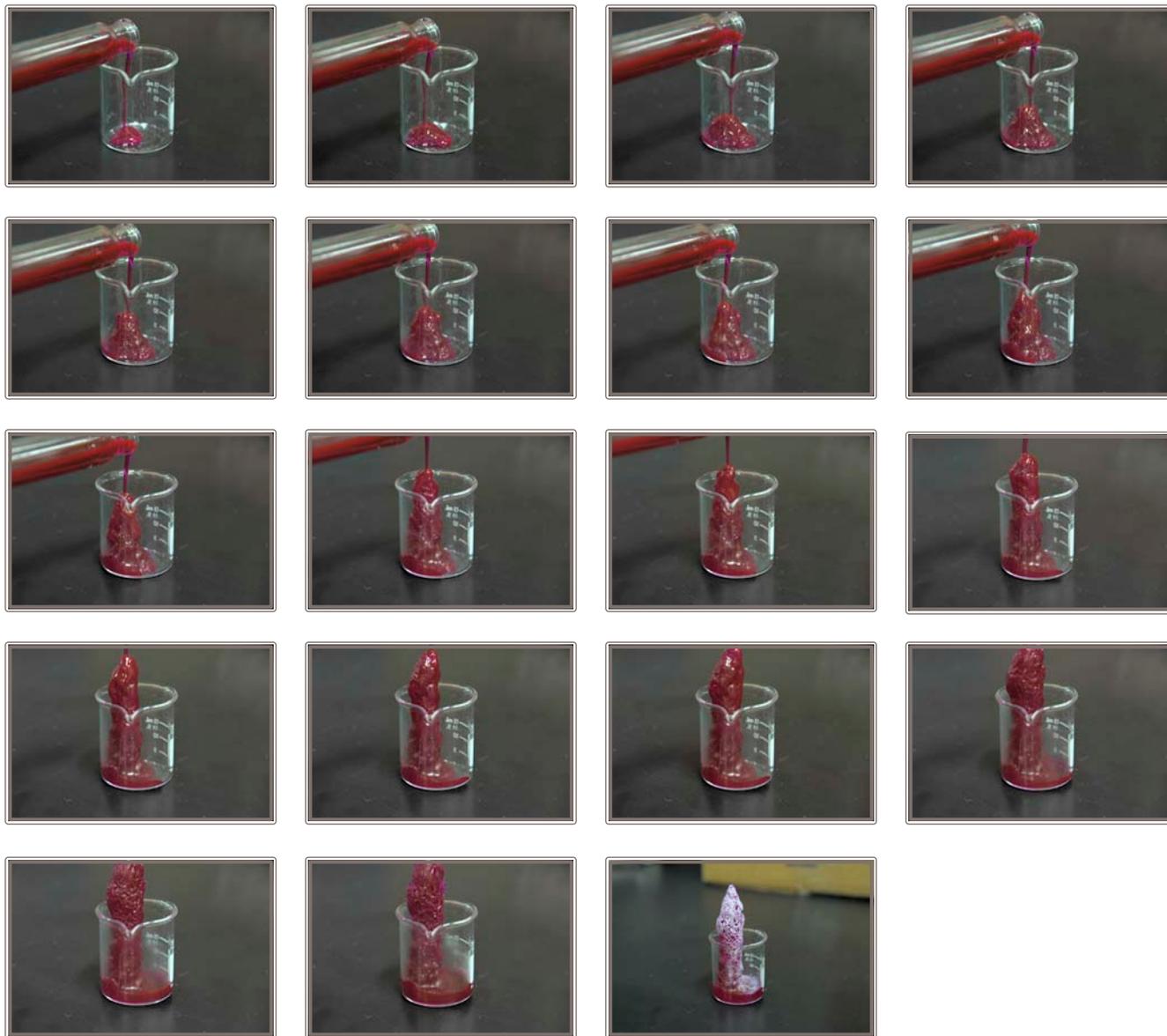
El experimento consiste en vaciar leche en un recipiente, posteriormente se vierten gotas de diferentes colorantes vegetales que permanecen en la superficie formando la tensión superficial. Finalmente se deja caer una gota de jabón para romper la tensión superficial, lo que hace que los colorantes se extiendan hacia los extremos del recipiente.



La segunda serie (página 143) muestra una placa bimetálica que cuenta con dos metales de distinto coeficiente de dilatación térmica. Al colocarla cerca de la flama de un mechero, la placa se curva hacia el metal que dilata menos con el calor.







Finalmente la tercera serie (arriba), muestra un fenómeno térmico en el que el material conocido como Acetato de Sodio pasa de un estado líquido a un estado sólido con sólo vaciarlo de un recipiente a otro. El Acetato de Sodio a temperatura ambiente es sólido y su estado es estable, se modifica su estado a uno metaestable calentándolo lentamente y enfriándolo lentamente para que al producirse una alteración como el movimiento del cambio de recipiente vuelva a su estado estable. Estas tres series de fotografías pueden ser útiles en la divulgación al explicar los fenómenos que se visualizan en las imágenes.

# B

## Bibliografía

1. ACHA, Juan. *Las culturas estéticas de América Latina (Reflexiones)*. UNAM. México, 1993.
2. BARTHES, Roland. *La cámara lúcida*. Paidós. España. 2009.
3. BUNGE, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. Ediciones Siglo Veinte. Nueva Imagen. México, D.F., 2000.
4. CALVO Hernando, Manuel. *Periodismo científico*. Ed. Parannfo. Madrid España, 1977.
5. CHEVRIER, Jean-François. *La fotografía entre las bellas artes y los medios de comunicación*. Gustavo Gili. Barcelona, 2007.
6. CURTIS, L. F. *Soil mapping from the air*. Cruise, J. y Newman A. *Photographic techniques in scientific research*. Academic Press London-New York. 1973.
7. DE GALIANA, Mingot Tomás. *Gran Diccionario de las Ciencias en Color*. Larousse. Tomo 2. Barcelona España, 1987.
8. DÍAZ, José Luis. *El ábaco la lira y la rosa. Las regiones del conocimiento*. Fondo de Cultura Económica. Col. La ciencia para todos No. 152. México, D. F., 1997
9. DUBOIS, Philippe. *El acto fotográfico. De la representación a la recepción*. Paidós. España. 1986.
10. FERRATER, Mora José. *Diccionario de Filosofía*. Tomo I, II y IV. Alianza Editorial. Madrid, 1979. 3ª ed. Barcelona, España.
11. FLUSSER, Vilem. *Hacia una filosofía de la fotografía*. 1ª ed. Trillas. México, 1990.
12. FONTCUBERTA, Joan. *Fotografía: Conceptos y procedimientos, una propuesta metodológica*. Ed. Gustavo



- Gili. Barcelona, 1990.
13. FONTCUBERTA, Joan. *Ciencia Fricción: Fotografía, naturaleza, artefacto*. Mestizo A. C. Murcia, España, 1998.
  14. GEORGE, J. David. *Photography of living marine animals*. Cruise, J. y Newman A. Photographic techniques in scientific research. Academic Press London-New York. 1973.
  15. GONZALEZ Ochoa, César. *Apuntes para la representación*. Instituto de Investigaciones Filológicas. UNAM. México, D.F., 1997.
  16. GUEGUZIN, Ya. E. *el cristal vivo*. Col. Ciencia popular.
  17. HELGUERA, María. *¿Qué información podemos obtener de imágenes médicas?* Elke, Köppen. *Imágenes en la ciencia. La ciencia en imágenes*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. Colección Debate y reflexión. México, 2009.
  18. KEDROV, B. y Spirkin, A. *Qué es la ciencia*. Ed. Quinto Sol, S. A. México, 1998.
  19. KÖPPEN, Elke. *Imágenes científicas en la era digital: ¿Es su belleza sólo un producto colateral?* *Imágenes en la Ciencia, la Ciencia en Imágenes*.
  20. MARZAL Fellici, Javier. *Cómo se lee una fotografía: Interpretaciones de la mirada*. Cátedra. Madrid. 2008.
  21. MC LUHAN, Marshall. *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*. Ed. Diana. México, 1975
  22. NEWHALL, Beaumont. *Historia de la fotografía*. 2ª ed. 3ª tirada. Gustavo Gili. Barcelona, España 2006.
  23. SHERWOOD, Martin y Sutton Christine. *Materia y Energía*. Enciclopedia Futuro Ciencia. Tomo 4. Ediciones Grijalbo, S. A. Barcelona, 1990.
  24. SACHS-HOMBACH, Klaus. *La imagen en el contexto científico. Algunas notas desde una perspectiva filosófica*. En *Imágenes en la ciencia. La ciencia en las imágenes*, ed. Elke Köppen, 13-23. UNAM, Centro de Investigaciones



- Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. México, 2009.
25. SICARD, Monique. *Entre ciencia y arte. La confusión de los géneros en fotografía*. Gustavo Gili. Barcelona, 2004.
  26. SONTAG, Susan. *Sobre la fotografía*. Alfaguara. México. 2006.
  27. ROQUE, Georges. *¿Qué onda? La abstracción en el arte y la ciencia. Arte y ciencia. XXIV Coloquio Internacional de Historia del Arte*. UNAM. Instituto de Investigaciones Estéticas. México, 2002.
  28. WECHSLER, Judith. *La Estética de la Ciencia*. Fondo de Cultura Económica. Brevarios. 1a ed. Español. México, 1982.
  29. YOUNG, Hugh D. *University Physics. Extended Versión with modern physics*. Addison-Wesley Publishing Company. USA, 1992.
  30. ZAMORA Águila, Fernando. *Filosofía de la imagen. Lenguaje, imagen y representación*. UNAM. Escuela Nacional de Artes Plásticas. México, 2008.

### REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- <http://laradioenmexico.mx/radioguia2/resultados.php?categoría%5B%5D=9>
- OLMEDO Estrada, Juan Carlos. *La oferta de divulgación televisiva en la Ciudad de México. Entre la ciencia y el espectáculo*. ITESM, Campus Ciudad de México. [http://www.dgdc.unam.mx/cienciapublica/Assets/pdfs/ponencia\\_olmedo.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/cienciapublica/Assets/pdfs/ponencia_olmedo.pdf).
- CANCELA, Juan. *Fotografía y ciencia. Los inicios de la fotografía en la ciencia*. <http://www.euskonews.com/0161zbnk/gaia16103es.html>  
Facultad de Químicas. San Sebastián. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. "nd"
- NOBEL LECTURES, *Physics 1901-1921*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1901/rontgen-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1901/rontgen-bio.html) MLA style: "Wilhelm Conrad Röntgen - Biography". Nobelprize.org. 5 Oct 2011



- Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española. [http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=evidencia](http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=evidencia)
- <http://www.alphamicron.com/company/introduction.html>
- <http://www.perkinelmer.com.ar/productos/fluorometrointernet.htm>

### **REFERENCIAS ELECTRÓNICAS DE LAS IMÁGENES TOMADAS DE INTERNET**

NEWTON: <http://talklikeaphysicist.com/wp-content/uploads/2008/06/image-186.jpg>

DESCARTES: <http://asterion.almadark.com/2011/01/05/discurso-del-metodo/>

COPERNICO: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/De\\_revolutionibus\\_orbium\\_coelestium.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/De_revolutionibus_orbium_coelestium.jpg)

VESALIO: <http://www.bl.uk/learning/images/bodies/large1705.html>

[gallica.bn.fr/Institut de France. Académie des sciences](http://gallica.bn.fr/Institut%20de%20France.Academie%20des%20sciences)  
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5489696x/f3.highres>

Recorte de las páginas 8 y 9 del suplemento El Zoco del periódico Diario Córdoba publicado el domingo 26 de abril de 2009. Pincha en la imagen para ver el fichero con mayor calidad. Crédito de la imagen de Fomalhaut, NASA, ESA, P. Kalas, J. Graham, E. Chiang, E. Kite (Univ. California, Berkeley), M. Clampin (NASA/Goddard), M. Fitzgerald (Lawrence Livermore NL), K. Stapelfeldt, J. Krist (NASA/JPL)

Portada de la revista de divulgación ¿cómo ves? UNAM.  
<http://www.revistas.unam.mx/>  
<http://www.comoves.unam.mx/portada.html>  
[http://clasesenblog2.files.wordpress.com/2010/02/portada\\_135.jpg](http://clasesenblog2.files.wordpress.com/2010/02/portada_135.jpg)

Portada de la revista Scientific American  
[http://www.eximagen.es/graphic/images/2009/April/07/4822\\_49DB48D5.jpg](http://www.eximagen.es/graphic/images/2009/April/07/4822_49DB48D5.jpg)

Portada de Libro de texto nivel básico 2do de



secundaria. <http://www.santillana.com.mx/libro.php?ean=9789702918233>

Recorte de las páginas centrales (8 y 9) del suplemento El Zoco de Diario Córdoba en su edición del domingo 12 de diciembre de 2010. <http://angelrls.blogalia.com/historias/68806>

HUBBLE. <http://hubblesite.org/gallery/wallpaper/>

Nacimiento de una estrella. Jim Flood (Amateur Astronomers Inc., Sperry Observatory), Max Mutchler (STScI).

Nebulosa de la burbuja. Credit: NASA, Donald Walter (South Carolina State University), Paul Scowen and Brian Moore (Arizona State University). Research Team: Donald Walter (South Carolina State University), Paul Scowen, Jeff Hester, Brian Moore (Arizona State University), Reggie Dufour, Patrick Hartigan and Brent Buckalew (Rice University).

Funding: Space Telescope Science Institute, NASA MUSPIN and NASA URC. Imágenes que explican el filtraje en hubble [http://hubblesite.org/gallery/behind\\_the\\_pictures/meaning\\_of\\_color/tool.php](http://hubblesite.org/gallery/behind_the_pictures/meaning_of_color/tool.php)

### **REFERENCIA DE IMÁGENES**

Las imágenes que no cuentan con la referencia al pie de foto fueron tomadas junto con el pie de foto de la enciclopedia Futuro Ciencia de la Editorial Grijalbo. Tomos 1-4. Barcelona, España. 1990.