



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

LA MACROFOTOGRAFÍA COMO VEHÍCULO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CARNE PORCINA A BAJAS TEMPERATURAS

TESIS

Que para obtener el título de:

LICENCIADO EN DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL

Presentan:

DANIELA CORREA PORRAS

EDGAR IVANOVICH SALAS TREJO

Asesor: L.D.G. Osvaldo Archundia Gutiérrez

Coasesor: M. en C. Rosalía Meléndez Pérez

Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 2010



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

La macrofotografía como vehículo para el análisis estructural
de carne porcina a bajas temperaturas.

que presenta la pasante: Daniela Correa Porras
con número de cuenta: 301169495 para obtener el título de :
Licenciada en Diseño y Comunicación Visual.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de abril de 2010

PRESIDENTE LDG. Edgar Osvaldo Archundia Gutiérrez

VOCAL LDG. Aurora Muñoz Bonilla

SECRETARIO LDCG. José Luis Tobias Carranza

PRIMER SUPLENTE MDG. Luis David Miranda Tapia

SEGUNDO SUPLENTE LDCV. José Alejandro Vázquez Reyes



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

La macrofotografía como vehículo para el análisis estructural
de carne porcina a bajas temperaturas.

que presenta el pasante: Edgar Ivanovich Salas Trejo
con número de cuenta: 301008273 para obtener el título de :
Licenciado en Diseño y Comunicación Visual

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de abril de 2010

PRESIDENTE LDG. Edgar Osvaldo Archundia Gutiérrez

VOCAL LDG. Aurora Muñoz Bonilla

SECRETARIO LDCG. José Luis Tobias Carranza

PRIMER SUPLENTE MDG. Luis David Miranda Tapia

SEGUNDO SUPLENTE LDCV. José Alejandro Vázquez Reyes

Agradecimientos

A nuestros padres y familiares que incondicionalmente nos han brindado su apoyo para consumir esta tesis.

A nuestros profesores y compañeros con gratitud y respeto.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por las facilidades en el uso del equipo requerido para la congelación.

A Edgar Osvaldo Archundia Gutiérrez y a los sinodales por sus atinadas sugerencias en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. José Luis Arjona Román y a la M. en C. Rosalía Meléndez Pérez, quienes con sus sugerencias y correcciones hicieron que la presentación de éste trabajo sea lo que es.

Al proyecto PAPIIT No. IN204506-2 bajo la dirección del Dr. José Luis Arjona Román y co-responsable la M. en C. Rosalía Meléndez Pérez, <<Evaluación de Propiedades termodinámicas de materiales alimentarios por Calorimetría Diferencial de Barrido Modulada (MDSC) a bajas temperaturas>>, que nos brindó el apoyo económico para llevar a cabo el trabajo.

La fotografía es más que un medio para la comunicación efectiva de ideas. Es un arte creativo.

La fotografía es más que un medio para la comunicación efectiva de ideas. Es un arte creativo.

Una fotografía no se toma, se hace.

Una fotografía no se toma, se hace.

La Macrofotografía

como vehículo para
el análisis estructural
de carne porcina a
bajas temperaturas

es un método de análisis
estructural que se utiliza
para estudiar el comportamiento
de los materiales a bajas
temperaturas.

VI	PRÓLOGO
VII	INTRODUCCIÓN
IX	RESUMEN

10 **CAPÍTULO 1 FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA**

11	1.1. ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAFÍA
12	1.1.1 GRANDES PERSONAJES DE LA FOTOGRAFÍA
18	1.2. CONCEPTO DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA (F.C.)
18	1.2.1 ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA
24	1.2.2 IMPORTANCIA Y APLICACIONES DE LA F.C.
25	1.2.3 TIPOS DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA
28	1.2.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE LA F.C.
28	1.2.4.1 TÉCNICAS DE LA F.C.
36	1.2.4.2 PROCEDIMIENTOS DE LA F.C.
36	A. PROCEDIMIENTOS CON LUZ NO VISIBLE
40	B. PROCEDIMIENTO CON LUZ VISIBLE
45	1.3. EL ESTUDIO DE LA IMAGEN, IMAGENOLOGÍA
49	1.3.1 MÉTODOS DE MEDIDA DEL COLOR
51	REFERENCIAS

53 **CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS DEL PROYECTO PAPIIT No. IN204506-2**

54	2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO PAPIIT
55	2.1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO PAPIIT
56	2.1.2. HIPÓTESIS GENERAL DEL PROYECTO PAPIIT
57	2.2. LA CARNE
57	2.2.1. DEFINICIÓN DE CARNE
58	2.2.2. COMPOSICIÓN DE LA CARNE
59	2.2.3. EL COLOR EN LA CARNE
61	2.2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE
62	2.2.4.1. EFECTO DE VARIABLES SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE
65	2.3. ANTECEDENTES DE LA CONGELACIÓN
66	2.3.1. MÉTODOS DE CONGELACIÓN
68	2.3.2. EFECTO DE LA CONGELACIÓN EN LA CARNE
71	REFERENCIAS

72	CAPÍTULO 3 FUNDAMENTOS Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO
73	3.1. OBJETIVO GENERAL
73	3.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
74	3.2. HIPÓTESIS
75	3.3. METODOLOGÍA DE BERND LÖBACH
75	3.3.1. FASE 1: PREPARACIÓN O ANÁLISIS DEL PROBLEMA
77	3.3.2. FASE 2: SOLUCIÓN AL PROBLEMA
80	3.3.3. FASE 3: VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES DEL PROBLEMA
80	3.3.4. FASE 4: REALIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA
86	3.4. RESULTADOS
114	3.5. CONCLUSIONES
116	3.6. RECOMENDACIONES
117	REFERENCIAS

118	GLOSARIO
122	BIBLIOGRAFÍA

Pró- lo- go

“Uno de los prejuicios más arraigados con respecto a la ciencia es que se trata de una actividad mecánica rutinaria. Que está sujeta a un método rígido —incluso se enseña en la escuela: observación, hipótesis, experimentación...— y que es llevada a cabo por individuos aburridos, distraídos y enajenados. Los típicos ‘nerds’.

Es raro encontrar que alguien relacione el adjetivo ‘creativo’ con la ciencia. Creativos, se piensa, son pintores, poetas, escritores... Y es cierto: los artistas crean, a partir de su imaginación y su destreza, cosas que anteriormente no existían en el mundo. Y para hacerlo gozan de una libertad prácticamente absoluta, limitada sólo por las posibilidades de su medio de expresión —instrumentos musicales; pinceles y pigmentos; el lenguaje mismo— y por su entorno social (pues hay obras de arte que son rechazadas, censuradas o incluso destruidas por ciertas sociedades... incluida la nuestra).

Pero, por sorprendente que parezca, los científicos también son creativos. Tienen que serlo: de otra manera no podrían ser científicos. Su creatividad se presenta de muchas maneras, y se requiere para las más diversas tareas. La más importante es concebir explicaciones coherentes y plausibles para los fenómenos que estudian. Pero luego tienen que ser capaces de inventar formas de poner a prueba estas explicaciones: confrontarlas con la realidad, por medio de experimentos, observaciones, análisis o simulaciones, para saber si la describen adecuadamente, o si hay que desecharlas, inventar nuevas explicaciones y probar de nuevo.

Finalmente, los científicos muchas veces tienen que inventar los instrumentos que les permitan realizar los experimentos, observaciones o análisis que imaginaron. Mucha tecnología moderna surgió a partir de la creatividad de un científico que quería hacer un experimento para el que no existía el aparato necesario.

Quizá lo que más distingue a la creatividad científica de los artistas es el mayor número de limitaciones que enfrenta. Los científicos, como los artistas, encuentran obstáculos técnicos y sociales para realizar su labor. Hay instrumentos científicos que no pueden construirse o no con la precisión que sería deseable. Otros, cuya construcción resulta demasiado cara. Y hay experimentos que no pueden realizarse por razones éticas, legales, ideológicas... Pero el obstáculo más grande para la creatividad científica es la realidad misma. Mientras que el artista puede inventar mundos nuevos, el científico se encuentra siempre, en último término, obligado a ceñirse al mundo real.

Y sin embargo, al final, arte y ciencia se relacionan con la realidad: ambos buscan describirla, explicarla y darle sentido. Sólo que lo hacen por distintos caminos creativos.”¹

In- tro- duc- ción

La fotografía desde sus orígenes, es un tema que ha apasionado tanto a aficionados como a grandes personajes ilustres a través de la historia. Ésta, además de ser considerada una técnica, es un lenguaje de representación visual y ha sido capaz de abarcar casi todos los campos de estudio de la humanidad, gracias a su versatilidad, elasticidad y dinamismo, podemos encontrarla en el arte para capturar el alma del artista, en el periodismo para congelar y registrar la realidad, o en la ciencia como método de estudio, solo por mencionar algunos. Este último punto conllevó a la interacción entre la Licenciatura de Diseño y Comunicación Visual y la Ingeniería en Alimentos, lo que resultó en la creación de este proyecto de tesis, donde gracias al aporte cognitivo de ambas carreras, se logró un nuevo enfoque multidisciplinario en el campo investigativo del área de productos cárnicos.

La investigación inició con la creación del proyecto PAPIIT No. IN204506-2 en la carrera de Ingeniería en Alimentos, donde el interés por éste, radica en el análisis de propiedades termodinámicas por calorimetría diferencial de barrido modulado (MDSC) en los productos cárnicos principalmente, así como en el descubrimiento de daños estructurales en los mismos, causados por efecto de la congelación por convección forzada. De igual forma busca averiguar métodos frigoríficos alternativos que eviten estas lesiones, para que el producto tenga la capacidad de llegar al consumidor con una calidad similar a la carne fresca, sin repercusión de pérdidas nutrimentales, que se desechan en los jugos exudativos de la carne al ser congelada.

La necesidad de los responsables del proyecto PAPIIT de registrar el proceso de congelación de la carne, así como de incursionar en áreas del Diseño como lo son la fotografía, la iluminación y el procesamiento de imágenes, formó un grupo multidisciplinario de Ingenieros y Diseñadores con el cual poder afrontar los desafíos y problemas de este nuevo planteamiento.

Para los propósitos de esta tesis, se recurrió a la fotografía científica de laboratorio, siendo ésta y su análisis el objetivo principal de la misma. Así, se tiene que, la fotografía científica es una técnica muy recurrida desde el siglo pasado y que asiste al investigador como medio para observar, indagar, desarrollar, explicar, apoyar, demostrar, analizar e incluso validar variados temas, siendo una parte fundamental para el estudio en curso. Su principal característica se basa en ser multifacética, al igual que es capaz de regirse por una metodología respaldada que la convierte en un medio de objetividad.

La utilización de una metodología de Diseño demuestra la versatilidad que tiene el Licenciado en Comunicación Visual para adaptarse plenamente a quehaceres con fines científicos, no sólo en la realización de la toma fotográfica sino también en los procesos de análisis de la imagen (de cortes de carne porcina *Longísimus dorsi*), distintos a los comúnmente realizados por este profesionista, sin olvidar ni menoscabar la experiencia que esto implica.

La contribución de la carrera de Ingeniería en Alimentos, se encuentra en la orientación de la implementación de métodos estadísticos sobre los parámetros que fueron extraídos del análisis de la imagen mencionado, en el apoyo del material y equipo empleado para la congelación y medición de la temperatura de la carne, así como en el asesoramiento teórico-práctico relacionado con el desarrollo del presente trabajo de tesis.

La finalidad del presente trabajo, es la de coadyuvar activamente en el área de imagen, es decir, desde la producción hasta el análisis de la misma, considerando éstas, como una parte enriquecedora y esencial para fundamentar los resultados obtenidos en el proyecto PAPIIT (al inicio del Capítulo 2, se abordan temas inherentes al entendimiento del objetivo de su realización), así como, para comprobar la hipótesis del proyecto de Diseño (descrita en el punto 3.2).

Re- su- men

La ciencia es la madre de la fotografía, ella la creó, la crió y la desarrolló, la convirtió en lo que es ahora, por lo tanto, es justo retribuir el favor. Desde sus inicios la fotografía ha sido una herramienta fundamental para grandes hallazgos, en especial en la Física, Biología, Matemáticas, Astronomía y Química como el descubrimiento de las sales de plata como material fotosensible y de la radiactividad. Es por ello que esta técnica asiste fielmente a la ciencia, y es en nuestro caso, la colaboración mutua entre Diseño y Comunicación Visual e Ingeniería en Alimentos lo que se plantea en esta tesis.

A lo largo del Capítulo 1 se menciona el origen de la fotografía, sus diversas técnicas, procedimientos y aplicaciones, los cuales nos llevan a explorar ámbitos tan diversos como apreciar una simple flor de algún rincón del mundo, hasta la complejidad de una galaxia a miles de años luz de nuestra existencia; desde el espectro visible hasta el no visible; desde el campo clínico-médico hasta el área industrial; desde la publicidad hasta la Ingeniería en Alimentos, siendo este último, nuestro campo de estudio, en específico de los productos cárnicos y su relación con los sistemas de congelación.

Los antecedentes, la hipótesis, así como los objetivos del proyecto PAPIIT No. IN204506-2, descritos en el Capítulo 2, son de gran utilidad para comprender los propósitos de éste y el vínculo interdisciplinario necesario para concretar este trabajo. Es por ello, que fue fundamental introducirnos de igual manera en las áreas de Ingeniería en Alimentos, desde la estructura celular de la carne, hasta su composición física y química, que influyen directamente en aspectos físicos como el color. Así como, los parámetros de calidad que son aceptados por la industria cárnica, en especial la norma NMX-FF-081-SCFI-2003, expedida por la SAGARPA, vigente en nuestro país, acerca de las características que debe cumplir la carne de cerdo para ser aprobada y apta para el consumo de los mexicanos. Posteriormente, la tesis describe los diferentes métodos de congelación y analiza sus características, da a conocer los efectos y consecuencias de estos procesos de enfriamiento con cambio de fase.

Es fundamental que los objetivos, así como la hipótesis del proyecto de Diseño, planteados en el Capítulo 3, no se pierdan de vista, de tal forma que se puedan obtener resultados fiables. La metodología empleada fue la de Bernd Löbach, que gracias a sus cuatro fases de proceso se logró analizar el problema, solucionarlo, valorarlo y obtener resultados objetivos. Las actividades principalmente se realizaron con la técnica de la macrofotografía, específicamente sobre muestras de carne porcina durante la congelación y recongelación por convección forzada, y también en el transcurso de la descongelación, para registrar la formación de cristales y alteraciones en variables como la luminancia, escala de grises, brillo (modo HSB) y luminosidad (modo Lab).

Capítulo 1

Fotografía Científica

CÁMARA OSCURA. De Ganot A. Tratado de Física, (París, 1855). Se dibuja la imagen formada por el lente (B) y reflejada por el espejo (M) sobre el cristal (N).

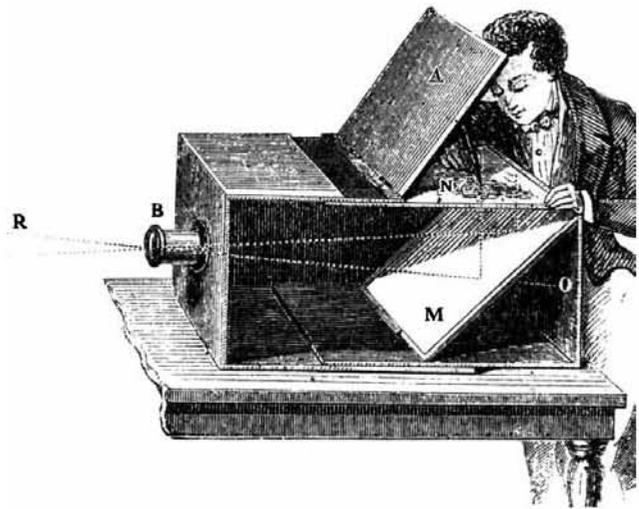
1.1. ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAFÍA

Fotografía según el Diccionario de la Real Academia Española, viene del griego “‘photos’= luz y ‘graphos’= dibujar, grabar, representar”², por lo tanto significa dibujar con luz; es la reproducción más fidedigna de la realidad plasmada en un material fotosensible, el cual puede captar tanto a la luz visible como a radiaciones electromagnéticas del espectro no visible.

Su origen se basa principalmente en el desarrollo de sus dos ciencias básicas, la óptica y la química. Antes de la invención de la fotografía, en un periodo comprendido del año 470 a.C. a 1827, fueron desarrollados numerosos tratados, que dieron pie a la invención de la fotografía, a pesar de que algunos estudios aseveran que por el año 1000 a.C. en algunas zonas de China, decoraban sus piezas de porcelana con dibujos, utilizando sustancias fotosensibles; no es sino hasta el renacimiento cuando se empieza a avanzar en estos campos y se tienen datos históricos más precisos.

En el siglo V a.C. Mo Tzu, de origen chino pudo haber creado la teoría fotográfica, explicando los principios ópticos básicos de la *cámara oscura*; Platón en el mismo siglo teoriza sobre la formación de las imágenes; Aristóteles, IV a.C. fue el primer teórico reconocido de la *cámara oscura*; Alhazán, estudio de la formación de las imágenes fue el primer inventor conocido de una *cámara oscura* en el siglo X; en la Edad Media entre los siglos V y XV de nuestra era, a pesar del rezago tecnológico, los alquimistas conocían los efectos que la luz producía sobre la plata, y también sabían que el ennegrecimiento provocado en la misma era exclusivamente por la luz y no por el calor. En esta época no fue posible avanzar más en este rubro, “ya que cualquier intento de fijar las imágenes hubiera sido (y, de hecho así fue) considerado como brujería.”³ Ya en los siglos XV y XVI durante el Renacimiento personajes como León Battista Alberti, Piero della Francesca y Leonardo da Vinci avanzaron en el problema de la perspectiva, el funcionamiento de la visión humana y desarrollaron numerosos métodos de dibujo utilizando la luz.

El desarrollo de la *cámara oscura*, el uso de un *objetivo* primitivo en ella y el descubrimiento de las sales de plata como material fotosensible por Johan Heinrich Schulze en 1725, llevó a Thomas Wedgwood, a realizar los primeros experimentos poco antes de 1800, para tratar de registrar una imagen usando superficies sensibilizadas como el papel y el cuero con nitrato de plata, pero se desalentó al concebir que esas imágenes no eran permanentes; todos sus experimentos fallaron al tratar de quitar sensibilidad a las zonas de la imagen que no fueron alteradas por la luz, así, inevitablemente al cabo de unos días oscurecían totalmente.

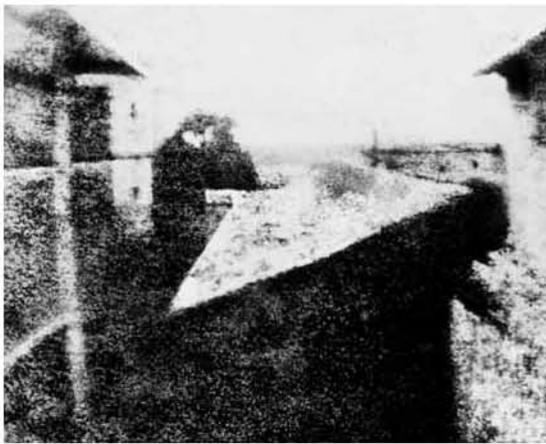


HELIOGRAFÍA. De Niépce Joseph Nicéphore. Vista desde su ventana en Le Gras. (París, 1827). Colección Gernsheim, Humanities Research Center University Texas, Austin.

HELIOGRAFÍA. De Niépce Joseph Nicéphore. Mesa de Niépce. (París, 1827). Hoy inexistente. De A. Davanne y Maurice Bucquet, Le Musée rétrospectif de la photographie à l'Exposition Universelle de 1900 (París, 1903).

1.1.1. GRANDES PERSONAJES DE LA FOTOGRAFÍA

El desarrollo de la fotografía es vasto en cuanto a historia, a continuación se mencionarán algunos aspectos relevantes sobre la misma.



En el año 1793, Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833) junto con su hermano Claude, nacidos en Chalon-sur-Saône, Francia, iniciaron experimentos con materiales fotosensibles como el cloruro de plata, pero fue hasta el 1º de abril de 1816, que se encuentra documentado el primer éxito de Niépce al fijar la imagen con papel sensibilizado por cloruro de plata. A pesar de lo conseguido, Niépce siguió experimentando con una especie de asfalto llamado betún de Judea, que era sensible a la luz y que se endurecía cuando ésta incidía en él; así logró inventar un novedoso sistema de copia de grabados para formar una nueva placa de impresión, llamado 'heliograbado', y a las imágenes obtenidas de la realidad les llamó 'puntos de vista.'

Más tarde, utilizó este proceso para emplearlo en el uso de la *cámara oscura* sin tener buenos resultados, excepto por la primera fotografía registrada, en el año 1827, donde se muestra la vista desde la ventana de su casa de campo en Le Gras, en la aldea de Saint-Loup de Varenne, se cree que la duración de la exposición para la toma de esta heliografía, fue de 8 horas aproximadamente, generando una iluminación un tanto irreal, puesto que la luz del sol se desplazó iluminando ambos lados de los edificios.

En ese mismo año, Niépce viajó a París y tuvo numerosos encuentros con el pintor también de origen francés Louis Jacques Mandé Daguerre (1789-1851), quien incurrió en sus investigaciones en esta nueva área, la fotografía; dos años más tarde hicieron una sociedad para conseguir mejorar la técnica de la heliografía (proceso de pintar con luz, según Niépce) por un periodo de diez años, de los cuales sólo transcurrieron cuatro antes de la muerte de Niépce.



Daguerre siguió experimentando hasta mejorar los resultados de su antiguo socio, creando así el futuro daguerrotipo (una técnica totalmente distinta a la heliografía de Niépce) el cual lo consiguió en 1837, su técnica consistía "de una lámina de cobre bañada en plata, cuya superficie se lija hasta que adquiere el brillo de un espejo. La plata se sensibiliza con vapor de yodo, se expone en la cámara y se revela al vapor de mercurio. El fijador es una solución de sal y agua caliente,"⁴ había que avanzar mucho aún en los procesos de fijado, ya que estos no permitían la seriación, es decir, no podían realizarse copias de los daguerrotipos.



DAGUERROTIPO. De Meade Charles Richard. Louis Jaques Mandé Daguerre, (1848). Museum of American History, Smithsonian Institution, Washington D.C.

Tiempo después, patentó este método con dicho nombre (Daguerrotipia), en el contrato se involucró una cláusula que tenía como condición, que sólo podrían publicarse simultáneamente los dos procesos, con el único fin de que el nombre de Joseph Nicéphore Niépce perdurara en la historia. "El 19 de agosto de 1839, que se considera oficialmente como fecha de nacimiento de la fotografía,"⁵ el gobierno francés compra el Daguerrotipo, colmando de honores a Louis Jacques Mandé Daguerre. El Daguerrotipo fue muy expandido, pero a causa de su difícil manipulación estaba destinado a desaparecer.

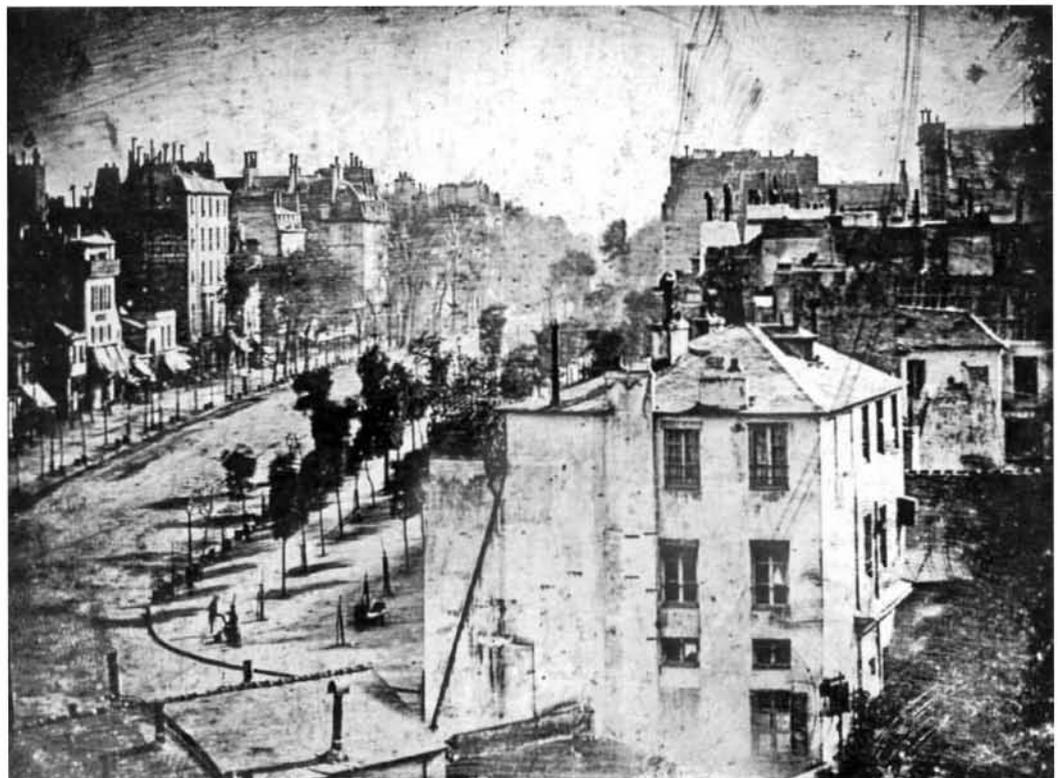
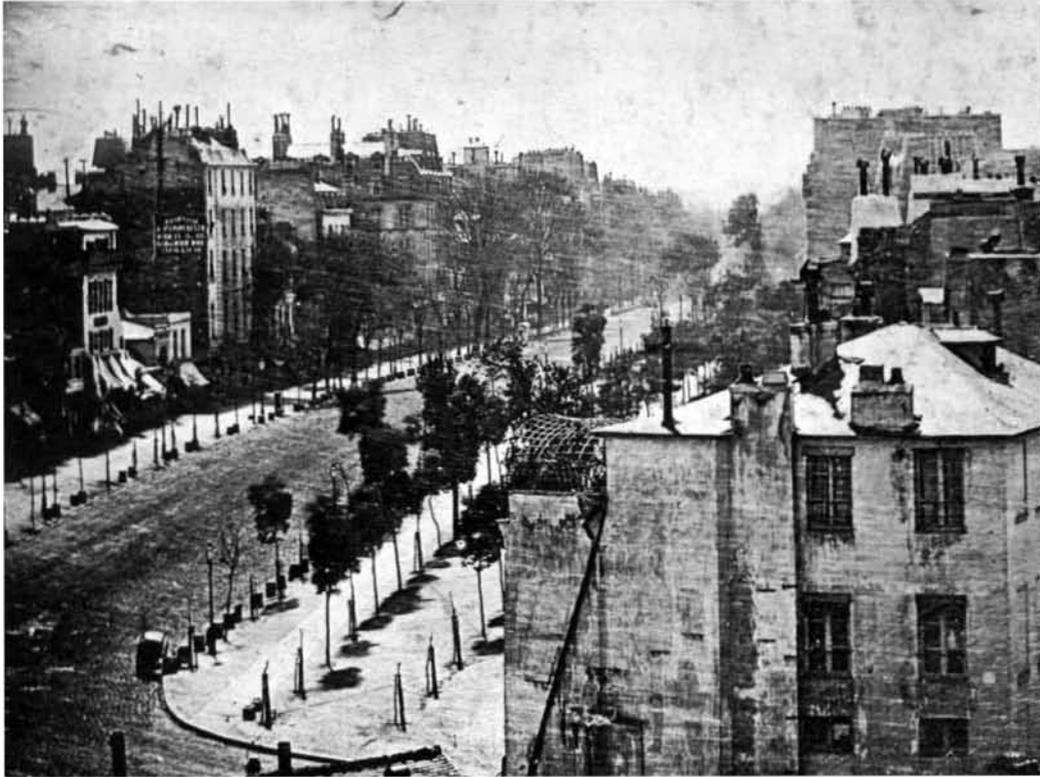
Sin embargo, se considera a William Henry Fox Talbot (1800-1877), científico británico, como el verdadero padre de la fotografía, debido a que a él se le adjudica la reproducibilidad del *negativo* y de la posibilidad de obtener infinitas copias del mismo, a pesar de que

dicho título ha sido severamente disputado por varios autores e historiadores de la fotografía. Talbot nació en Lacock Abbey, Wiltshire, Inglaterra; inició sus experimentos en 1833 de manera independiente, consiguiendo resultados favorables hasta 1835, sensibilizaba el papel con cloruro de plata y los fijaba con yoduro de potasio.

Más tarde, el 6 de enero de 1839, al oír acerca del descubrimiento de Daguerre en Francia, se apresura para divulgar su obra. El 25 de enero de ese mismo año, publicó su método para conseguir imágenes en *negativo* al que llamó dibujo fotogénico. Al igual que como ocurrió con Daguerre en este proceso, Talbot no solucionaba por completo el problema de la fijación de los haluros de plata.

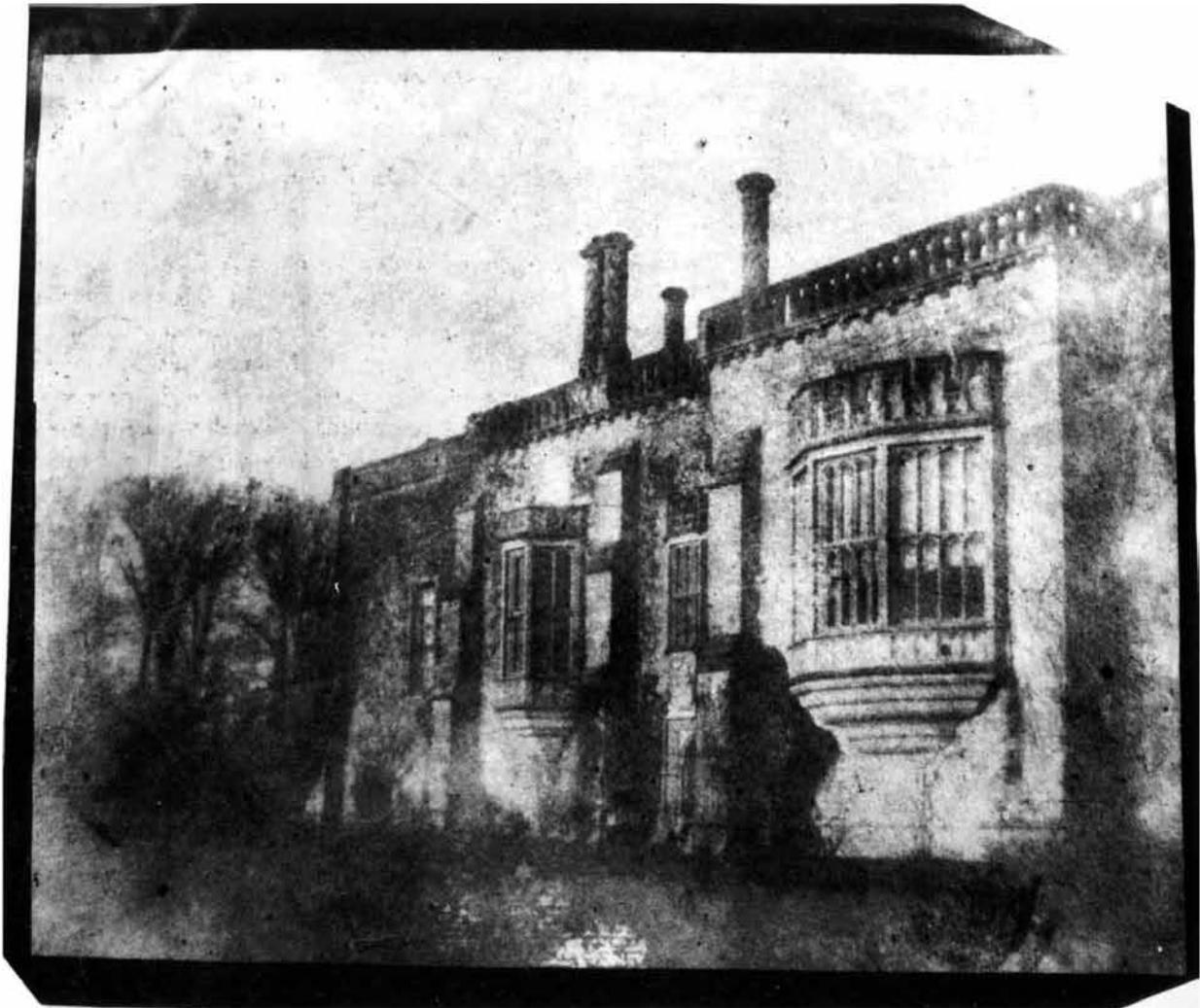
En 1839 John Frederick William Herschel (1792-1871), bajo el rumor de los logros de Daguerre y Talbot, dio a conocer el descubrimiento que había hecho en 1819 con referencia al hiposulfito de sodio (hoy conocido como tiosulfato de sodio) él notó que este compuesto era capaz de disolver la sales de plata y que con ello podía fijar de manera permanente las imágenes de estos dos personajes. Talbot aprende la técnica de Herschel tras visitarlo el 1º de febrero de 1839 y la divulgó con permiso de éste último. Daguerre de inmediato adoptó la misma técnica de fijación.

DAGUERROTIPOS. De Mandé Daguerre Louis Jaques. Dos vistas del Boulevard du Temple, (París, 1838). Tomadas el mismo día. Bayerisches Nationalmuseum, Munich.



DIBUJO FOTOGÉNICO. De Fox Talbot William Henry. Lacock Abbey, (Reino Unido, 1839). En The Metropolitan Museum of Art, Nueva York. Enviado por Talbot al botánico italiano Antonio Bertolini el 21 de agosto de 1839.

El descubrimiento de Herschel marcó los principios de casi todos los procesos fotográficos posteriores. "Propuso también la palabra fotografía para remplazar a la expresión un poco rebuscada de dibujo fotogénico que utilizara Talbot, así como las palabras *positivo* y *negativo* para copia revertida y copia re-revertida, tales palabras pronto fueron adoptadas universalmente."⁶



"En 1840 desarrolla el calotipo, de calos (bello en griego), que sustituía el cobre del daguerrotipo por el papel. El calotipo o talbotipo, es el primer proceso práctico de positivado, capaz de producir infinitas copias de cualquier imagen. Sensibilizaba el papel con yoduro potásico, nitrato de plata, ácido acético y ácido gálico, lo colocaba en la cámara y lo exponía. La imagen latente se revelaba en la misma solución. Después de fijarlo con hiposulfito, el *negativo* se solía encerar para que fuera translúcido."⁷

En 1842 Herschel inventó el llamado cianotipo, este usaba sales de hierro en lugar de plata "el nuevo material sensible es más estable que el daguerrotipo. Los cianotipos se reconocen por la tonalidad azul brillante (cianos) resultado de la oxidación del hierro."⁸

COPIA EN PAPEL SALADO. Anónimo. Templo de arte fotográfico de Charles De Forest Fredricks, (Nueva York, 1857). Colección André Jammes; esta foto fue tomada probablemente por uno de sus asistentes.

El último de los precursores del que hablaremos es Hippolyte Bayard (1801-1884), funcionario francés que obtuvo imágenes positivas directas sobre papel, en 1839, pero no tuvo éxito al tratar de difundir sus resultados. Inmediatamente presentó su descubrimiento, pero lamentablemente toda Francia tenía los ojos puestos sobre Daguerre, finalmente consiguió una beca y con ella compra equipo y realiza la primer exposición fotográfica de la historia, en París, sorprendentemente no consigue la atracción del público convirtiéndose en un fracaso rotundo.

A partir de este periodo (segunda y tercer década del siglo XIX), el cual estuvo lleno de turbulencias en materia fotográfica, se dio en primera instancia en el viejo mundo y posteriormente se extendió por toda la orbe, la aparición de nuevos fotógrafos dedicados a la investigación y aplicación de estas técnicas, así, a través del tiempo la fotografía ha ido evolucionando pasando del blanco y negro a imágenes a color y de allí hasta las tecnologías de hoy en día como la fotografía digital que usa *sensores digitales CCD y CMOS*.



COPIA GELATINO-BROMURO. De Nègre Charles. Henri Le Secq en la catedral de Notre Dame, (París, 1851). Colección André Jammes; copia sobre el original de un negativo en calotipo.



1.2. CONCEPTO DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

La fotografía científica es una técnica muy útil con grandes ventajas, entre otras utilidades sirve para realizar numerosas investigaciones en áreas especializadas, su uso permite ver y estudiar detalles en las imágenes que a simple vista serían difíciles e incluso imposibles de ser observados. La película que se usa en el campo científico es muy importante, ya que puede ser tanto sensible al espectro visible, como a distintas longitudes de onda no visibles por el ojo humano. De igual forma es posible utilizar la fotografía digital en este ámbito, sin la necesidad de un soporte físico que tenga que ser revelado, sin embargo, la que se enfoca a la radiación no visible tiene sus limitantes. Por tal motivo, sólo puede ser aprovechada por unos cuantos entusiastas de la ciencia, debido a que esta tecnología se encuentra sumergida en un proceso de desarrollo y maduración y por lo tanto es poco accesible y costosa.

“La fotografía, gracias a técnicas particulares, puede introducirse en dominios que nuestra vista no podría detectar: rayos X, partículas, rayos infrarrojos, rayos ultravioleta, fluorescencia y al ampliar nuestras investigaciones más allá del alcance y posibilidades de nuestra vista, las diferentes emulsiones sensibilizadas a las diversas radiaciones, nos revelan fenómenos nuevos.”⁹

Es claro que la fotografía desde sus inicios ha sido un hecho científico, además de un acontecimiento muy importante y favorable para la ciencia y no sólo en ella, sino que también revolucionó por completo el mundo del arte, desde el siglo XIX hasta la actualidad, en los terrenos de las artes plásticas, en lo social y en lo económico ya que ha hecho grandes aportaciones a los avances que hoy en día conocemos, sobre todo, la toma fotográfica científica no sólo es un medio sino una necesidad.

“La fotografía hace penetrar en la ciencia, fenómenos que nos son inaccesibles. ¡Cuántas cosas, hoy en día perfectamente conocidas, permanecerían invisibles sin la fotografía!”¹⁰

1.2.1. ANTECEDENTES DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

Desde un punto de vista histórico y estricto Nicéphore Niepce fue el primero en realizar una técnica propia de la fotografía científica, ya que cuando a este científico se le rompió accidentalmente el lente que utilizaba en la *cámara oscura*, no tuvo más remedio que construir otra, con el único *objetivo* que tenía disponible, el cual era un lente parte de un microscopio solar, sin saberlo había ya realizado la técnica de la macrofotografía ya que ese *objetivo* era de muy corta *distancia focal*. Es importante mencionar que el daguerrotipo se utilizó con fines científicos, desde finales de 1839 Jean Baptiste François Soleil un ingeniero óptico francés no perdió tiempo en experimentar con ese nuevo invento y adaptó un microscopio a la cámara de daguerrotipia.

John William Draper (1811-1882), químico e historiador de origen francés, fue el responsable del segundo retrato realizado en diciembre de 1839 y creador de la primer toma fotográfica hecha a la luna en 1840, y de las primeras macrofotografías que se presentan en su libro "Human Physiology."¹¹

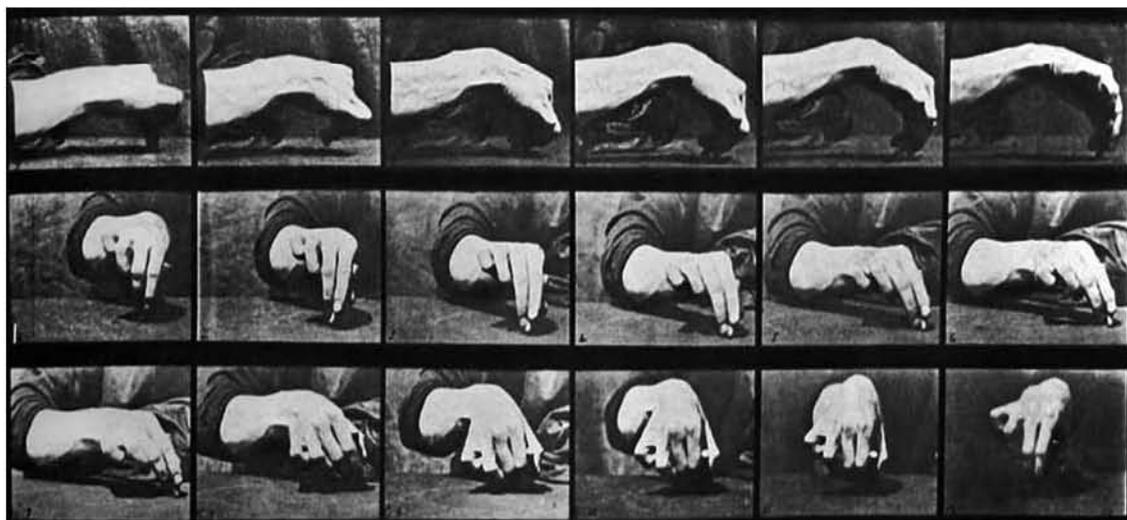
En 1842, el francés Edmond Becquerel (1820-1891) doctor en ciencias, obtuvo la primer fotografía de los rayos espectrales del sol en ultravioleta, y hasta 1873 registró los infrarrojos.

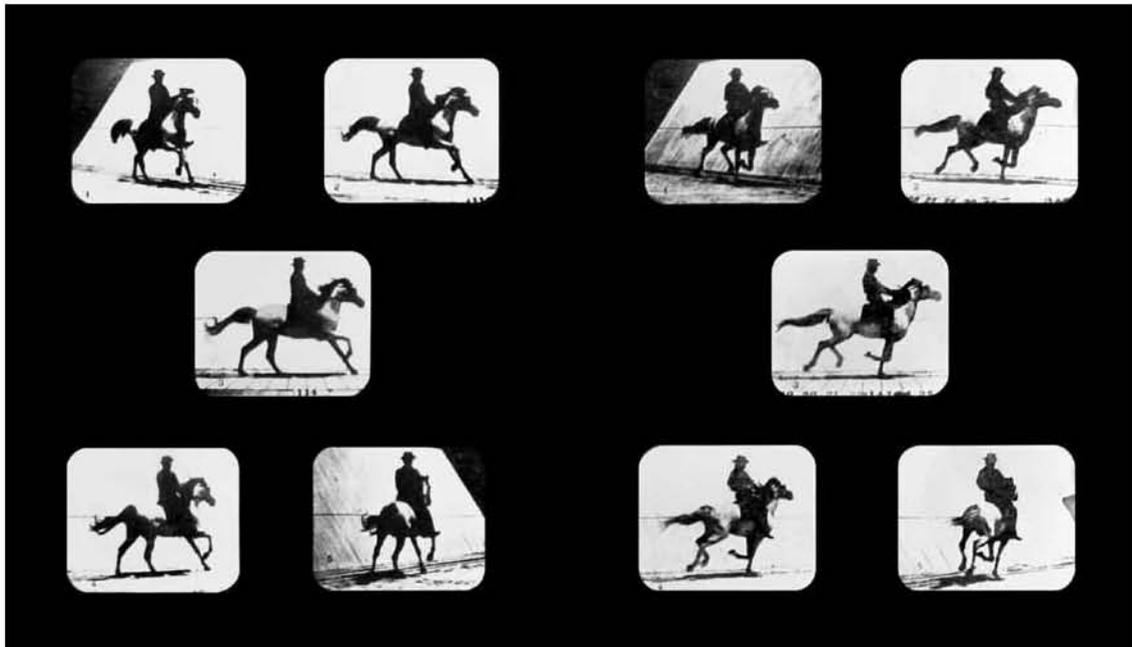
Hippolyte Fizeau (1819-1896) físico francés, fue el primero en medir la velocidad de la luz, perfeccionó los daguerrotipos hasta el punto de obtener tiradas sobre papel en 1841, en 1845 junto a Léon Foucault obtuvo la primera imagen fotográfica de la superficie del Sol.

Henri Becquerel (1852-1908), físico y premio Nobel francés, descubrió en 1869 con ayuda del proceso fotográfico, la radiactividad del uranio. Colocó sales de este elemento sobre una placa fotográfica en total oscuridad, en pocos segundos la placa se oscureció, incluso lo hacía cuando estaba separada por una lámina de vidrio o un papel negro; así postuló que el uranio debía de emitir su propia energía a la que llamó Rayos B, en honor a su apellido y a la que posteriormente se le denominó radiactividad.

"En 1860, Herschel había vaticinado que llegaría el día en que las fotografías requirieran exposiciones de tan sólo una fracción de segundo (para las que acuñó precisamente el término de instantáneas) y que esa posibilidad sustentaría el principio de un nuevo medio reproductor de la ilusión de movimiento."¹²

Edward James Muggeridge, mejor conocido como Eadweard Muybridge (1830-1904), nació en Inglaterra. Es considerado el primero en realizar tomas fotográficas en serie. En 1869, inventó uno de los primeros obturadores para una cámara fotográfica. Tras el encargo de un ex gobernador de California, Lelan Stanford, Muybridge se dio a la tarea de realizar una serie de imágenes que volcaban la necesidad de mostrar la locomoción de un caballo; Stanford había apostado con un amigo acerca de las posiciones de las patas de su corcel (Occidente) al trote, así Eadweard tendría que demostrar si en algún momento las cuatro patas del animal se despegaban del suelo o si siempre había alguna apoyada en el mismo.





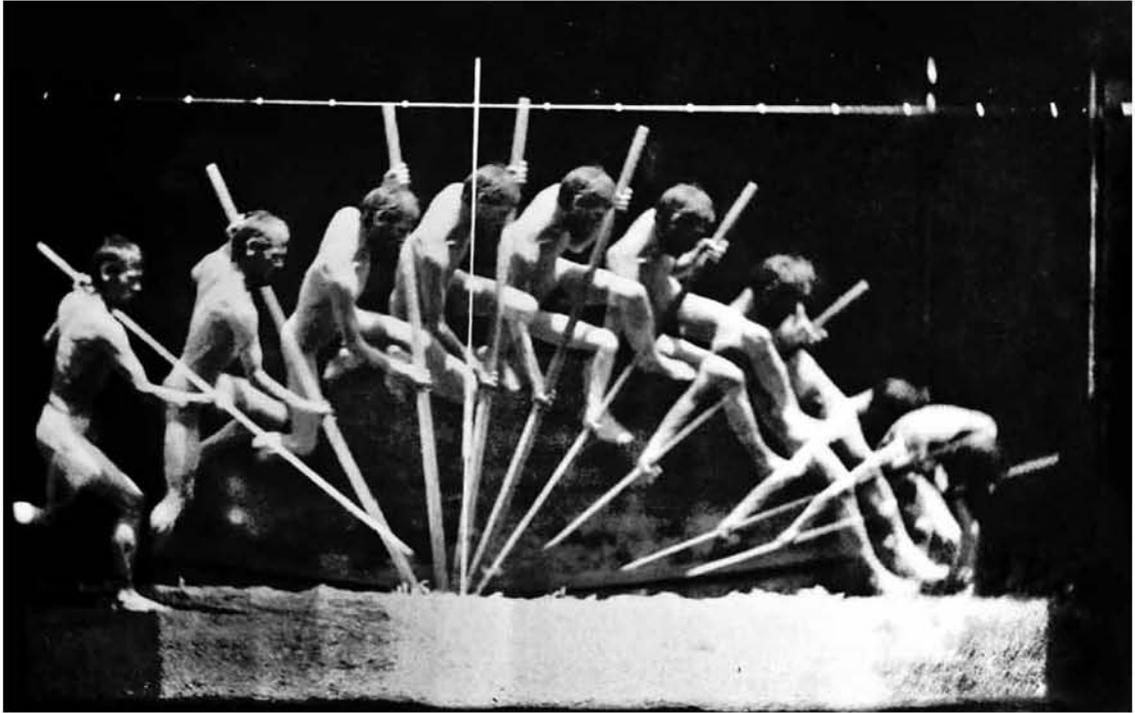
La preocupación inicial fue la de transferir a la película, un cuerpo que se movía a una velocidad de aproximadamente 12 m/s, las dos primeras pruebas fallaron debido a que la *velocidad de obturación*, es decir, de abertura y cierre, fueron demasiado lentas para el motivo, al tercer día, Muybridge al estudiar el caso logró construir, un obturador que diera de abertura 1/8 de pulgada y una velocidad de 1/500 de segundo, así fue como consiguió obtener una imagen congelada del corcel en pleno movimiento. Tras haber sido acusado en 1874 por el asesinato al amante de su mujer, Eadweard dejó de lado su trabajo de investigación, y lo retomó cuando fue absuelto en 1877.

Para su nueva demostración, Muybridge utilizó 12 cámaras con un *objetivo* cada una, las cuales debían disparar a menos de 1/2000 de segundo, y estaban a su vez colocadas en serie, disponiéndolas a lo largo de una pista; después de varios intentos, logró probar que efectivamente hay un punto en el cual las cuatro patas del corcel, quedan despegadas del suelo y en ese momento todas son inclinadas hacia el vientre, para sorpresa del mundo entero nunca existió la clásica figura del caballito de feria con las patas delanteras extendidas hacia el frente y las traseras hacia atrás.

Eadweard, también inventó el zoopraxiscopio, un instrumento capaz de emitir imágenes, en especial de animales en locomoción, por medio de un fuerte rayo de luz; éste fue el precursor del proyector de cine moderno; se le colocaban discos de cristal que giraban en una rápida sucesión para dar la impresión de movimiento.

Entre 1884 y 1885 Muybridge obtuvo cerca de 30,000 *negativos* al perfeccionar su cámara, en específico el obturador de la misma, colaborando con Thomas Eakins bajo un encargo de la universidad de Pennsylvania, el cual consistía en crear un atlas para artistas: un diccionario visual con formas humanas y animales en acción. Utilizaba tres cámaras cada una compuesta de 13 lentes, uno se usaba como visor y los doce restantes para el registro de la imagen, así podía tomar de lado, de frente, y por detrás del objeto en cuestión. La obra más relevante

de Muybridge fue la de la figura humana, para ello utilizó modelos de ambos sexos caminando, corriendo, saltando, haciendo acrobacias, esgrima o subiendo escaleras, incluso llegó a fotografiar a una mujer lanzando un balde de agua sobre los hombros de otra.

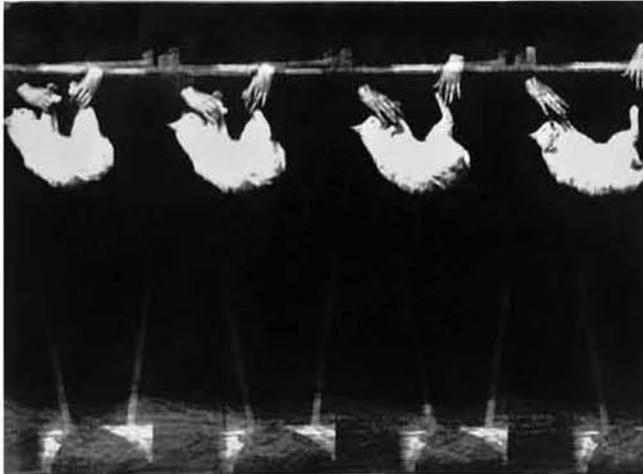


El siguiente personaje, estudioso en fotografía, inventor y médico, nacido en Francia, fue Étienne Jules Marey (1830-1904), fue creador de una técnica llamada fotocronografía. Influenciado por Muybridge y su pasión por la locomoción de animales y humanos, lo llevó a construir en 1883 una cámara que podía exponer varias veces sobre una misma placa, y otra donde la placa era móvil, esto lo hacía con el fin de lograr imágenes independientes. Sus estudios influyeron de manera considerable tanto en las artes como en la ciencia, así como sentaron las bases para la cinematografía. A pesar de que sus fotocronografías las realizó con propósitos científicos, es decir, que las ocupó para registrar las posiciones del cuerpo humano y así poder realizar prótesis ortopédicas, no dejan de tener un carácter estético, ya que muchos artistas de la época se basaron en sus series fotográficas para encontrar nuevas posiciones pictóricas.

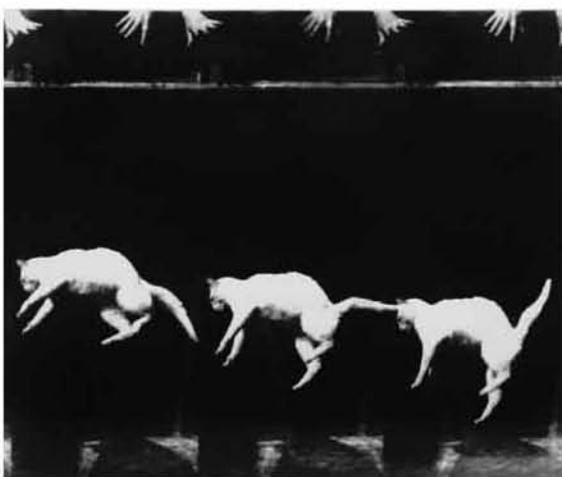
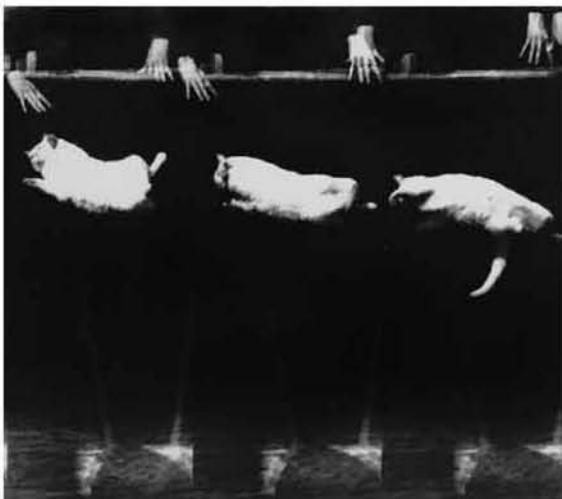
Además, creó una cámara a la que llamó fusil fotográfico, la cual era capaz de obtener doce exposiciones en una sola placa giratoria y con ella realizó investigaciones sobre el vuelo de las aves.

Posteriormente muchos otros personajes continuaron con el estudio de las imágenes instantáneas como Ottomar Anschütz, quien realizó sus primeras fotografías en 1884, en contraparte muchos otros criticaron fuertemente los resultados de este tipo de fotógrafos, aseverando que "las fotografías instantáneas eran falsas y artísticamente incorrectas,"¹³ así lo afirmó Joseph Penell en específico pero apoyado por varias personalidades importantes de la época. En esos años, por supuesto que pudieron haber parecido falsas esas imágenes

IMPRESIÓN PLATA SOBRE GELATINA. De Etienne Jules Marey. Secuencia de un gato cayendo, (1880's). Museo Nacional de la Historia Americana, Washington, D.C.



a las que nadie estaba acostumbrado a ver, pero sólo fue cuestión de tiempo para que se acomodaran en un espacio muy importante, sobre todo, en el ámbito de la investigación y el avance científico. Además la seriación de imágenes dio pie a una nueva rama de la Fotografía, el ensayo fotográfico, una colección de imágenes que, colocadas en un orden específico, cuentan la progresión de los acontecimientos, las emociones vividas y los conceptos que se desean transmitir, a través de las imágenes capturadas, éste no involucra propiamente aspectos científicos sino narrativos, así pronto ayudaría a apoyar las narraciones de los periodistas.



IMPRESIÓN PLATA SOBRE GELATINA. De Ottomar Anschutz. Serie de cigüeñas volando, (1884). Agfa-Gevaert Foto-Historama, Colonia, Alemania.



1.2.2. IMPORTANCIA Y APLICACIONES DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

La fotografía produce una visión estética de la realidad, la cual puede volverse instrumental cuando se pone al servicio del poder: Estado, Industria y Ciencia. Además puede ser empleada como testimonio legal.

La Fotografía Científica se ha convertido en una herramienta imprescindible en el avance del conocimiento científico y tecnológico. Por lo tanto, para aumentar su impacto y eficacia, hay que relacionar el arte con la ciencia y la tecnología. En donde la eficacia consiste en poder entender sin palabras lo que se explica científicamente y sintetizarlo de forma clara en una imagen, y el impacto se encontrará en la capacidad artística y expresiva del ilustrador (sólo cuando estas capacidades son posibles de explotar, es decir, sin que desvíe el interés de la investigación). Por otra parte, la fotografía en la divulgación científica, esta íntimamente ligada al texto, resulta imposible separarlos, porque la imagen está subordinada al discurso científico y atiende los siguientes propósitos: primero, ilustrar y describir lo que se dice, segundo, demostrar lo que se expone y finalmente atraer la atención del lector y despertar su curiosidad, desde luego, esta última reviste gran importancia. Así que, la utilización de la fotografía a nivel científico coadyuva a la captación y registro de fenómenos que en ocasiones no pueden ser observados directamente, por ejemplo: los que están relacionados con radiaciones no visibles al ojo humano (fotografía infrarroja y ultravioleta); la transformación que ocurre en la descomposición de cadáveres, el crecimiento de vegetales, la polinización (fotografía ultrarrápida); la reproducción de bacterias (fotografía microscópica), o las maravillas que suceden en el espacio (fotografía astronómica), etc. De tal manera, que precisamente, la importancia de la fotografía científica se refiere a las aplicaciones que se le dan a la misma. Así se tiene que puede ser utilizada para lo siguiente:

- Observación de objetos en tercera dimensión, en donde la ilusión de profundidad se debe a la perspectiva y al claro-oscuro. (Fotografía estereoscópica).
- Conseguir capturar un libro entero en una película cuyo fotograma es del tamaño de un sello o estampilla de correos, ya que gracias a películas fotocromáticas que utilizan un tinte sensible a la luz ultravioleta, es posible realizar grandes ampliaciones sin distorsión, debido a que ésta no posee una estructura granular. (Microfotografía).
- Distinguir zonas donde las plantas tienen enfermedades, dado que la clorofila tiene propiedades para reflejar radiaciones no visibles. (Fotografía infrarroja).
- Permite conocer grandes regiones de polvo cósmico y un 90% de la materia que compone el universo. (Telefotografía, especialmente sensible a radiaciones no visibles).
- Registro sanitario de los alimentos, sometidos a diversos procesos de conservación (verduras, huevos, productos cárnicos y sus derivados, leche, yogurt, helados, frutas, quesos, pescados y otros productos enlatados y/o embotellados) cosméticos, juguetes, artículos para el aseo personal, limpieza del hogar, productos y tecnologías ambientales, así como de los espacios, materiales y utensilios en contacto con los mismos. (Fotomicrografía y macrofotografía con o sin luz U.V.).

- Elaboración y uso de patrones para la evaluación visual de alimentos, que combina la obtención, en determinadas condiciones controladas, de imágenes digitales de los productos alimenticios, con la valoración visual subjetiva de las mismas y la corrección de éstas a través de técnicas de tratamiento digital. De esta manera se produce una gama de fotografías plasmadas en un soporte físico, que se usan como patrones en la evaluación visual de diversos alimentos. (Fotografía convencional, macrofotografía)
- Detectar falsificaciones y clarificar fraudes en el Campo Penal (criminalística, huellas dactilares, etc). Con la llegada de la imagen digital, el aumento de la resolución, la divulgación y fácil acceso a los programas de tratamiento de imagen, cada día hay mayor certeza en este rubro. Descubrir rastros de escritura a pesar de estar borrados y determinar la autoría de alguna pintura así como datar su origen. (Fotografía U.V. e infrarroja).
- Investigación médica: forense, dermatológica, ginecológica, odontológica, oftalmológica, entre otras. (Macrofotografía, microfotografía, fotogrametría, con o sin luz U.V., infrarroja, rayos X, rayos Gamma y fluorescencia, además técnicas de imagenología como la ecografía, termografía, tomografía, resonancia magnética, etc).
- Fotomicrografía realizada con microscopio: óptico, electrónico, de barrido, transmisión láser, efecto túnel y fuerzas atómicas (protónico).

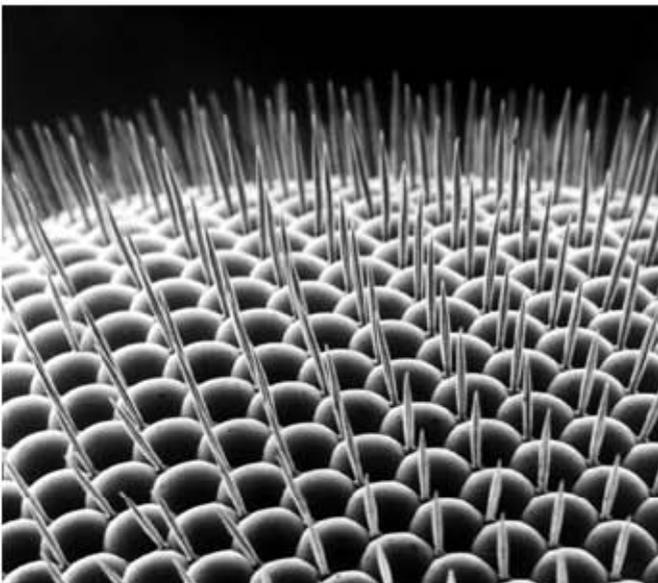
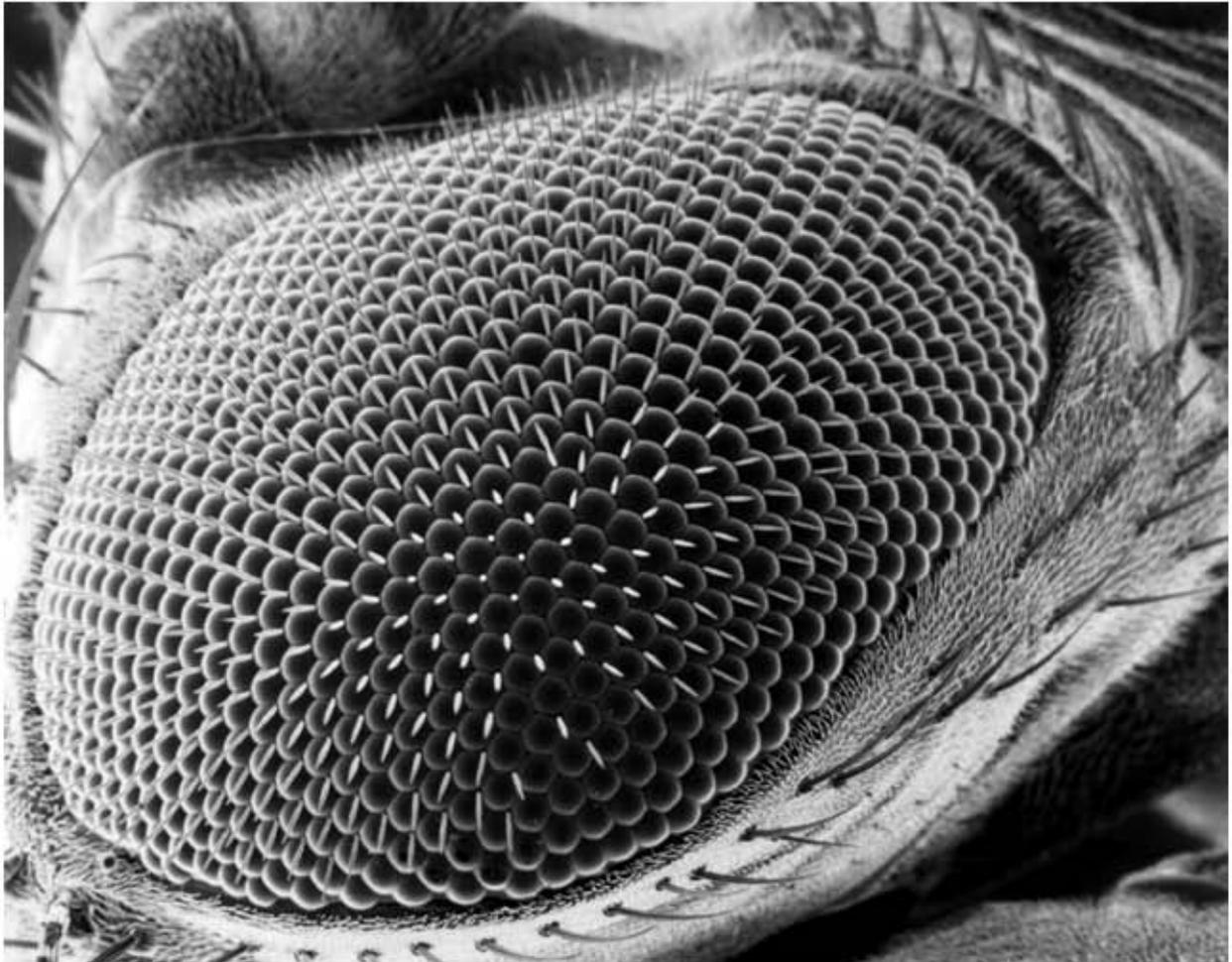
En fin, hay una amplia gama de aplicaciones de la Fotografía Científica de importante utilidad en nuestra vida diaria, que puede ser complemento para enriquecer el análisis físico-químico-biológico que se lleva a cabo en pro de la salud de la raza humana y de los animales de los que obtenemos beneficios invaluable.

1.2.3. TIPOS DE FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

Se distinguen dos tipos de Fotografía Científica, la de laboratorio y la de campo, a continuación se explica cada uno.

La Fotografía Científica de Laboratorio, puede definirse como la aplicada dentro del campo de investigación en un ambiente controlado. En esta práctica hay ciertas ventajas para el especialista fotógrafo, debido a que sus competencias profesionales le permiten concientizarse acerca del modo para controlar el equipo empleado en la toma fotográfica; de esta forma, él tiene la capacidad para decidir, de acuerdo a los propósitos de la investigación, la técnica y procedimientos fotográficos, el tipo de cámara, la clase y la cantidad de iluminación e incluso la forma de revelado, así las condiciones de trabajo siempre serán las mismas y se facilita la tarea. Por otra parte, la fotografía en laboratorio, requiere de un conocimiento previo sobre el equipo que se está manejando, y de igual manera puede llegar a exigir que sea especializado, según sea el motivo a registrar. Este tipo de toma de imágenes es muy recurrido, especialmente en investigaciones químicas, nucleares, físicas, médicas, entre otras. Para esta área de la Fotografía Científica, la intervención de un fotógrafo puede llegar a no ser del todo necesaria, ya que generalmente las tomas las realizan personas capacitadas para el uso de la maquinaria y aparatos ahí utilizados.

FOTOMICROGRAFÍAS ELECTRÓNICAS DE BARRIDO. Fotografía Científica de Laboratorio. De Dartmouth Electron Microscope Facility. Ojos compuestos de *Drosophila melanogaster*. Los drosophilidos (Drosophilidae) son una familia cosmopolita del orden de los dípteros, o moscas de la fruta. Esta especie es usada intensamente en estudios de genética, fisiología, ecología, etología, etc. Sus ojos pueden llegar a tener miles de unidades sensoriales llamadas omatidios.



El verdadero fin del registro de imágenes y su posterior reproducción, es el estudio del objeto fotografiado, del cual se obtienen todos los detalles posibles, bajo la luz visible éste debe aparecer tal como es, lograr la nitidez, así como la exposición correcta; en ocasiones unas cuantas fracciones de segundo son la diferencia en conseguir texturas planas o llenas de detalle. Para esto, es necesario recopilar toda la información análoga o digital posible, con la utilización de cámaras de estudio de gran formato o digitales con *sensores* de gran tamaño y alta tecnología, aunado a emplear *objetivos* construidos con lentes de alta calidad y resolución, para lograr capturar la mayor cantidad de luz posible que entre en el primer lente del *objetivo*.

TELEFOTOGRAFÍA. Fotografía Científica de Campo. De Salas Trejo Edgar Ivanovich. Crocodylidae (detalle), (Oaxaca, México, 2008). Registro de la fauna silvestre de la Laguna de Chacahua. Se utilizó un objetivo 75-300 mm. Ostenta el título de una de las mordidas más poderosas sobre la faz de la Tierra, alcanzando mas de 1000 kg/cm², los cocodrilos no pueden masticar, de modo que cortan a la presa, sacudiéndola y despedazándola con sus dientes. Nuevos dientes crecen para remplazar los que se rompen o se pierden.

En el caso de la Fotografía Científica de Campo, a diferencia de la anterior, puede definírsele como la realización de la toma de imágenes en el lugar de estudio. "Su objetivo es ilustrar los fenómenos observados durante la investigación de las ciencias naturales para analizar la información que la imagen represente."¹⁴

La Fotografía Científica de Campo tiene una amplia gama de aplicaciones en la Química, Física, Geografía, Geología, Paleontología, Arqueología, Biología, Zoología, Ecología, Meteorología, Astronomía, sólo por citar algunas, ya que es posible utilizarla en casi todos los campos científicos.



TELEOBJETIVO. Canon. Longitud focal de 800 mm; apertura f/5.6; la distancia mínima de enfoque es de 6 metros; su construcción consta de 18 elementos (dos de fluorita), distribuidos en 14 grupos; pesa 4 500 gramos.

1.2.4. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

Para la Fotografía Científica se distinguen ciertas técnicas, indistintamente de que se realicen en campo o en laboratorio, ya se mencionará en cada una sus aplicaciones; así como habrá algunas que compartan ambas áreas, existirán otras que por su complejidad sólo se limiten a los laboratorios especializados.

“De igual forma estas técnicas pueden darse abasto con una amplia gama de procedimientos o de uno solo, de acuerdo a sus características, los cuales basándonos en la clasificación hecha por Dérubéré, Porchez y Tendron,”¹⁵ se subdividen entonces en los que utilizan luz visible y radiación invisible.

En primer lugar hablaremos de las técnicas más recurridas en la Fotografía Científica, éstas sólo nos ayudarán en un sentido más amplio a comprender su quehacer y las que se mencionen no necesariamente serán las únicas que apoyen a la investigación, sino que eso se lo dejaremos a los científicos y a la problemática de su trabajo para que la resuelvan de la manera más acertada.

1.2.4.1. TÉCNICAS DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

TELEFOTOGRAFÍA

En Fotografía, es bien sabido que, para obtener imágenes desde distancias relativamente lejanas, es necesario el uso de *objetivos* con longitudes focales mayores de 80 mm llamados *teleobjetivos*. Este tipo de *objetivos*, realizan un acercamiento de la imagen, acortando severamente el ángulo de visión, que va desde 29° hasta poco menos de 2°, a medida que aumenta la *distancia focal*, la profundidad de campo va disminuyendo y viceversa. Con esta técnica también es posible realizar encuadres de objetos muy pequeños aproximándose a la macrofotografía, con el uso de *objetivos* especiales con función 'macro', pero nunca igualándola, evidentemente que cada *objetivo* fue concebido para propósitos diferentes.



Los *teleobjetivos* siguen el mismo principio de los telescopios, sólo que los primeros son montables en una cámara, y son totalmente portátiles. Hay telescopios de todos tamaños y diámetros, los más especializados son fijos y alcanzan diámetros de hasta 982 cm., como es el caso del telescopio Keck en el Observatorio Mauna Kea en Hawai. También existen los telescopios espaciales, el primero que se construyó y se puso en órbita alrededor de la Tierra el 24 de abril de 1990, fue el

TELEFOTOGRAFÍA. Por el Telescopio Espacial Hubble. Galaxias NGC 2207 (izquierda) e IC 2163 (derecha) colisionando. Las poderosas fuerzas gravitatorias de la NGC 2207 han distorsionado la estructura de su vecina, dejando estrellas y gas formando tiras que se extienden a lo largo de cien mil años luz hacia el lado derecho de la imagen. Aunque pudiera parecer una catástrofe estos fenómenos no son ni tan extraños, ni tan catastróficos como parecen, debido a que las estrellas que contiene están muy alejadas entre sí, dejando casi nula la posibilidad de colisiones entre ellas.

Hubble, este tipo de telescopios tienen grandes ventajas sobre los que están fijos en Tierra, es decir, tienen 10 veces mayor resolución de imagen, y no están a merced de las condiciones atmosféricas ya que se encuentran en los límites de la misma. El Hubble está equipado para poder captar en las regiones de luz visible y ultravioleta, cuenta con dos cámaras especiales, dos espectrógrafos y un fotómetro. Posteriormente se sustituyó una de las cámaras para también tomar en infrarrojo.



Para términos de Fotografía Científica, nos interesa conocer sus aplicaciones, las cuales pueden ser desde fotografiar animales salvajes en su entorno natural, hasta la de captar imágenes provenientes del universo. De esta forma podemos entender mejor tanto la vida animal como lo que ocurre u ocurrió en el cosmos. Los procedimientos a los que se puede someter esta técnica son ilimitados, comprenden toda la gama del espectro visible y casi toda del no visible. Es por ello que la telefotografía juega uno de los papeles más importantes para el avance científico.

FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría, la fotointerpretación y los sensores remotos son algunos de los medios más útiles que hay para obtener información de fenómenos que ocurren en la tierra y en el océano. El fin de la interpretación de los elementos es el levantamiento de mapas ya sea fotográficos (por fotogrametría) o temáticos (por fotointerpretación).

En la fotogrametría se requieren medidas precisas y en la fotointerpretación no, puede decirse entonces que mientras la primera se dirige a los aspectos métricos de las fotografías, la segunda se basa en el aspecto cualitativo de dichas imágenes. La palabra fotogrametría se deriva del vocablo fotograma ('photos' = luz, y 'gramma' = trazado, dibujo), 'metrón' = medir. Así es entonces como resulta que fotogrametría es: medir sobre fotos o medir gráficamente mediante luz.

Se entiende por fotogrametría, a la ciencia que es desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, se utiliza en tomas aéreas, terrestres, espaciales y otras aplicaciones no topográficas, según el caso donde sean tomadas. Las imágenes topográficas, son obtenidas generalmente colocando una cámara especial en un avión o en un satélite y sirven para

ORTOFOTOGRAFÍA SATELITAL. Costa de Valencia, (España). Es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, formada por un conjunto de imágenes aéreas, o en este caso satelitales, que han sido corregidas para representar una proyección ortogonal, es decir, sin efectos de perspectiva y en la que se pueden realizar mediciones exactas. Por lo tanto esta técnica combina el detalle de una fotografía con la propiedades geométricas de un plano.

determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados como tamaño, forma y posición. Uno de los principales objetivos de la fotogrametría, es el de elaborar mapas topográficos mediante la toma de fotografías aéreas o terrestres así como analizar cuantitativamente las imágenes presentes en la fotografía. Por tanto la fotogrametría se clasifica en cuatro grupos y son los siguientes:

“Fotogrametría aérea, es la que utiliza vistas aéreas del terreno tomadas con cámaras métricas, montadas en un vehículo aéreo.

La terrestre, es la parte de la fotogrametría que utiliza fotografías tomadas desde una posición usualmente conocida sobre el terreno y con el eje de la cámara paralelo o casi paralelo a la superficie terrestre.

La espacial, incluye los aspectos de fotografía extraterrestre y mediciones realizadas con la cámara colocada en la órbita terrestre.

La no topográfica, incluye todas las aplicaciones en balística, policía, tráfico y otros.”¹⁶

A continuación se mencionarán más datos de cada una de ellas.

Fotogrametría aérea: Es utilizada para estudiar el terreno, en mediciones y elaboración de mapas, es utilizada en diferentes disciplinas científicas como en ingeniería, ecología, agricultura, planeación, etc. Contiene información de objetos, fenómenos naturales y culturales (en forma de tonalidades de gris), es considerada un recurso documental y se puede usar en fotopedología, fotohidrología, fotogeología, etc.

Es una actividad fundamental para la generación de información geográfica para usuarios externos, de los sectores público, privado y de instituciones de educación e investigación.



FOTOGRAFÍA AÉREA SIMPLE. Es realizada a bordo de una aeronave y a diferencia de la ortofotografía, ésta presenta deformaciones causadas por la perspectiva, la altura o la velocidad a la que se mueve la cámara, por lo tanto debe someterse a un proceso de corrección llamado 'ortorectificación'.

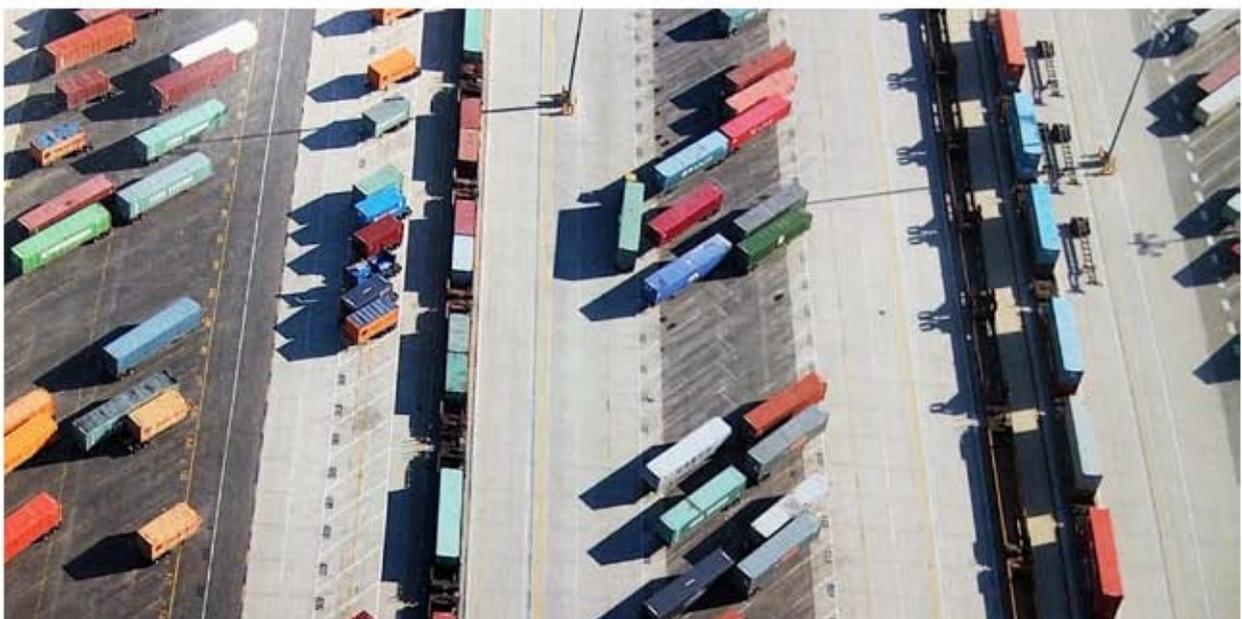
Frecuentemente se crean distorsiones en las fotografías aéreas, pero pueden corregirse utilizando un aparato conocido como restituidor fotogramétrico. Éste crea una imagen tridimensional al combinar otras superpuestas del mismo terreno tomadas desde ángulos diferentes.

Las cámaras aéreas son especialmente usadas en aviones, globos, helicópteros o vehículos espaciales y requieren de exposiciones cortas así como de emulsiones de alta velocidad. La información que recaba la cámara aérea se procesa fotográficamente para la producción de mapas. Este tipo de cámaras se clasifican con respecto a su tipo de formato, campo angular del *objetivo*, uso, inclinación del eje de la cámara y al material base que se utilizará para hacer la toma fotográfica.

Fotogrametría terrestre: Es empleada en levantamientos topográficos con el objeto de obtener la representación planialtimétrica del terreno a escalas grandes (como 1:500, 1:1000). Actualmente se ayuda a la conservación de obras arquitectónicas como los monumentos históricos, también es aprovechada para estudiar deformaciones de cuerpos sólidos y ensayos dinámicos en la industria aeronáutica y automotriz.

Fotogrametría espacial: Mediante el uso de sensores remotos transportados en satélites, es posible la obtención de imágenes del exterior del planeta. De aquí, que la información obtenida es utilizada en teledetección para clasificaciones y análisis, hoy en día son muy solicitadas debido a que ofrecen una buena resolución espacial y a sus posibilidades estereoscópicas. Se maneja principalmente en la actualización de cartografía, generaciones automáticas de modelos digitales de elevaciones y ortoimágenes.

Fotogrametría no topográfica: Es también llamada fotogrametría de rango próximo ya que las distancias de toma de imágenes están comprendidas entre valores cercanos a cero y 300 m. Una de las principales áreas de aplicación para este tipo de fotografía es la arquitectura en el levantamiento de monumentos, así como la arqueología; la bioestereometría, en el estudio de formas de seres vivos; la construcción naval, automotriz o maquinaria pesada.



FOTOMICROGRAFÍA. De Fernández García Luis. *Ctenocephalides canis*, pulga del perro, (2007). Pertenecientes al orden *Siphonaptera*, las pulgas son insectos pequeños sin alas, muy ágiles capaces de saltar hasta 350 veces la longitud de su cuerpo. Esta imagen fue realizada con ayuda de un microscopio óptico, una cámara del mismo tipo y su respectivo acoplador.

FOTOMICROGRAFÍA

Cabe señalar que como en el tema anterior, no hay constantes al hablar de fotomicrografía, ya que existen quienes la separan de la microfotografía o fotografía microfilm y habrá aquellos quienes las usen sin distinción alguna. La que nos interesa es la fotomicrografía enfocada a los factores de ampliación mayores de 10x hasta que la tecnología óptica lo permita.

De acuerdo a la Enciclopedia ilustrada de fotografía amateur, la fotomicrografía es el "proceso mediante el cual se obtienen fotografías de objetos diminutos empleando una cámara y un microscopio,"¹⁷ también señala que, "no debe confundirse con la microfotografía, proceso empleado para obtener fotografías diminutas de objetos grandes,"¹⁸ refiriéndose a los microfilms.

En esta técnica frecuentemente se utilizan, al igual que en macrofotografía, *bancos ópticos* pero, ésta hace uso principalmente de microscopios compuestos.

"Se consiguen aumentos de hasta 2000x cuando se utilizan microscopios ópticos."¹⁹

Otro dato es que "la técnica de fotomicrografía óptica

permite ampliar los objetos hasta 4 250x [(170x del *objetivo*) (25x del *ocular*)]."²⁰ La potencia de los microscopios ópticos esta limitada por la difracción de los rayos luminosos.

En cambio, la microscopia de barrido por sonda (SPM por sus siglas en inglés), cubre varias técnicas para imagen y medida de superficies hasta una escala fina de nivel molecular y de grupos de átomos. Los aumentos del microscopio electrónico son de 20 a 25000x, con un dispositivo acoplado puede alcanzar de 100 000 a 200 000x. En este tipo de microscopios se utilizan rayos catódicos y lentes electrónicas, los cuales realizan la misma función que los lentes ordinarios en los aparatos ópticos. El resultado de la ampliación no se visualiza en un ocular sino en una pantalla fluorescente, de esta forma es posible fotografiar el resultado directamente del monitor.

Usando el microscopio protónico se puede sobrepasar aún más los aumentos, su utilidad radica en los exámenes de los estados de superficie, únicamente ilumina con luz rasante. A diferencia del microscopio electrónico, el cual tiene más aplicaciones como análisis sobre virus, estructuras metálicas, elementos extremadamente finos, etcétera.



MACROFOTOGRAFÍA. Alas de una mariposa. La de la izquierda fue creada con un objetivo macro convencional. La de la derecha fue tomada con el mismo objetivo pero invertido, se utiliza un anillo inversor que va acoplado a la parte frontal del objetivo, para unirlo al cuerpo de la cámara. De esta manera se logra un aumento considerable si perder luz, la desventaja esta en que se pierde comunicación con la cámara.

MACROFOTOGRAFÍA

En primer lugar es importante señalar que hay autores que distinguen entre los términos de macrofotografía o fotografía macro, fotomacrografía, así como del de fotografía de acercamiento o de aproximación, indistintamente. Otros sólo se refieren a tal técnica sin hacer referencia a las demás. A continuación se citarán algunas definiciones:

Davies, Paul Harcourt, divide la macrofotografía en tres vertientes, en la primera establece que la fotografía de cerca o de aproximación es desde ampliaciones de 1/20 (1:20) hasta el tamaño real (1:1), en la segunda menciona que la fotografía macro se limita a aumentos desde el tamaño real (1:1) hasta 25:1 (25x) y finalmente en la tercera sugiere que la fotomacrografía contempla factores desde 25:1 (25x) a 100:1 (100x) y que a partir de éste último empieza la fotografía microscópica.

Para Gaunt Leonard y Petzold Paul, la macrofotografía es hasta 10:1 (10x) que es donde empieza la microfotografía: "Macrofotografía (macro photography) proceso de tomar fotografías de tamaño mayor del natural con *objetivo* de tipo corriente. La macrofotografía termina donde la microfotografía (con *objetivos* de microscopio) empieza, hacia los diámetros 10x."²¹

Según French Edward y Hebert Teddy, la macrofotografía es una técnica de gran acercamiento que emplea *objetivos* en combinación con uno o más aditamentos que permite aumentos de 1x hasta alrededor de 20x.

Según las definiciones anteriores, podemos apreciar la discrepancia entre los límites que abarca la macrofotografía, incluso el segundo autor no la distingue entre fotografía de aproximación y fotomacrografía. En este caso es relevante indicar que para el realizador de fotografía macro o macrofotografía, (como englobaremos a lo largo de esta tesis los tres conceptos citados al principio de este tema), lo más importante es su factor de ampliación, y conocer los métodos y variables más apropiados para conseguirlo.

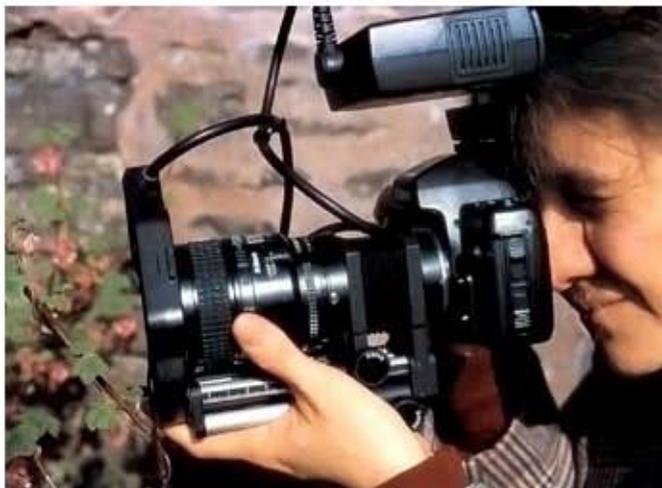


Entonces el concepto de macrofotografía, la entendemos como un proceso fotográfico de aproximación y ampliación (llámese factor de ampliación), capaz de obtener del objeto original factores que van de 1:20 hasta 10:1 (10x), a partir de este último se comienzan a utilizar *objetivos* propios de la microscopía, es decir, los límites de la macrofotografía comprenden desde una reducción del objeto original de 20 veces su tamaño, hasta una ampliación de 10

Arriba. CÁMARA CON FUELLE Y FLASH ANULAR. El fuelle aumenta considerablemente la *distancia focal* de manera variable y por lo tanto incrementa el factor de ampliación tanto como se requiera, combinándolo con otros accesorios. El flash anular permite que la luz incida de forma uniforme y directamente en el objeto a fotografiar, debido a las distancias tan cortas que se requieren para enfocar.

En medio. LENTE DE APROXIMACIÓN.

Abajo. TUBO DE EXTENSIÓN. También aumenta la *distancia focal* pero sin posibilidad de modificación en ella.



veces en el plano de registro de la imagen. Esto se puede lograr con diversos *objetivos* y accesorios, que dependen directamente del fabricante de la cámara, como lo son: los *objetivos macro*, *objetivos acoplados*, *objetivos invertidos* o anillos inversores, *extensiones* (tubos y *fuelles*), *teleobjetivos*, *lentes de aproximación*, flash anulares, así como soportes especiales y regletas de enfoque.

Esta técnica nos obliga a aproximarnos considerablemente al objeto para conseguir los factores de ampliación requeridos, desde su forma más básica nos exige el uso de *objetivos macro*, ya que los convencionales sólo nos permiten acercamientos de 0.75 a

1 m, de esta forma conseguiremos factores de hasta 1:1 según la marca y modelo del *objetivo*, para obtener mayor aumento requeriremos principalmente de *lentes de aproximación* (o lentes convergentes, como también son llamados), *tubos de extensión* o *fuelles*. Sin embargo, es preferible no abusar de las primeras ya que no suelen brindar la suficiente calidad óptica, como lo hacen los *tubos de extensión* sobre todo en trabajos profesionales.

La aplicación de la fotografía macro es sorprendentemente útil en áreas científicas para su estudio y registro, como lo es en medicina, biología (por ejemplo en entomología o botánica), ingeniería en alimentos, criminología, antropología y hasta filatelia, sólo por mencionar algunas. Su importancia radica en el nivel de detalle que es posible obtener de los objetos y que a simple vista el ojo humano no es capaz de registrar para su posterior análisis, por ejemplo de texturas, formas, tamaño, color.



TELEMACROFOTOGRAFÍA. De Salas Trejo Edgar Ivanovich. Odonato, (Celestún, México, 2007). Son un orden de insectos que abarca más de 6000 especies conocidas, incluyendo las libélulas y los caballitos del diablo. Se empleó un objetivo 75-300 mm, ya que es importante utilizar distancias focales amplias al capturar animales poco sociables en presencia humana; gracias a ello se alcanzó un factor de ampliación cercano a 1:10.



1.2.4.2. PROCEDIMIENTOS DE LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

“La fotografía, gracias a técnicas particulares, puede penetrar en dominios que nuestra vista no podría detectar: rayos X, partículas, rayos infrarrojos, rayos ultravioleta, fluorescencia, y, al ampliar nuestras investigaciones más allá del alcance y posibilidades de nuestra vista, las diferentes emulsiones sensibilizadas a las diversas radiaciones, nos revelan fenómenos nuevos.”²²

De acuerdo a la clasificación realizada por Déribéré, Porchez y Tendron (mencionado en el apartado 1.2.4), entonces es posible dividir los procedimientos en:

- A. Procedimientos que emplean radiaciones invisibles y
- B. Procedimiento que utiliza la luz visible

A. PROCEDIMIENTOS CON LUZ NO VISIBLE

También son llamados procedimientos espectométricos, y son los siguientes:

- Luz ultravioleta (U.V.)
- Luz infrarroja
- Rayos X y Gamma (radiografía)
- Fluorescencia

LUZ ULTRAVIOLETA (U.V.)

Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), científico alemán, descubrió en 1801 la existencia de los rayos ultravioleta debido a la acción ennegrecedora que tenía sobre el cloruro de plata.

“Las emulsiones fotográficas son sensibles a los rayos ultravioleta. Se podría pensar que esta sensibilidad es mayor cuanto más corta es la longitud de onda de la radiación. Es posible preparar por sí mismo una placa sensible al ultravioleta sumergiéndola simplemente en una solución de aceite al 5% en gasolina, o mejor de fluoreno al 2,5% en aceite de etilo.”²³

Además, la emulsiones de haluros de plata de las películas normales pueden ser sustituidas por productos químicos y sustancias plásticas, en donde la superficie de éstas, al estar expuestas a los rayos ultravioleta se endurecen en proporción directa a la exposición, y la eliminación de zonas blandas producen la imagen fotográfica.

También, en otros procesos se agrega una película delgada de productos químicos entre las hojas de plástico, los cuales producen burbujas de gas en cantidades proporcionales a la exposición recibida en la zona cuando se les expone a los rayos ultravioleta. Las burbujas crecen y se hacen visibles al aplicar calor en ellas, de tal manera que se origina una transparencia en la que las burbujas de gas forman la imagen. Cierta tipo de plástico, al ser calentado, reacciona químicamente con las burbujas de gas, de modo que se obtiene en las hojas de plástico una imagen positiva con manchas.

TELEFOTOGRAFÍA ULTRAVIOLETA. Por el Telescopio Espacial Hubble. Estrellas. La luz ultravioleta procede de estrellas extremadamente calientes que queman helio al final de sus vidas. Aquí se visualizan cerca de 8 000 estrellas azules cerca del centro de nuestra galaxia vecina M32, situada en la constelación Andrómeda a 2,5 millones de años luz.

La luz ultravioleta también es llamada luz negra, para poder hacer este tipo de luz, se emplea el mismo principio de las lámparas fluorescentes, en donde se utiliza un recubrimiento fosforescente, es decir, un fósforo de conversión, el cual absorbe la radiación U.V. y la convierte en luz visible, en cambio en las lámparas ultravioleta este fósforo es remplazado por uno que es capaz de dejar pasar los rayos U.V. y de detener la radiación del espectro visible. Asimismo se remplaza el vidrio claro de los focos fluorescentes por uno de color azul-violeta al que se le conoce como cristal de Wood. Este cristal fue creado por Robert Williams Wood (1868-1955) quien lo usó como filtro para eliminar los componentes visibles del rayo de luz, dejando así sólo la radiación invisible.

La incidencia de este tipo de luz sobre algunas antigüedades o papel moneda, puede hacer notoria su autenticidad, al mismo tiempo, éste podría ser el mejor método para demostrar las falsificaciones de dichos materiales, además no es invasivo ni destructivo en los objetos examinados. Existen también líquidos fluorescentes que se aplican a estructuras previamente iluminadas con luz ultravioleta y de este modo pueden hacerse visibles algunos defectos que tengan. En el ultravioleta se distinguen dos grupos de realizaciones: el ultravioleta próximo (3,600 Å aproximadamente) y el ultravioleta lejano (2,000 a 3,000 Å).

“Más allá del extremo violeta del espectro hay una banda de radiación invisible a la cual se aplica el término ultravioleta o U.V. Esta región abarca rayos de longitud de onda que van desde los 4,000 hasta unos pocos centenares de unidades de Ångstrom, pero por debajo de



los 2,000 Å tanto la gelatina como el aire dejan de ser transparentes a los rayos. La luz del sol es rica en rayos ultravioleta de la región de 3,000 a 4,000 Å, aunque la mayor parte de ésta, junto con toda la radiación por debajo de los 3,000 Å es filtrada por las capas superiores de la atmósfera de la Tierra antes de que lleguen hasta esta última los rayos solares.”²⁴

La luz ultravioleta si se filtra, da mejores resultados en la microfotografía dado que esto produce mejor definición de detalles finos, gracias a su corta longitud de onda. Este tipo de luz es muy utilizada en áreas como la medicina, la ciencia forense (en lo que se refiere a los documentos susceptibles a falsificación), la astronomía, entre otros.

FOTOGRAFÍA INFRARROJA COLOR. En la mayoría de los casos es imposible predecir los resultados, el verde suele convertirse en magenta y el rojo en amarillo.

FOTOGRAFÍA INFRARROJA BLANCO Y NEGRO. Esta película crea un efecto muy llamativo, transforma las escenas diurnas en nocturnas: oscurece los cielos y aclara el follaje.

LUZ INFRARROJA

La fotografía con luz infrarroja es muy interesante tanto para los aficionados como para los científicos, técnicos y fotógrafos debido a que con ésta se obtienen resultados que no se podrían lograr con una película pancromática.

Este tipo de luz utiliza una fuente de radiación infrarroja, su película permite fotografiar uno de los espectros lumínicos comprendidos entre 700 y 1.200 nanómetros, no visibles para el ojo humano. El inicio de este procedimiento, se remonta a la creación de un sistema militar para detectar camuflajes. Difiere poco de la normal (con luz visible), pero ambas pueden emplear las mismas cámaras y fuentes de luz, así como también comparten los procesos de revelado y fijado.



Para la toma infrarroja pueden utilizarse fuentes de luz como las lámparas de tungsteno, lámparas de photoflood o las de flash de lámina o filamento, esto es porque las películas infrarrojas tienen mayor sensibilidad ante este tipo de luces, estas últimas son adecuadas para tomas en laboratorio. También pueden usarse películas infrarrojas para hacer fotografías de campo, y en estas pueden notarse mayores contrastes tonales, debido a que en este caso, las fuentes de luz son el sol y la que emite el cielo, para estas tomas pueden colocarse filtros que ayuden a reducir la exposición hasta llegar a longitudes de onda más largas.



“Los filtros corrientes amarillos se pueden utilizar, pero son mejores los filtros rojos normalizados o del tipo tricolor. Se pueden obtener efectos más pronunciados utilizando filtros de color rojo intenso.”²⁵

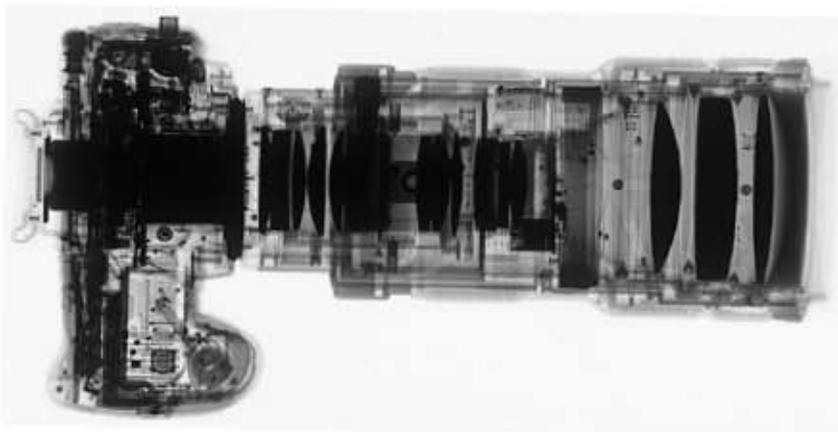
Con la fotografía infrarroja se notan detalles de los objetos que con una toma normal son poco o incluso nulos de verse, así por ejemplo, al fotografiar unas nubes lejanas éstas pueden tornarse invisibles en una imagen convencional, pero si se utiliza una película infrarroja pueden llegar a verse claramente; en otros casos puede enfatizar los colores o bien hacerlos parecer como si fueran *negativos*.

POSITIVO DE PLACA RAYOS X. Cámara Olympus E-3 con un objetivo 35-100 montado. Gracias a la imagen se puede apreciar la ingeniería tanto de la cámara como del objetivo, hasta sus mínimos detalles, como los lentes concavos-convexos y el disparador.

GAMMA CÁMARA. Siemens (2003). Esta nueva cámara provee un eficaz método de diagnóstico cardiológico.

RAYOS X y GAMMA (RADIOGRAFÍA)

Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923). Las fotografías de rayos X y gamma son realizadas por transparencia y no por reflexión como la fotografía tradicional, por lo tanto lo que se obtiene son siluetas. Los rayos X son fotones, una clase de radiación electromagnética, y su propiedad más importante es la de atravesar literalmente con facilidad la materia, pero al encontrarse de frente con una placa especialmente sensibilizada dejan una huella, la cual se aprecia al ser revelada, en las placas médicas por ejemplo.



Los rayos X se emiten por medio de un tubo de vacío o de rayos catódicos, pero por el hecho de que estas fotografías son realizadas por transparencia, no pueden ser enfocadas por dispositivos ópticos. Así que, para la toma se interpone en el camino de los rayos, el objeto en cuestión, se retira el chasis que protege la emulsión de la luz y detrás del elemento a registrar, lo más cerca posible se

coloca la placa, para evitar esfumados por penumbra y difusión de las radiaciones activas, de esta manera se evita el desenfoque. Ahora es posible, con auxilio de la tecnología, obtener imágenes con rapidez y descargarlas en un ordenador en cuestión de segundos.

Los rayos gamma son una radiación similar a los rayos x, estos proceden de elementos radiactivos, con una cantidad de energía considerablemente mayor, así que penetran en la materia más profundamente que otras radiaciones como la alpha o beta, por lo tanto son dañinos para el ser humano si no se manejan adecuadamente, éstos pueden ser usados en medicina nuclear para obtener imágenes tisulares a través de una gammacámara, o para eliminar tumores y células cancerosas. También es posible obtener radiografías con fines industriales como en el análisis del acero, produciendo placas para estudiar su estructura y posibles fallas en alguna construcción.

Este tipo de radiación además, tiene diversas aplicaciones en la vida cotidiana, una de las más relevantes es su empleo para la irradiación de varios tipos de productos que requieren ser esterilizados como son: alimentos, cosméticos, material clínico, guantes, jeringas, catéteres, sondas, material quirúrgico, bisturí, tijeras, agujas; todos éstos deben estar libres de microorganismos para su consumo o utilización, sin dañar al producto o a los consumidores. Esta tecnología tiene un gran potencial a nivel industrial.



FOTOMICROGRAFÍA FLUORESCENTE. Neurona. Esta célula nerviosa se encuentra teñida por una proteína fluorescente llamada GFP, se utiliza en calidad de marcador en las áreas de investigación químico-biológicas. Los científicos que descubrieron tal proteína recibieron el Premio Nobel de Química en 2008.

FLUORESCENCIA

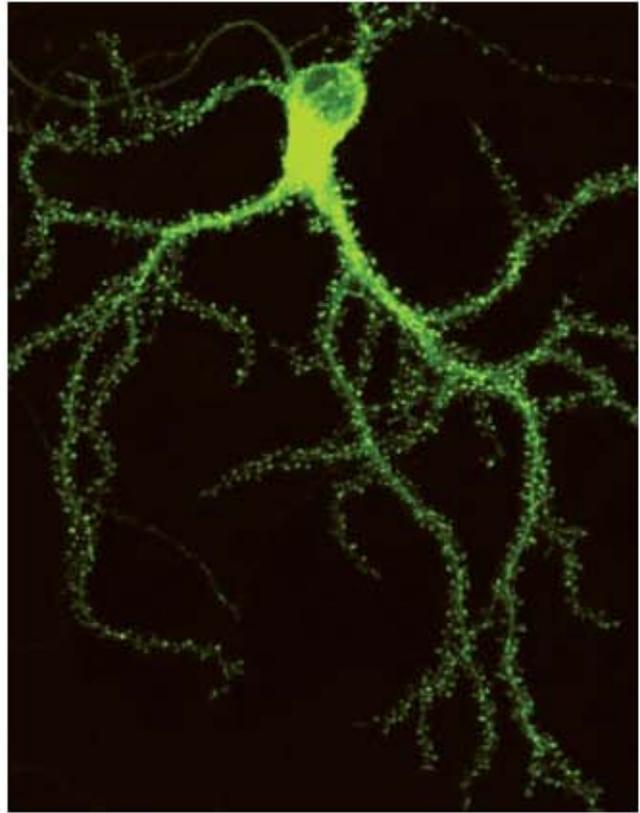
La fluorescencia es un método causado por la luz ultravioleta principalmente, aunque también existe en presencia de rayos catódicos o rayos x. Un filtro especial para el *objetivo* de la cámara, absorbe la radiación U.V. y permite el paso de la fluorescente. Una aplicación para este tipo de fotografía es el estudio de documentos falsificados en criminalística, ya que la luz ultravioleta detecta los rastros de escritura borrada. De igual forma, en los últimos años la investigación médica ha avanzado en este tipo de técnicas, para la detección de células específicas como las tumorales.

“La fotografía de fluorescencia no es propiamente una fotografía en la región no visible de las radiaciones. Consiste en fotografiar en su aspecto visual, las imágenes de fluorescencia obtenidas bajo la acción de los rayos ultravioleta. Cuando éstos chocan contra una sustancia fluorescente, los rayos ultravioletas invisibles la hacen luminosa y aparece entonces, en la oscuridad, con un color característico de su naturaleza, de su estructura o de las impurezas que contenga.”²⁶

La fotografía fluorescente puede llegar a ser opuesta a la luz ultravioleta, esto es porque las sustancias fluorescentes emiten su luz después de haber absorbido y transformado las radiaciones ultravioletas. Por otra parte, se dice que los cuerpos fluorescentes son los que la absorben en mayor cantidad, esto quiere decir que las regiones más claras, en realidad son las más oscuras puesto que absorbieron más luz.

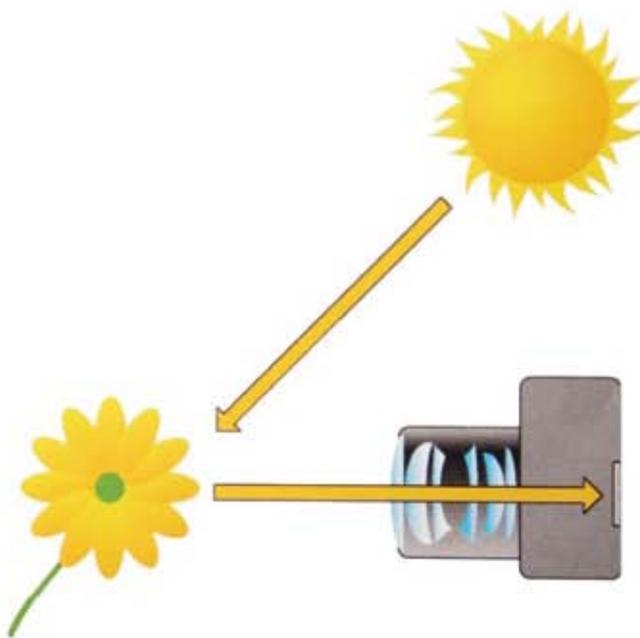
B. PROCEDIMIENTO CON LUZ VISIBLE

Es el procedimiento comúnmente adoptado por la mayoría de los fotógrafos. En el presente siglo, no ofrece ninguna dificultad en particular más que de conocimientos técnicos sobre el uso y manipulación de la cámara y materiales sensibles. Existen cámaras análogas que recurren a películas fotosensibles para plasmar las imágenes; y otras más innovadoras que son de formato digital, estas últimas capturan la luz sobre un *sensor* electrónico, el cual interpreta y transforma la radiación visible en impulsos eléctricos que posteriormente son almacenados en tarjetas magnéticas en forma de archivos informáticos, por ende dicha tecnología requiere de nuevos conocimientos adquiridos, sin embargo, puede resultar ser una mejor alternativa para el fotógrafo profesional por su alta versatilidad.



Arriba. PRINCIPIO BÁSICO DE UNA CÁMARA. En una cámara óptica ya sea digital o análoga, la luz atraviesa el objetivo hasta llegar a la película o sensor de la misma.

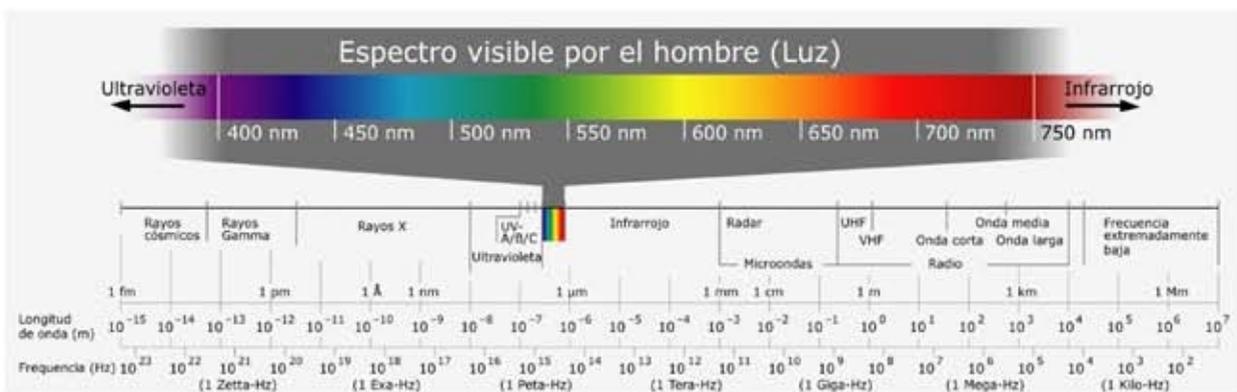
Abajo. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. De Horst Frank. Se extiende desde los rayos cósmicos de menor longitud de onda, pasando por la luz visible, hasta las ondas de radio de menor frecuencia.



Los colores que es capaz de percibir el ojo humano, la emulsión fotográfica o el sensor de la cámara digital, se hacen visibles por medio de la luz y proceden de una fuente, ya sea natural (el sol), o artificial (lámparas eléctricas). La luz 'blanca' emitida por dichas fuentes, no es monocromática, esto es posible comprobarlo al hacer pasar un haz luminoso de esta radiación a través un prisma, que por efecto de un fenómeno físico llamado refracción se descompone en 'n' cantidad de colores, los cuales conforman el espectro visible, comprende las longitudes de onda desde 380 nm hasta 780 nm, siendo ésta una pequeña porción del espectro electromagnético.

Una de las ramas más antiguas de la física es la óptica, ciencia de la luz, que comienza cuando el hombre trata de explicar el fenómeno de la visión. De acuerdo a la teoría onduladora de la luz, propuesta por el físico holandés Christian Huygens en el año 1678, la luz es una forma de energía electromagnética que es irradiada por una fuente energética y se propaga por ondas en línea recta a una velocidad en el vacío de 299 792 458 m/seg. La longitud de onda determina el color dominante y la amplitud la intensidad luminosa.

La luz es una forma de energía electromagnética que es irradiada por una fuente energética y se propaga por ondas en línea recta a una velocidad en el vacío de 299 792 458 m/seg. La longitud de onda determina el color dominante y la amplitud la intensidad luminosa.



Cuando la energía luminosa tiene algún tipo de interacción sobre la materia pueden darse varios fenómenos físicos como son: la transmisión, la absorción, la refracción, la reflexión, entre otras.

TRANSMISIÓN

Es el paso de la luz a través de cuerpos transparentes o traslúcidos, puede ser directa o difusa. La directa sucede en materiales transparentes como el agua, aire o el vidrio. Y la difusa ocurre en objetos traslúcidos como algunas clases de plástico, albanene o acrílico.

REFRACCIÓN. De Correa Porras Daniela. Debido a los diferentes índices de refracción del agua y el aire la luz del fondo es refractada al pasar a través de la gota, formando una imagen invertida y con cierto anamorfismo.

ABSORCIÓN

En la naturaleza, un objeto que es golpeado por un haz de luz absorbe todos los colores y refleja el color del espectro correspondiente a la onda emitida por el pigmento que posee en su superficie, ocasionando un cambio en la longitud de onda, convirtiéndola en calor como es el caso de los tonos oscuros. Analizando este fenómeno podríamos deducir que los objetos son de todos los colores, menos del color que reflejan.



REFRACCIÓN

Es el cambio de dirección que experimenta una onda luminosa al pasar de un medio material a otro. Solo se produce si la luz incide oblicuamente y si ambos medios tienen distinto índice de refracción o densidad óptica. Ésta se origina en el cambio de velocidad que experimenta al cambiar de ambiente, como sucede al observar una pajilla dentro de un vaso de cristal transparente lleno de agua, a la vista, la pajilla parece estar rota.

REFLEXIÓN

Es el cambio de dirección del flujo luminoso o una onda que ocurre cuando rebota en un cuerpo. La reflexión de la luz puede ser de dos tipos, dependiendo de la forma de la superficie de separación:

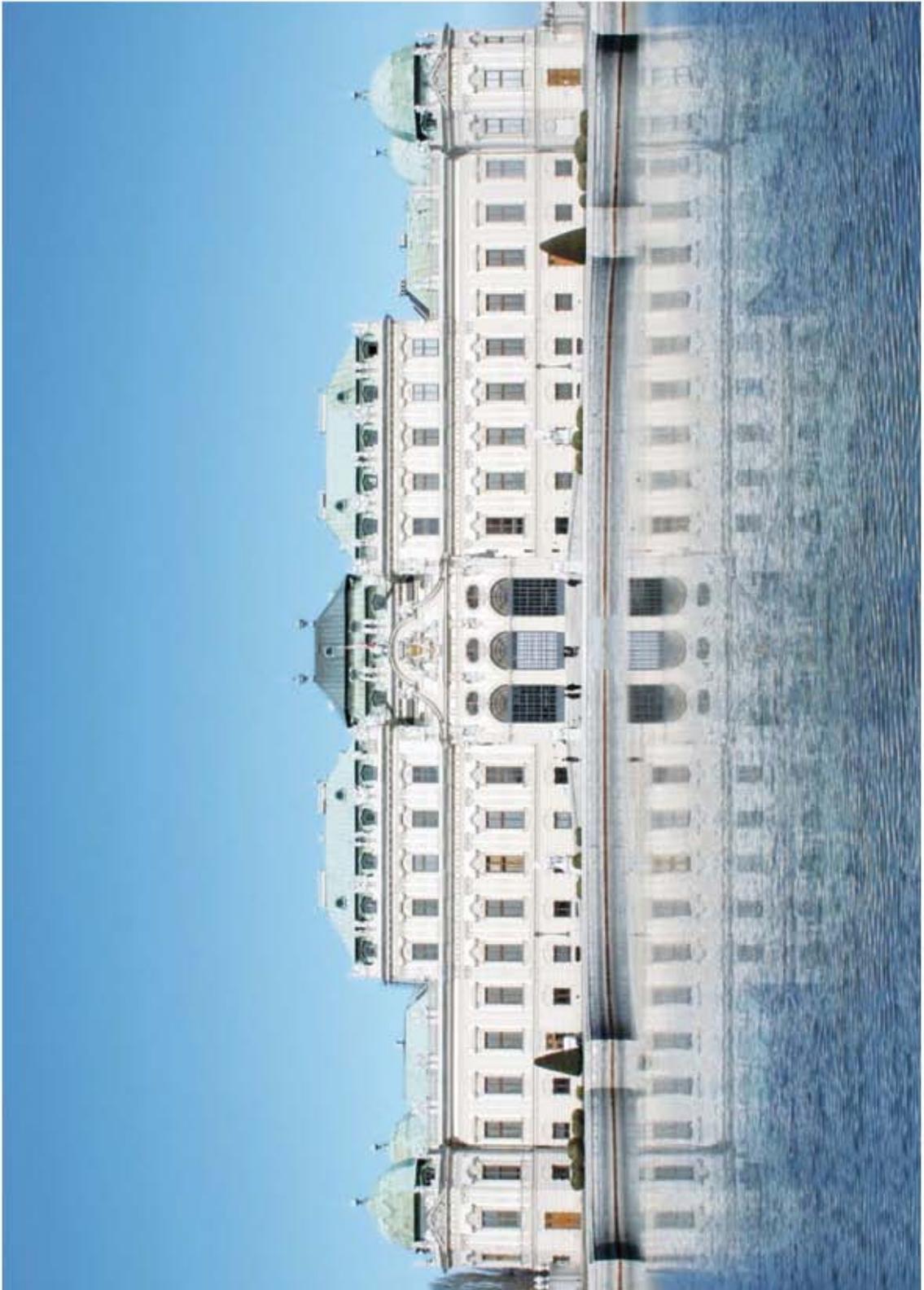
Especular (como en un espejo) o difusa (cuando no se conserva la imagen, pero se refleja la energía). En la reflexión especular, cada rayo que incide sobre la superficie es devuelto,

produciendo el mismo ángulo tanto de reflexión como de incidencia, se presenta en objetos con superficies lisas o pulidas como metales, líquidos o cristales.

La difusa sucede cuando la superficie reflejante es áspera o irregular, los rayos reflejados no son paralelos a los rayos incidentes, es decir, éstos se reflejan a todas direcciones, por lo que no se conserva la imagen. Por eso la superficie sólo la veremos iluminada.

En fotometría, la reflectancia es la medida de la reflexión, y se define como la relación entre el flujo luminoso incidente y el flujo luminoso reflejado. Este factor es importante para conocer el grado de iluminación de una superficie, es decir, la superficie de la carne fresca en su mayoría dominada por un color rojizo deberá reflejar menos flujo que una carne con formación de cristales de hielo en su superficie.

REFLEXIÓN ESPECULAR Y DIFUSA. De Correa Porras Daniela. Palacio Belvedere alto, (Viena, 2008). Sin la acción del hombre es muy difícil que la reflexión especular se manifieste por completo. El reflejo del palacio se logra apreciar de manera parcial, debido a la acción del viento sobre la superficie del agua. Éste es un palacio de estructura barroca, construido entre 1714 y 1723 por Johann Lukas von Hildebrandt.



REFLEXIÓN DIFUSA. De Salas Trejo Edgar Ivanovich. Ondas en el agua, (Celestún, México, 2007). Debido al movimiento de los peces y a la fuerza de empuje que ellos ejercen en el interior del líquido, se producen ondas irregulares en su superficie, lo que provoca que la luz que incide, rebote en 'n' cantidad de direcciones, impidiendo que se forme una imagen concreta del entorno.



1.3. EL ESTUDIO DE LA IMAGEN, IMAGENOLOGÍA

Además de los métodos microbiológicos y químicos que se realizan para determinar la calidad en carnes, como el test TBA (thiobarbituric acid test), los cuales se mencionarán en el apartado 2.2.4., una de las técnicas más utilizadas en la industria alimentaria y también una de las menos costosas para el análisis de calidad en los alimentos, es la fotografía macro y micro, combinada con variados procedimientos de luz en el espectro visible y no visible.

La Imagenología, es entendida como el conjunto de técnicas y procesos usados para obtener imágenes del cuerpo humano, o partes de él, con propósitos originalmente clínicos y de diagnóstico, como son la radiología, endoscopía, termografía, ultrasonografía o ultrasonido, tomografía, resonancia magnética, microscopía y la fotografía médica; aunado a esto se ha extendido a otros campos científicos donde es necesaria su aplicación, por ejemplo, en el área de investigaciones biomédicas, ciencias forenses, ciencias ambientales, en la industria metalúrgica para el análisis de la superficie de metales, en la industria textil e incluso en el ámbito de Ingeniería en Alimentos para la evaluación cualitativa de los víveres.

La estructura y microestructura proporcionan información de una gran variedad de cualidades de los alimentos como la composición química y distribución de sus componentes, características estructurales y la presencia de contaminantes o microorganismos. La mayor parte de los alimentos están compuestos por partículas de tamaños mayores a $1\ \mu\text{m}$, visibles a simple vista. Con equipos ópticos pueden detectarse detalles estructurales como fibras o glóbulos de la carne, y con el apoyo de procedimientos de coloración específicos es posible distinguir las proteínas de los almidones, de los componentes minerales y de las grasas, etcétera. Con ayuda de la microscopía electrónica puede obtenerse más detalle, produciendo imágenes en distintos tonos de grises; sin embargo, mediante técnicas de coloración por software se pueden obtener imágenes con pigmentaciones reales. En lugar de luz, el microscopio de barrido electrónico utiliza electrones que se producen en un filamento de tungsteno y de un electrodo de hexabromuro de lantano (LaB_6). Los haces de electrones se enfocan mediante lentes magnéticos, superando así, las limitaciones de los procesos ópticos.

La información estructural es importante y necesaria para caracterizar y controlar las propiedades de los materiales alimenticios. La preparación de las muestras determina el potencial de información que puede derivarse de la micro y nano visión. Sólo la combinación de distintas técnicas (ópticas, de barrido electrónico) con procedimientos espectrométricos (rayos x, infrarrojo, U.V., etcétera.) permiten afrontar con resultados prácticos los retos que presentan las relaciones entre lo micro y lo macro en sistemas complejos como lo son los alimentos.

Se llama estudio o análisis de imágenes a la extracción de información derivada de *negativos*, soportes magnéticos o *sensores* y representada gráficamente en formato de dos o tres dimensiones, para lo cual se puede utilizar tanto análisis visual como digital. Abarca cualquier técnica y procedimiento fotográfico abordado en esta tesis (apartado 1.2.4.), así como el análisis perteneciente a la Imagenología clínica o no clínica. La aplicación que nos interesa, por supuesto, es en el ámbito de la Ingeniería en Alimentos.

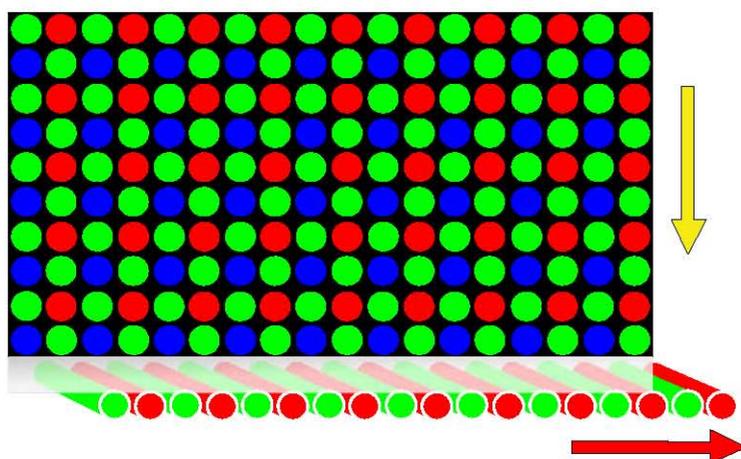
SENSOR CCD. Los datos capturados por este *sensor* se leen por filas y tienen que desplazarse por una 'cinta transportadora' para ser leídos en la fila de salida. Aunque las cámaras digitales hacen fotografías a color, los *sensores* no lo distinguen, solo registran la luminancia. Se usan filtros de color para restringir el rango de luz que puede leer cada diodo del *sensor*.

La textura, en específico, la visual, es una característica muy importante de la imagen y se ha aplicado en la industria alimentaria para la evaluación y la inspección de calidad en los alimentos. Sin embargo, el concepto de textura en el ordenador es totalmente diferente del utilizado en la industria alimentaria. Mientras que en ésta última, la dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad, adherencia o fragilidad son parámetros usualmente medidos en ese ámbito, en la textura visual es posible obtener parámetros totalmente distintos gracias a la información almacenada en cada píxel de la imagen, como valores de color, tono, saturación, brillo, dependiendo del *modo de color*; la alteración de los valores en la intensidad de los píxeles conforma la textura de la imagen, que puede contener información de la estructura geométrica del objeto, puesto que un gran cambio en los valores de intensidad indican variación en la estructura.

Algunos otros métodos de análisis no tan convencionales utilizados en este medio, son los siguientes:

- La ultrasonografía, ecografía o ultrasonido (con fines diagnósticos de órganos o masas internas)
- Sondas ópticas (medición del espesor de la grasa)
- Rigorometría (medición de actividad muscular, una vez transcurrido el rigor mortis)
- Refractometría (medición de índices de refracción en los fluidos cárnicos)
- Espectrofotometría por absorbancia, transmitancia o reflectancia (medición del color de la carne)
- Microespectrofluorimetría (predicción de edad biológica)
- Microscopia electrónica (análisis de la estructura molecular de la carne)

En estos días cada vez es más frecuente recurrir a técnicas digitales por su accesibilidad en costos. Así que no es de extrañarse que la fotografía digital actualmente sea un medio viable para realizar esta clase de técnicas. En seguida se mencionarán las partes más importantes de un fichero o archivo de imagen.



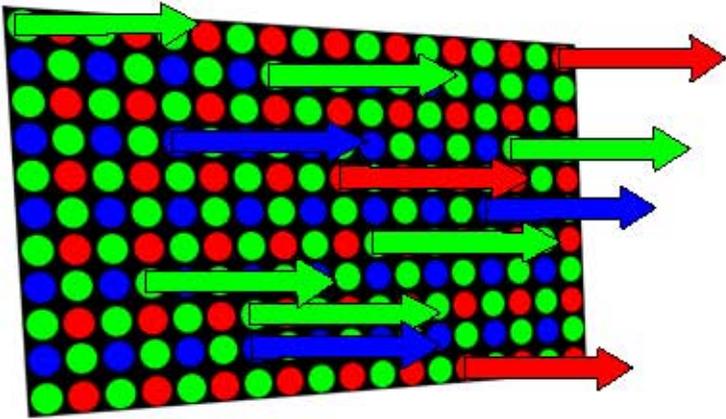
Existen dos tipos, las imágenes vectoriales y las de mapa de bits. Un archivo vectorial se compone de coordenadas y fórmulas matemáticas que al ser interpretadas específicamente por un software, constituye la imagen en nodos, líneas y planos. Y los de mapa de bits están formados desde algunos cuantos píxeles hasta millones de ellos, los cuales resguardan cierta información numérica de acuerdo al *modo de color*, profundidad del mismo y tipo de extensión (con o sin compresión) con el que son almacenados, para posteriormente construir la imagen de igual manera que con los ficheros vectoriales (con ayuda de un software de interpretación).

La clase de archivo que nos interesa comprender es la de mapa de bits, puesto que es el archivo creado por las distintas modalidades de digitalización de una imagen en Imagenología, desde una cámara digital que utiliza *sensores CCD* o de tecnología más avanzada,

SENSOR CMOS. En un *sensor* como este, pueden leerse los datos de todos los píxeles al mismo tiempo, lo que permite un flujo de información de la imagen más rápido que con los *sensores* CCD y un ahorro de energía.

MACROFOTOGRAFÍA. De Salas Trejo Edgar Ivanovich. Imagen pixelada digitalmente.

CMOS; o el escaneo de placas obtenidas por algún proceso del espectro electromagnético; hasta las producidas por *sensores* especiales y microprocesadores incorporados en instrumentos como el tomógrafo, el ecógrafo, o la resonancia magnética, etc.



Entonces el píxel es la unidad básica de la imagen digital de mapa de bits, determina el tamaño de la misma en dos dimensiones (ancho y largo), así como su resolución, la cual corresponde a la cantidad de píxeles por unidad de medida, de tal manera que el píxel puede llegar a tener distintos tamaños de acuerdo a su resolución. Y resguarda dos tipos de información:

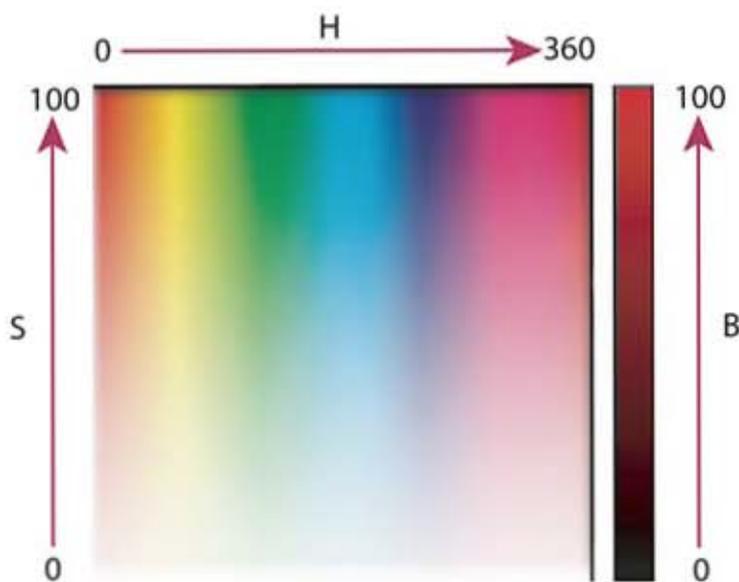
- El valor de intensidad luminosa con respecto a cada componente del *modo de color* de la imagen, es decir, si la imagen se encuentra en el *modo de color* RGB entonces cada píxel tendrá almacenado un número para el componente rojo, uno para el componente verde y otro para el azul, así la unión o mezcla de los tres valores dará un color en específico dependiendo de la *profundidad de color* de la fotografía. De esta forma, cuando uno de los componentes vale 0, significa que ésta no interviene en la mezcla y cuando vale 255 indica que lo hace aportando el máximo de ese tono.
- Y el valor de localización en coordenadas, que determina la posición de cada píxel en la imagen.



El modelo o *modo de color* se refiere al sistema en que serán guardados los valores de cada píxel, por lo tanto a la forma en que se visualizará en pantalla y en su caso la manera en que se imprimirá un archivo. Los modos de color significativos para el desarrollo de esta tesis son los siguientes:

MODO DE COLOR HSB

También conocido como HSV, el *modo de color* HSB está basado en lo que percibe el ojo humano y se describe en tres características fundamentales que son el Tono (H), Saturación (S) y el Brillo (B) o Valor (V).



Tono: Es el color reflejado o transmitido a través de un objeto. Se mide como una posición en la rueda de colores estándar y se expresa en grados entre 0° y 360° . El tono se identifica por el nombre del color, como rojo, naranja o verde.

Saturación: Es la pureza del color. "La saturación total o máxima ocurre cuando un color es puro, es decir, adquiere su máxima fuerza y carece totalmente de blanco, negro o algún otro pigmento ajeno a él."²⁷ Representa la cantidad de gris que existe en proporción al tono y se expresa en un porcentaje comprendido entre el 0% (gris) y el 100% (saturación completa).

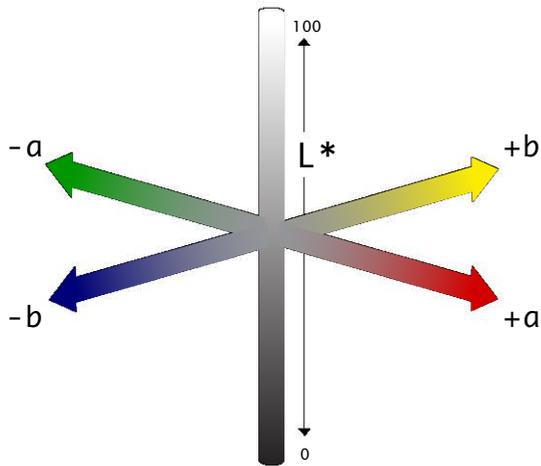
Brillo: "Es la característica de una sensación visual, según la cual una área parece emitir más o menos luz."²⁸ Es la luminosidad u oscuridad relativa del color y normalmente se expresa como un porcentaje comprendido entre 0% (negro) y 100% (blanco). En la óptica, el brillo es un concepto que se inventó para medir la cantidad de energía luminosa emitida por un emisor secundario, es decir, una superficie que es capaz de reflejar cierta cantidad de luz, proveniente de una fuente primaria como el sol o una lámpara incandescente. El brillo es algo que se manifiesta claramente en la visión humana, por ejemplo, al observar paralelamente dos cuartos, uno de color blanco y otro negro con la misma incidencia de luz, veremos el primero bastante iluminado y el segundo en penumbra.

LUMINOSIDAD DEL MODO LAB

El modelo de color Lab se basa en el modelo propuesto en 1931 por la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) como estándar internacional para medir el color. En 1976, este modelo se perfeccionó y se denominó CIE Lab. Éste describe la apariencia del color en lugar de la cantidad de colorante necesario, para que un dispositivo (como un monitor, una impresora o una cámara digital) produzca el color de manera independiente y coherente. Los sistemas de gestión de color utilizan Lab como referencia para transformar un color de forma predecible de un modo a otro.

Arriba. MODO DE COLOR LAB.

Abajo. ESCALA DE GRISES.



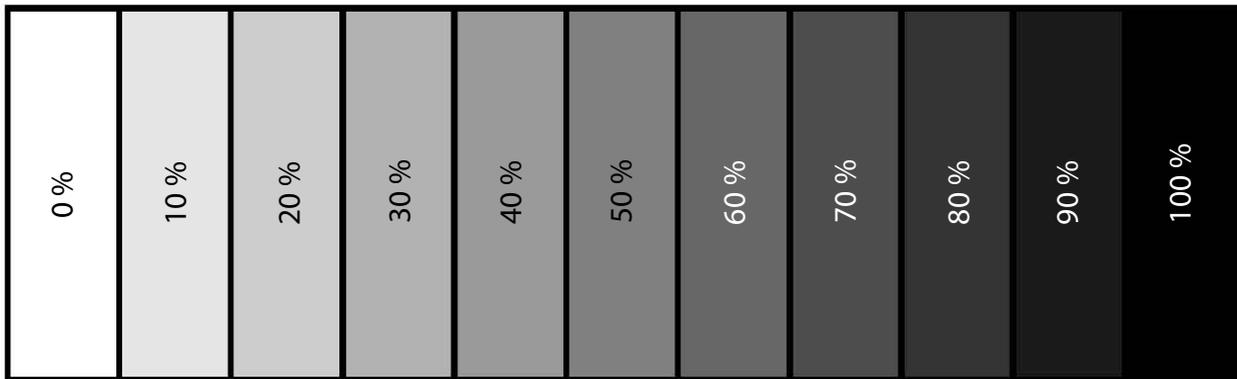
Este modo permite cambiar la luminosidad de una imagen sin alterar los valores de tono y saturación, siendo adecuado para transferir imágenes de un sistema a otro, pues los valores cromáticos se mantienen independientes del dispositivo de salida.

Los componentes de Lab son luminosidad (L) que varía entre 0 y 100, el componente a (eje verde-rojo) y el b (eje azul-amarillo) pueden estar comprendidos entre los valores +127 y -128.

“La luminosidad es la intensidad luminosa o cantidad de energía lumínica que puede reflejar un color. Se dice que los colores claros tienen más luminosidad que los oscuros.”²⁹

ESCALA DE GRISES

Es una escala tonal que utiliza un valor de brillo comprendido entre el blanco (0%) y el negro (100%), la cantidad de tonos de gris dependerá del número de bits que se usen para cada píxel. Por ejemplo, una imagen de 8 bits solo podrá representar 256 tonos (2^8), una imagen de 16 bits representará 65,536 tonos (2^{16}) y así a medida que aumente el número de bits, mayor será la cantidad de tonos representados en la imagen, pero así mismo se requerirá mayor espacio para el almacenamiento.



1.3.1. MÉTODOS DE MEDIDA DEL COLOR

Antes de hablar sobre los métodos de medida del color es importante definir que es el color. Éste se conceptualiza como la sensación cromática recibida en el cerebro como resultante de las diferentes longitudes de onda que llegan como estímulo al ojo. Estos estímulos pueden ser directos, es decir, una fuente luminosa de color, o indirectos, un material que refleja o absorbe la luz.

COLORÍMETRO. Konica-Minolta CR-410 C. Colorímetro para aplicaciones alimentarias, específicamente para el café en haba entero. Actualmente el café asado es evaluado visualmente, se usa este dispositivo para obtener medidas más objetivas y para la realización de índices de color, ahorrando tiempo y costes.

Como ya se ha mencionado, de acuerdo con la teoría ondulatoria, la luz es una radiación electromagnética que transporta energía en forma de campo eléctrico y magnético. Algunas de las características de la radiación es la frecuencia y la longitud de onda, que son inversamente proporcionales y tienen una interpretación subjetiva, que es el color. Cada frecuencia o longitud tiene asociado un color que sólo se forma en nuestra mente. Existe una reflexión diferencial de las diversas radiaciones luminosas del espectro visible cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 380 nm y 780 nm como se ha mencionado, en consecuencia, al llegar al ojo, se produce la excitación de ciertos centros del córtex por los influjos nerviosos procedentes de las células fotosensibles de la retina. Por tanto, al ser un fenómeno puramente cerebral es subjetivo y puede variar de una persona a otra.

Los métodos para valorar el color son muy variados. En general, se dividen en instrumentales y sensoriales. Entre los primeros se encuentran los dispositivos de absorbancia y reflectancia como el colorímetro, siendo éste de uso común para el estudio del color de la carne. Es una herramienta que identifica el color y el matiz que proporciona una medida más objetiva del color. Es un aparato basado en la Ley de absorción de la luz habitualmente conocida como *Ley de Lambert-Beer*. Los sensores miden la cantidad de luz que atravesó la muestra, comparando la cantidad entrante o reflejada y la lectura de la cantidad absorbida. Dependiendo del instrumento, la lectura puede ser interpretada en distintos modos del color como CIE Lab o RGB.

“Los colorímetros tienen como objeto esencial la localización de colores con la ayuda de 3 parámetros independientes (iluminador estándar, objeto y observador estándar). Dan coordenadas de color.”³⁰



Referencias

Capítulo 1

- ¹ Bonfil Olivera, Martín. Revista *¿cómo ves?*. Sección: "Ojo de Mosca" Artículo: "Creatividad Científica". Octubre de 2008, No. 119, p. 7.
- ² "Diccionario de la Real Academia Española". Vigésima Segunda Edición, 2001.
- ³ Revista FOTO. Artículo: "Grandes nombres en la historia de la fotografía". Noviembre de 2000, p. 49.
- ⁴ Ídem. Revista FOTO, diciembre de 2000, p. 79.
- ⁵ Martín, Judy. "Colorear Fotografías". Madrid, España; Celeste Ediciones, 1992. p. 8.
- ⁶ Newhall, Beaumont. "Historia de la fotografía". Barcelona; G. Gili, 2002. p. 21.
- ⁷ Op. cit. Revista FOTO, diciembre de 2000, p. 81.
- ⁸ Ídem. p. 81.
- ⁹ Déribéré, Maurice. "La fotografía científica: Identificación, estudio pericial de documentos y obras de arte, policía judicial, ciencias naturales, geología, arqueología, filatelia". Barcelona; Omega, 1967. p.9.
- ¹⁰ Ídem, p.8.
- ¹¹ Draper, John William. "Human Physiology". Inglaterra; Harper & Brothers, 1856.
- ¹² Fontcuberta, Joan. "Fotografía: conceptos y procedimientos, una propuesta metodológica". México; Gustavo Gili, 1994. p. 110.
- ¹³ Op. Cit. Newhall, Beaumont. p. 123.
- ¹⁴ Vázquez, Alejandro. Tesis: "Fotografía científica de campo: toma fotográfica de aves para el Laboratorio de Ecología de la UBIPRO de la FES Iztacala realizada en Santa María Tecomavaca y San Juan Bautista Coyula, Oaxaca". México, Cuautitlán Izcalli; UNAM, 2007 p. 42.
- ¹⁵ Op. Cit. Déribéré, Maurice.
- ¹⁶ Sifuentes R. Francisco Javier, Vázquez A. Ricardo. "Introducción a la fotogrametría". México; Editorial Trillas. p.12.
- ¹⁷ Gaunt, Leonard y Petzold, Paul. "Enciclopedia ilustrada de fotografía amateur". Barcelona; Omega.1975 p. 343.
- ¹⁸ Ídem. p. 343.
- ¹⁹ Orrego, Carlos. "Revista colombiana de Física", vol. 34, No. 1. 2002. p. 214.

Referencias

Capítulo 1

²⁰ Frarrand, Richard. "Photografic Techniques". 1973. p. 221.

²¹ Op. Cit. Gaunt, Leonard y Petzold, Paul. p. 430.

²² Op. Cit. Déribéré, Maurice. p. 30.

²³ Ídem.

²⁴ Op. Cit. Leonard, Gaunt y Paul, Petzold. p. 689.

²⁵ Ídem. p. 298.

²⁶ Ídem. p. 32.

²⁷ Chapa Carreón, Jorge. "Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría". Editorial Limusa, México, D.F. 1990, p. 41.

²⁸ Ídem.

²⁹ Ídem.

³⁰ Swatland, Howard. "Meat cuts and muscle foods". Nottingham; Nottingham University, 2004.

Capítulo 2

**Fundamentos del Proyecto
PAPIIT No. IN 204506-2**

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO PAPIIT

La necesidad del hombre de conservar sus alimentos desde tiempos remotos ha sido imprescindible, en especial en su almacenamiento y transporte desde sus puntos de origen hasta los mercados de distribución, esto lo ha llevado a recurrir a variadas técnicas de conservación. Una de la más favorables y recurridas es la aplicación de bajas temperaturas no sólo en víveres sino también en medicamentos y productos para la industria.

En el proyecto PAPIIT No. IN204506-2 bajo la dirección del Dr. José Luis Arjona Román y co-responsable la M. en C. Rosalía Meléndez Pérez, <<Evaluación de Propiedades termodinámicas de materiales alimentarios por Calorimetría Diferencial de Barrido Modulada (MDSC) a bajas temperaturas>> se plantea avanzar en el conocimiento del comportamiento de las variables termodinámicas a bajas temperaturas en productos cárnicos y sus derivados.

Resultados interesantes se han encontrado con la aplicación del análisis térmico y la calorimetría diferencial de barrido (Goof H. D., 1994) en particular, para identificar la serie de alteraciones en los productos cárnicos entre los que destacan los trabajos de (Kijowski, 1988) en pollo; (Smith D. M., 1987) en pavo; (Hurling y McArtur, 1996) en bacalao, que han observado consecuencias similares en los parámetros estudiados en el calentamiento, congelación y recongelación de los mismos. No obstante, de las investigaciones realizadas entorno a la congelación de la carne y los efectos colaterales que este proceso ocasiona en ella, es preciso seguir investigando para el entendimiento del comportamiento de variables termodinámicas que se presentan en composiciones tan complejas como lo son la carne de cerdo y sus derivados, que por efecto de la temperatura y el tiempo de congelación manifiestan cambios de tipo químicos, físicos y mecánicos en su estructura.

Los materiales alimentarios presentan una amplia diversidad tanto en estructura como en composición, que en conjunto definen sus propiedades. Entre los componentes principales que los constituyen se encuentran carbohidratos, lípidos, proteínas y agua. Este último ocupa un mayor porcentaje, además actúa como catalizador de reacciones, en función de temperatura y tiempo, dependiendo la operación de conservación que se aplique y en las que, el estado físico y las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y bioquímicas de este tipo de materiales son afectadas en su comportamiento durante el procesamiento, almacenamiento, distribución y consumo.

En particular, durante la congelación, la etapa del crecimiento de cristales es controlada por la forma y dirección de la remoción del calor. En este punto, la viscosidad de la solución aumenta progresivamente y tiene gran influencia la conductividad térmica, así como la concentración de solutos, para dar lugar al crecimiento de cristales, a su forma, tamaño y estructura y que, repercutirán en las características y atributos de calidad del producto al momento de su consumo. Las consecuencias son la distorsión y desnaturalización de fibras musculares, desecación de células, reducción de la capacidad de retención de agua, aumento de la cantidad de jugos exudados y disminución de ternura.

Una de las técnicas utilizadas para evaluar parámetros de calidad como textura y color en la carne, es la fotografía. La textura puede en un cierto grado reflejar la estructura celular de productos alimenticios y es utilizada como indicador del valor nutritivo.

Es requerido un archivo fotográfico de carne para poder realizar el análisis correspondiente en su estructura y contribuir al desarrollo de esta investigación, para ello se recurrirá a la macrofotografía, técnica muy útil para obtener detalles muy pequeños del objeto; así como se planteará el procedimiento utilizado para la creación de dicho archivo, el cual se mencionará en el 'CAPÍTULO 3 FUNDAMENTOS Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO' y que asistirá a fotógrafos que deseen incursionar en esta área.

Pese a que hay investigaciones en el campo de la Ingeniería en Alimentos, relacionados con productos cárnicos que utilizan la técnica de la macrofotografía para su evaluación (por ejemplo en el artículo "Predicting mechanical properties of fried chicken nuggets using image processing and neural network techniques"³¹), no hay una referencia adecuada para el desarrollo de la toma fotográfica, en especial en este ámbito poco explorado.

Conforme al desarrollo del proyecto PAPIIT y las necesidades del mismo, se formalizó una invitación por parte de los responsables hacia la Carrera de Diseño y Comunicación Visual, para que se contara con el apoyo y asesoría en el área de Imagen, así mismo ésta fue la responsable de la creación del archivo fotográfico de carne que se había mencionado en párrafos anteriores, así como del respaldo de la información obtenida del análisis de dichas imágenes.

2.1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO PAPIIT

Analizar el comportamiento de propiedades termodinámicas de productos cárnicos, derivados y jugos exudados a baja temperatura, mediante la aplicación de la calorimetría diferencial de barrido modulado por refrigeración mecánica controlada, orientándolo a la evaluación de la relación de compatibilidad proceso-producto, la optimización del procesamiento térmico y la vida de anaquel de materiales.

Evaluar las propiedades de los alimentos sólidos de alta humedad como cárnicos y jugos exudados, mediante el efecto de la velocidad y modulación de la congelación, para determinar por efecto de la cristalización de agua, los intervalos correspondientes a cambios estructurales en un MDSC. Así como los cambios en difusividad térmica durante la congelación de cortes de carne de cerdo y sus fluidos.

Analizar en un MDSC, el comportamiento de la capacidad calorífica, el flujo de calor reversible y entalpías en productos cárnicos y derivados al estado fresco, sometidos a congelación y recongelación controladas para establecer límites del daño estructural por efectos de la recristalización del agua contenida. Como también el comportamiento de los materiales en estudio en vida de anaquel para establecer en base a cambios de color y características mecánicas, sus correlaciones con los procesos deteriorativos.

2.1.2. HIPÓTESIS GENERAL DEL PROYECTO PAPIIT

La velocidad de enfriamiento definirá la conformación estructural y tamaño de cristales de hielo en alimentos de alta humedad durante la congelación, reflejando manifestaciones de cambios en las entalpías de cristalización y fusión de materiales así como en la magnitud de la capacidad calorífica con consecuencias en las características mecánicas de los productos.

Las variables de entalpía, temperaturas de transición y capacidad calorífica se mostrarán como buenos indicadores para el control de aplicaciones de bajas temperaturas.

2.2. LA CARNE

La carne es el tejido muscular animal que se consume como alimento. Ésta se trata de una clasificación coloquial y comercial que por lo general sólo se aplica a los animales vertebrados terrestres (mamíferos, aves y reptiles). No obstante, el grupo de animales acuáticos y sus partes comestibles (peces, anfibios, crustáceos, moluscos y mamíferos), también son nombrados en algunas regiones como carne, y en otras como pescado o marisco.

2.2.1. DEFINICIÓN DE CARNE

Independientemente de su clasificación y definición biológica, de la cual hablaremos en el siguiente apartado, podemos llegar a una definición más aceptada y generalizada que nos servirá como base para el planteamiento de la presente tesis:

“Desde una perspectiva práctica se entiende por carne a todas las partes de los animales de sangre caliente, propias para consumo humano. La masa muscular de los animales de sangre caliente es la fibra muscular, todo músculo o parte comestible del animal que se encuentre en condiciones sanitarias aptas para el consumo humano.”³²

En *bromatología*, ciencia que estudia los alimentos, la carne es un producto obtenido después de matar a un animal y eliminar las vísceras en condiciones de higiene adecuadas durante su proceso.

Desde el punto de vista nutricional, la carne es una fuente habitual en la dieta humana de proteínas, grasas y minerales principalmente. De todos los alimentos que se obtienen de los animales y plantas, la carne es el que mayores valoraciones y apreciaciones alcanza en los mercados y, paradójicamente, también es uno de los alimentos más evitados y que más polémicas suscita. La mayor parte del consumo de carne de los seres humanos proviene de mamíferos, si bien apenas nos alimentamos de una pequeña cantidad de las 4600 especies que existen.

Consumimos sobre todo carne de animales *ungulados*, domesticados para proveer alimento. Las especies de abasto básicas para el consumo son el ganado ovino, bovino, porcino y las aves de corral, mientras que las especies complementarias son el ganado caprino, equino y la caza (mayor y menor). La industria cárnica es uno de los segmentos más importantes en la industria de la alimentación, es la que mayor volumen de ventas tiene y el consumo de la misma esta incrementándose rápidamente a nivel mundial, lo que implica que en algunos años se necesiten soluciones eficaces para satisfacer su demanda. Es un campo necesitado de nuevas ideas, tecnologías y tendencias.

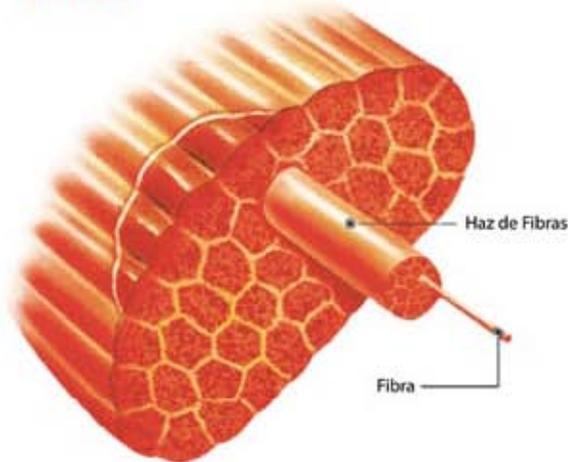
MÚSCULO ESTRIADO. Constitución de un paquete muscular. Un paquete muscular esta formado por haces de fibras musculares.

FIBRA MUSCULAR. Constitución de una fibra muscular. Una fibra muscular esta integrada por miofibrillas y éstas a su vez por miofilamentos de actina y miosina.

2.2.2. COMPOSICIÓN DE LA CARNE

El sistema músculo-esquelético, está constituido por músculos estriados unidos al sistema óseo, esta compuesto por grandes células alargadas fusiformes y multinucleadas llamadas fibras musculares, cuya longitud va de 1mm a varios centímetros. Existen dos grandes tipos de fibras musculares. Las fibras tipo I, llamadas también fibras de contracción lenta o fibras rojas y las fibras de tipo II, que son fibras de contracción rápida también llamadas fibras blancas.

Músculo

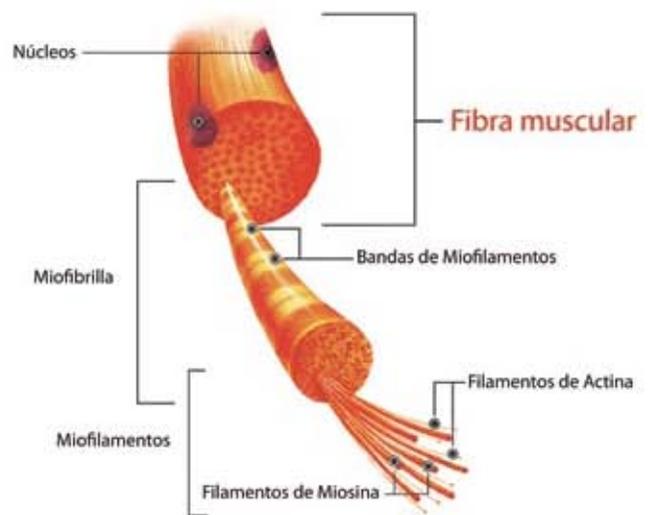


Las fibras musculares, están constituidas por muchísimas miofibrillas longitudinales paralelas próximas unas de otras, de aproximadamente $1\mu\text{m}$ de diámetro, formadas por proteínas complejas. A su vez las miofibrillas están formadas de miofilamentos, existen dos tipos, los gruesos y los delgados, los primeros contienen varios cientos de moléculas de la proteína miosina, mientras que los segundos contienen dos cadenas de proteína actina. La alternancia de miofilamentos gruesos y delgados a lo largo de las fibras musculares permiten el movimiento de los músculos voluntarios a través de reacciones bioquímicas. Entre las fibras, y uniéndolas, se encuentra *tejido conectivo* que forman vainas o paquetes de fibras, llamadas haces de fibras, en

cuya intersección se alojan tejidos grasos, nervios, tendones y vasos sanguíneos; además de una vaina externa que conjuntamente forman los músculos.

La carne, que como ya se mencionó, es tejido muscular estriado, tiene una composición química bastante compleja y variable en función de un gran número de factores tanto extrínsecos como intrínsecos, los cuales se abordarán más adelante en el apartado 2.2.4.1.

La mayor parte del contenido de la carne es de origen proteico, generalmente *colágeno* o *elastina*. Según su origen, las proteínas del músculo se clasifican en *sarcoplásmicas*, miofibrilares y del *tejido conectivo*, de las cuales la *mioglobina* (proteína responsable del color rojizo de la carne), la actina-miosina



(responsables de las contracciones musculares), el *colágeno* y la *elastina*, entre otras, son las más importantes en relación a la estructura y calidad de la carne, así como para su transformación industrial. La distribución porcentual de los principales constituyentes proteicos del músculo es la siguiente:

- “Proteínas del tejido conjuntivo (*Colágeno, elastina, etc.*): 10 a 15%
- *Proteínas sarcoplasmáticas* (Enzimas glicolíticas, mioglobulina, etc.): 25 al 30%
- Proteínas miofibrilares (de las cuales son: 54% miosina y 27% actina): 50%”³³

(34)

COMPONENTE	%	COMPONENTE	%
Agua	75	Carbohidratos y otras sustancias no nitrogenadas	1.0
Lípidos	3.0	Glucógeno	0.8
Lípidos neutros	1.0	Glucosa	0.1
Fosfolípidos	1.0	Intermediarios y productos del metabolismo celular	0.1
Cerebrósidos	0.5	Componentes inorgánicos	1.0
Colesterol	0.5	Potasio	0.3
Sustancias nitrogenadas no proteicas	1.5	Fosforo total	0.2
Creatina y creatín fosfato	0.5	Azufre	0.2
Nucleótidos (ATP, ADP, etc)	0.3	Cloro	0.1
Aminoácidos libres	0.3	Sodio	0.1
Péptidos (anserina, carosina)	0.3	Otros	0.1
Otras sustancias no proteicas (creatinina, urea, IMP, NAD, NADP)	0.1		

Es importante resaltar que existe una mayor cantidad de compuestos químicos en la carne; por mencionar algunos, citaremos los intermediarios y productos del metabolismo celular como el ácido láctico, cítrico, fumárico, succínico, etc.; y dentro de otros compuestos inorgánicos al magnesio, calcio, hierro, cobalto, cobre, zinc, níquel, manganeso, etc.

2.2.3. EL COLOR EN LA CARNE

El color de la carne fresca es una propiedad importante, vinculada a su valor en el mercado, a la evaluación de la calidad por parte de los consumidores, a su aceptación y en la decisión de adquirirla. En carnes rojas, los consumidores relacionan el rojo brillante con frescura, discriminando así las que tienen un tono café. El aspecto de la carne aunado a su color, son dos de los principales factores que determinan el consumo de ella. Por lo tanto, en carnes bovinas y ovinas, deben evitarse quemaduras por el frío que como consecuencia provoca una coloración oscura en la superficie principalmente; asimismo en el caso de la carne de

TIPOS DE CARNE. De arriba hacia abajo. Carne de res; carne de pescado; carne de caballo; carne de oveja; carne de cerdo; carne de pollo; carne de ternera.



ave y la carne blanca en general, el color debe ser pálido y uniforme. Si bien la especie a la que pertenece la carne del animal sacrificado, ejerce un notable efecto en el color de ésta, también esta propiedad física depende de la estabilidad química del pigmento presente en el producto cárnico.

“Los factores que más contribuyen al color de la carne son los pigmentos que absorben ciertas longitudes de onda de la luz y reflejan otras. Estos pigmentos están formados en su mayor parte por dos proteínas, la *hemoglobina* (pigmento sanguíneo) y la *mioglobina*, pigmento muscular. En el tejido muscular bien desangrado, la *mioglobina* constituye del 80% al 90% del pigmento total y es mucho más abundante que la *hemoglobina*.”³⁵

La *mioglobina* es una *proteína sarcoplasmática* que otorga el color característico de la carne y ésta varía según la especie del animal, edad, sexo, actividad física y el músculo que se estudie. Con estas variantes, se dan las diferencias de coloramiento en la carne de los animales, desde un color pálido hasta un rojo brillante. A continuación se indica el color más típico de la carne procedente de diversas especies:

- “Vacuno mayor - rojo cereza brillante
- Pescado - blanco grisáceo a rojo oscuro (según la especie)
- Caballo - rojo oscuro
- Oveja y carnero - rojo pálido a rojo ladrillo
- Cerdo - rosa grisáceo
- Aves - blanco grisáceo a rojo pálido (según la especie)
- Ternera - rosa marrón”³⁶

La musculatura de los animales vivos, con un aporte de oxígeno suficiente, tiene un aspecto rojo brillante; si el músculo tuviera un déficit en oxígeno su aspecto sería rojo más oscuro o púrpura. Después del sacrificio, cuando se ha consumido el oxígeno, los músculos tienden a un color semejante. Cuando la carne fresca se corta por primera vez la superficie de ella puede presentar este color rojo oscuro; tras su exposición a la atmósfera durante algunos minutos se oxigena la *mioglobina* y la carne cambia a un color rojo más brillante. Si el músculo ha sufrido desnaturalización intensa el tono del color se reduce considerablemente y aparece pálido incluso en la carne cortada.

“Las diferencias de músculo a músculo se deben al tipo de fibras musculares presentes. Aquellos músculos que presentan proporciones relativamente altas presentan un color rojo más oscuro. Sin embargo, cuando se observan histológicamente estas fibras, ricas en *mioglobina*, se ve que están mezcladas con fibras blancas fácilmente distinguibles. Por lo tanto, el color oscuro del músculo corrientemente es sólo una consecuencia de la frecuencia relativamente alta de fibras rojas.”³⁷

El color de la carne fresca también se ve influido por los diferentes estados químicos de la *mioglobina*, así, el color variará en las tres formas básicas del pigmento, según la proporción relativa y distribución de estos pigmentos.

Las tres formas básicas del pigmento son:

- *Mioglobina* reducida o desoximioglobina (Mb): De color rojo púrpura, se encuentra en el interior de las células, principalmente del músculo esquelético y cardiaco, subsiste tras la muerte por la propia actividad reductora del músculo.
- Oximioglobina o *mioglobina* oxigenada (MbO₂): Formada cuando la Mb se pone en contacto con el aire con la consiguiente oxigenación del pigmento, tiene un color rojo brillante y es el color deseado por el consumidor por lo que habrá que intentar alargar su presencia.
- Metamioglobina o *mioglobina* oxidada (MetMb): Se forma por la exposición prolongada de la anterior al oxígeno o directamente desde la *mioglobina* reducida cuando las presiones de oxígeno son bajas (alrededor de 4 mm de Hg). Es de color marrón-pardo y motivo de rechazo por el consumidor.

“El pardeamiento de la carne durante su conservación, se debe a la oxidación de la *mioglobina* oxigenada u oximioglobina (MbO₂), de color rojo vivo, a *mioglobina* oxidada o metamioglobina (MetMb), de color pardo. La estabilidad de la *mioglobina* en el tejido muscular, depende de la especie animal, de las características bioquímicas del músculo y de algunos parámetros externos como la presión parcial de oxígeno y la temperatura. La estimulación eléctrica de las canales, el deshuesado en caliente, y la velocidad de enfriamiento de las canales influyen también sobre la estabilidad del color de la carne.”³⁸

Por lo tanto, es importante mantener controlados la mayor cantidad de factores que modificarían el aspecto y calidad de la carne, factores que hemos mencionado en este capítulo; es decir, desde el nacimiento del animal hasta su manipulación post-mórtem.

2.2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE

“Como carnes frescas, se consideran aquellas que no hayan sufrido ningún tratamiento más que el frío (incluidas las envasadas al vacío o en atmósfera controlada), con el fin de asegurar su conservación.”³⁹

El análisis de propiedades tanto químicas como estructurales, es una actividad valiosa en la industria de alimentos y particularmente en la cárnica, y es igualmente objeto de una extensa normativa de control en la mayoría de los países, en especial de los desarrollados y en vías de desarrollo, debido a que es un alimento importante dentro de la dieta.

La investigación de los cárnicos es vital en la industria de procesamiento para determinar el control de calidad, la garantía, la caracterización nutricional y el etiquetado del producto.

El conocimiento detallado de su composición y la manera en que estos componentes se ven afectados por las condiciones de manipulación, procesamiento y almacenamiento determinarán su valor nutricional, la durabilidad y el grado de aceptación por parte del consumidor. Químicamente, tanto la carne fresca como aquella procesada industrialmente, es sometida a pruebas de análisis de: contenido microbiano, nivel de proteínas con respecto a la grasa y pH, propiedades físicas como terneza y color, y constituyentes principales de humedad. "El análisis se realiza con apoyo del test TBA que indica el valor de peróxidos y de ácido tiobarbitúrico, que da a conocer los niveles de frescura o determina si está rancia, ya que aquellos miden el estado oxidativo de la grasa,"⁴⁰ mientras que las pruebas que averiguan los niveles de ácidos grasos miden el estado de 'hidrólisis' de la grasa.

En la tecnología de los productos cárnicos, grasa ordinariamente significa tejidos grasos, opuestos a carne magra. "La carne magra suele tener un intervalo de contenido graso que varía desde un 3% hasta un 10%, de *tejido conectivo* de 0% a 15% y de músculo de 75% a 97%,"⁴¹ generalmente almacenada en el tejido adiposo. La grasa, es blanda en el animal vivo pero se solidifica rápidamente, después de la muerte, se orienta debajo de la piel, como grasa subcutánea.

Con el fin de medir la calidad comestible, se encuentran algunos parámetros útiles para la evaluación de la carne, así como su aceptación por el consumidor, es decir, textura, color de la grasa, jugosidad, color de la carne, aroma y sabor, estos determinan en conjunto la calidad de una especie cárnica. "Se entiende por calidad comestible, a la sensación física y estética causada por la carne en el transcurso de la masticación."⁴²

En conjunto aquellas propiedades que hacen a la carne agradable a la vista, olfato y paladar, reciben el nombre de palatabilidad, propiedad que se determina a partir del aspecto de la carne.

Las propiedades mencionadas anteriormente, representan cierta complejidad para su análisis sensorial, ya que la vista y el tacto no bastan para su completa evaluación, sin embargo, de manera subjetiva, la calidad de la carne puede medirse con la ayuda de catadores que simplemente especifiquen la aceptabilidad del producto.

2.2.4.1. EFECTO DE VARIABLES SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE

Como ya habíamos mencionado algunos factores o variables que influyen en la eficacia de obtener carne fresca de excelente calidad, con las mínimas alteraciones posibles son en primer lugar las variables intrínsecas y en segundo las variables extrínsecas:

a) Variables intrínsecas, son atribuciones propias de cada individuo o de un grupo de ellos, como por ejemplo, la especie (bovina, porcina u ovina), la raza, salud, afecciones genéticas, edad y sexo; y

b) Variables extrínsecas, las cuales corresponden a la manipulación humana y ambiental, en primera instancia factores pre-mórtem como son la granja de origen, la alimentación, el estado sanitario, la susceptibilidad al estrés (PSE), los tratamientos veterinarios (residuos de

antibióticos, castración), traslado al matadero, condiciones y técnicas de sacrificio; y en segunda instancia condiciones post-mórtem como el manejo de la canal tanto en el matadero como en su posterior transportación y las condiciones de su procesamiento.

Para la carne porcina se encuentran especificadas las características que debe reunir para así cumplir con normas mexicanas de calidad tales como la NMX-FF-081-SCFI-2003, expedida por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a continuación se mencionan los parámetros principales que son objeto de la norma:

Color: en los músculos externos de la carne de cerdo, debe apreciarse una coloración que va desde el pálido, ligeramente grisáceo, hasta el rojo claro.

Marmoleo: se refiere a la infiltración de tejido adiposo entre las fibras del tejido músculo esquelético, se evalúa en la superficie de la grasa dorsal, la cual es medida en tres puntos: a nivel de la primera y última costilla y de la última vértebra lumbar.

Firmeza: es la calidad de blandura de la carne, que depende de la proporción de tejido conjuntivo, estructura de fibras musculares y de sus procesos enzimáticos de maduración. Existen cuatro tipos de firmeza:

1. Pálida suave y exudativa (PSE)
2. Intermedia (proveniente de animales jóvenes)
3. Oscura, dura, rígida o fibrosa (DFD)
4. Firme y moderadamente seca

Consistencia de la grasa: debe ser sólida sin apariencia aceitosa.

pH: es determinante para el nivel de aceptación de la carne post-mórtem, los grados de aceptación son de 5.9 a 6.8.

Los principales defectos de calidad a los que se enfrenta la carne porcina en fresco son:

- Carne PSE (en inglés pale, soft and exudative: pálida, suave y exudativa)
- Carne DFD (en inglés dark, firm and dry: oscura, firme y seca)

Como ya se había mencionado en el apartado 2.2.2., existen dos tipos de fibras musculares, rojas o de tipo I y blancas de tipo II, las rojas aprovechan mejor la energía, pero cuando el organismo no posee suficientes fibras rojas, recurre a las blancas, las cuales, por el contrario de las rojas, aprovechan la energía de forma anaerobia, produciendo así ácido láctico. Cuando en el animal prevalece este tipo de sistema metabólico, inclusive después del sacrificio, esto se traduce en un proceso exhaustivo y acelerado de acidificación, que deriva también en un aumento de la temperatura y por consiguiente, le imparte a la canal una apariencia de cocción ante la desnaturalización de las proteínas que por sí fuera poco, también genera liberación de humedad; esta es la carne PSE.

El conjunto de alteraciones anteriormente mencionadas generalmente se detecta hasta el despiece de la canal y se enfatiza aún más en las chuletas. Cabe mencionar que la carne PSE representa un defecto de calidad pero es segura para el consumo humano.

Arriba. CARNE PSE. Si el pH de la canal baja cuando la temperatura es todavía alta, se produce la desnaturalización de las proteínas siendo estas incapaces de retener agua, la cual estaba contenida en las proteínas miofibrilares, por consiguiente sale al espacio intercelular. Las consecuencias son carnes de alta exudación y carnes pálidas.

Abajo. CARNE DFD. Son carnes en las que no se ha producido una bajada de pH ya que carecen de reservas de glucógeno. Significa esto que aumenta la capacidad de retener agua que queda dentro de las estructuras miofibrilares. Esta estructura es responsable de su color oscuro. Son carnes secas y firmes debido a una disminución del líquido intersticial

“La prevención de algunas de estas alteraciones depende de unas buenas condiciones de transporte, *estabulación* y sacrificio de los animales. La mejor calidad de la carne procede por lo tanto de animales sanos, bien alimentados y no sometidos a estrés.”⁴³ La carne PSE es una alteración que se presenta en el 30% del total (100%) del sacrificio porcino.

La carne DFD es totalmente opuesta a la carne PSE, puesto que la primera de éstas afecta a la canal en su totalidad, sin embargo, únicamente representa el 15 % de la producción porcina. Este tipo de alteración no se visualiza fácilmente, aunque el primer factor a considerar para su determinación es la apariencia pegajosa y un parámetro más objetivo suele ser la medición del pH luego del sacrificio, ya que este tipo de carne prácticamente no se acidifica, por lo que su pH logra descender hasta 6.5.

Por lo anterior, es difícil que la carne DFD pueda ser aprovechada para la elaboración de cualquier embutido que requiera de maduración (salchicha, salchichón, salami, chorizo, lomo embuchado, longaniza, etc.), debido a que la falta de acidez limitaría su conservación. Sin embargo, esta carne también es segura para el consumo humano, y es útil para la preparación de embutidos crudos principalmente (carne molida embutida en la piel de tripa de cerdo), o bien escaldados (salchicha alemana), sólo que la vida útil de este tipo de carne es muy corta.

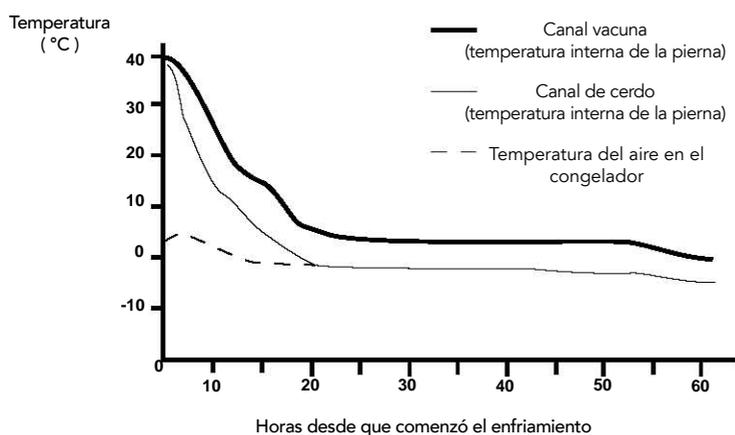


CURVAS TÍPICAS DE CONGELACIÓN. En la gráfica se puede observar las curvas durante el intercambio calórico (enfriamiento) de muestras de carne vacuna, porcina y el interior de la cámara de congelación.

2.3. ANTECEDENTES DE LA CONGELACIÓN

“Uno de los procesos más utilizados en la conservación de alimentos es la congelación, ello es debido a dos factores fundamentales: el primero, muchos microorganismos no pueden crecer a bajas temperaturas, el segundo es que cuando un alimento se congela parte del agua se transforma en hielo, por lo que la actividad de agua del alimento desciende, esto influye en el crecimiento de muchos microorganismos, y hace que no se puedan desarrollar.”⁴⁴

La congelación es importante para prolongar la vida útil de los productos, sin alterar notablemente sus características físicas; al bajar la temperatura del alimento, una elevada proporción del agua que contiene cambia de estado y se convierte en cristales de hielo. Este procedimiento se puede aplicar a canales enteras, a piezas sueltas, a carne picada o a platos cocinados anteriormente. El periodo de congelación de un producto, determina el tiempo de conservación desde el empaquetado hasta su distribución en muchos y lejanos lugares. “En el año 1876, y gracias al impulso de Charles Tellier, fueron transportadas por primera vez con éxito desde Rouen hasta Buenos Aires por vía marítima, canales congeladas de vacuno. Hacia las mismas fechas, los primeros corderos congelados viajaron desde Nueva Zelanda hasta Inglaterra. Desde entonces, la práctica de la congelación de carne se generalizó y se aplicó a gran escala en diferentes etapas de transformación de la carne y de los productos cárnicos.”⁴⁵



La congelación de productos cárnicos y carne fresca es muy importante; ya que cada día, se incrementa la necesidad de intercambios comerciales y la calidad de los productos debe permanecer intacta.

En un producto alimentario, como la carne, la congelación se traduce en una evolución de la temperatura no lineal, en función del tiempo y que depende de su localización en la muestra. Esquemáticamente, en un punto dado del producto, se puede distinguir la sucesión de tres etapas:

- El período de precongelación donde la temperatura disminuye hasta alcanzar la adecuada para el comienzo de la cristalización.
- La etapa de congelación propiamente dicha durante la cual una gran parte del agua congelable se transforma en hielo. La temperatura disminuye progresivamente.
- Y la fase de enfriamiento hasta la temperatura de almacenamiento.

CONGELADOR EN PLACAS. La congelación por contacto es el método ideal dentro del ramo de la alimentación, ya que se indica para cantidades grandes de producto en paquetes de forma y tamaño iguales.

CONGELADOR EN AIRE ESTANTE. Es un dispositivo que comprende un compartimiento con aislante térmico y un mecanismo de convección forzada.

2.3.1. MÉTODOS DE CONGELACIÓN

Actualmente los procesos de congelación, tienen variantes de diseño y condiciones de proceso, lo que a su vez trae como consecuencia cambios en propiedades fisicoquímicas. La velocidad con que se congela la carne varía con el método utilizado. Para congelar los productos cárnicos se emplean diversos métodos industriales:

- Congelación en aire estante (convección forzada)
- Congelación en placas
- Congelación en corriente de aire
- Congelación criogénica (inmersión en líquidos y por aspersión de líquidos)

CONGELACIÓN EN AIRE ESTANTE (CONVECCIÓN FORZADA)

Depende completamente de la convección, es decir, de la transferencia de calor que es capaz de generar el gas refrigerante y la circulación de aire, de este modo la carne es congelada muy lentamente. Los congeladores domésticos, trabajan basados en la congelación por aire estante. Las temperaturas comerciales corrientemente empleadas en estos congeladores oscilan entre -10°C y -30°C . Debido a la lenta velocidad de congelación de éstos, no deben introducirse simultáneamente cantidades grandes de carne.



CONGELACIÓN EN PLACAS

Es el método de congelación indirecta más común, en este caso, el medio que transfiere el calor en lugar del aire es el metal. Las charolas que contienen las superficies planas de los productos cárnicos se colocan directamente en contacto con las placas o estantes metálicos del congelador, que contienen CO_2 sólido; el producto alcanza la congelación mientras se mantiene entre dos placas, ya sea horizontales o verticales. En la práctica comercial las



temperaturas de esta clase de congelador, varían entre los -10°C y los -30°C , empleándose generalmente este método sólo con piezas de carne delgada tales como escalopes, chuletas, filetes y pasteles.

El factor más importante en la transferencia del calor en este método, es la conducción, más que la convección y, en consecuencia, la velocidad de congelación es más rápida que en aire estante; mediante la utilización de presión es posible aumentar la transmisión de calor.

TANQUE CON NITRÓGENO LÍQUIDO. Para que conserve este estado debe encontrarse a una temperatura igual o menor a su punto de ebullición, que es de $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

CONGELADOR EN CORRIENTE DE AIRE. Freshline TRS. Este tunel posibilita una alta velocidad de congelación y estabilidad microbiana.

CONGELACIÓN EN CORRIENTE DE AIRE

El aire constituye el medio de transferencia del calor, pero como su movimiento es rápido, la velocidad a la que se transmite el calor es muy superior a la del congelador en aire estante, por lo que la velocidad de congelación está muy aumentada. Industrialmente las temperaturas van de -10°C a -40°C . En los túneles de congelación los productos cárnicos que van a ser congelados se colocan en cintas metálicas perforadas móviles o en un sistema de transporte similar que atraviesa el túnel en toda su longitud.



CONGELACIÓN CRIOGÉNICA (INMERSIÓN EN LÍQUIDOS Y POR ASPERSIÓN DE LÍQUIDOS)

El más corriente de los agentes criogénicos es el nitrógeno en forma líquida o gaseosa, y el dióxido de carbono que se almacena como líquido a gran presión, como vapor o como nieve. Los líquidos empleados para este tipo de congelación no deben ser tóxicos, serán relativamente baratos y presentarán viscosidad y punto de congelación bajos así como una gran conductividad térmica.

Debido a la rápida transferencia de calor generalmente se emplean temperaturas más bajas que en la congelación en corriente de aire. Sin embargo, las velocidades de congelación son comparables. Los productos que van a ser congelados se colocan en bolsas de plástico que se sitúan en bastidores o estantes que, se sumergen en el líquido de congelación, mediante máquinas elevadoras, o se mueven a través de un líquido frío mediante una cinta transportadora. El periodo de tiempo que el producto está sumergido o sometido a rociado, determina la profundidad de la congelación. Cuando la superficie del producto está congelada generalmente se transfiere a una cámara de congelación para completar el proceso de congelado y mantenerlo almacenado de esta forma. Las piezas grandes de carne se sumergen muy raramente de manera directa en el nitrógeno líquido, a causa del gran resquebrajamiento o agrietamiento que puede presentarse.



mente de manera directa en el nitrógeno líquido, a causa del gran resquebrajamiento o agrietamiento que puede presentarse.

“La velocidad y el tiempo de congelación dependen de la cantidad total del calor que hay que extraer, de la temperatura inicial y final, de las características del producto, como por ejemplo su composición, su masa total, sus dimensiones (especialmente el espesor) y su estructura, de la presencia de embalaje y su naturaleza, y finalmente del procedimiento de enfriamiento. En lo que se refiere a este último, en el caso de los procedimientos basados en un cambio térmico superficial, son particularmente importantes.”⁴⁶

2.3.2. EFECTO DE LA CONGELACIÓN EN LA CARNE

“La congelación es un sistema de conservación que puede llegar a afectar en cierto grado algunos atributos sensoriales en la carne, debido a que ésta es un alimento provisto de una estructura celular ordenada que puede verse agredida por la formación de cristales de hielo.”⁴⁷ Sin duda, un producto congelado como la carne llega a sufrir modificaciones en su estructura y reacciones bioquímicas durante ese paso, tanto en el proceso de congelación como en la descongelación.

Dentro de los principales cambios indeseables que tienen lugar en la carne congelada se encuentran:

- Daños mecánicos
- Cambios de textura
- Cambios en sabor
- Cambios en color
- Pérdidas de agua
- Cambios de pH

La migración de agua del producto cárnico, se debe a la velocidad de congelación (factor determinante para el crecimiento de cristales extra e intra celulares), provocando un aumento de volumen, que genera de este modo presiones muy altas que lleva a la ruptura violenta de la superficie, causando daños mecánicos y estructurales, dicho de otro modo, las células se deshidratan debido al flujo osmótico de agua que sale de su interior hacia la superficie, al final esta migración deriva en la ruptura de las paredes celulares.

Las velocidades de congelación están influidas en parte por la proporción de carne magra o grasa, entre muchos otros factores. Debido a que los tejidos que contienen grasa poseen una capacidad térmica menor que los tejidos magros, los productos cuyo contenido de grasa es alto se congelan mucho más rápido que aquellos que presentan pequeñas proporciones de grasa.

El cambio en terneza o flexibilidad de las fibras por efecto de las condiciones de congelación y el tamaño de cristal, tendrá repercusión sobre la capacidad de retención de agua, propiedad muy importante en las carnes frescas y en aquellas que serán sometidas a procesamiento.

Las alteraciones en la textura, resultado de la recristalización progresiva de la carne, disminuyen la calidad de ésta y le confieren un aspecto vítreo. Estas alteraciones pueden evitarse empleando métodos de congelación rápida.

En lo que se refiere a los cambios de sabor cabe mencionar que los lípidos son los principales responsables de esta propiedad sensorial. Cuando hay algún tipo de degradación de materia grasa (lipólisis) antes de la congelación, la reacción seguirá actuando durante el almacenamiento de la carne.

Las modificaciones de color generalmente se deben a lesiones por frío, se hacen presentes por medio de la aparición de manchas pardas en las carnes rojas que generan deshidratación superficial. Estas modificaciones se atribuyen a la oxidación de la *mioglobina*, el principal pigmento de la carne, de hecho la velocidad a la que se da este tipo de reacción se debe principalmente a la temperatura de almacenamiento, aunque también existe un fenómeno de foto-oxidación por la presencia de luz. Por otro lado las reacciones lipolíticas también generan cambios de color indeseables tales como tonalidades grisáceas en la carne fresca. Puede decirse que la estabilidad del color de la carne congelada y posteriormente descongelada, es menor que en carne fresca.

“Uno de los problemas más graves es la pérdida de peso por desecación, principalmente, cuando se realiza la congelación por medio de aire en convección forzada, cuando los productos no están debidamente embalados o cuando las piezas de carne son pequeñas. Algunos reportes indican que el método de congelación tiene una influencia moderada en la calidad de los productos cárnicos congelados.”⁴⁸

Muchas de las propiedades físicas de la carne dependen, en parte, de la capacidad de retención de agua. Cuando los tejidos tienen poca capacidad de retención, las pérdidas de humedad y, consecuentemente, de peso durante su almacenamiento son grandes. Las pérdidas de agua en carne congelada se deben en parte al cambio de fase que sufren los cristales de hielo que se generan en la periferia del producto, cuando el hielo se sublima, se genera un fenómeno de deshidratación superficial e irreversible que a su vez favorece una serie de reacciones oxidativas.

“Los cambios de pH están íntimamente relacionados con las pérdidas de agua y por consecuencia con la capacidad de retención de agua, ya que esta última se incrementa cuando el pH final del producto congelado aumenta respecto al pH inicial, con lo cual, el potencial de exudación durante la etapa de descongelación disminuye.”⁴⁹ La capacidad de retención de agua es mínima cuando el pH está cerca de 5.0 y aumenta con valores de pH muscular alto.

En cuanto a las condiciones de congelación tenemos que si esta se lleva a cabo de forma lenta, los cristales extracelulares aumentan de tamaño, mientras aumenta la concentración salina en el interior de la célula, esto genera cambios en pH, fuerza iónica, viscosidad, actividad de agua. Esto condiciona una disminución de la capacidad de retención de agua. Para velocidades de congelación elevadas la cristalización tiene lugar esencialmente en el interior de células; se forman numerosos cristales de pequeño tamaño cuyo número, forma y talla dependen de la velocidad de congelación.

“Dependiendo del tipo de empaque de los productos cárnicos congelados es posible reducir considerablemente estas pérdidas de agua que también se ven favorecidas debido a fluctuaciones de temperatura que dan lugar a la formación de escarcha sobre el producto.”⁵⁰

A lo anterior se suman ciertas modificaciones en el producto durante la etapa de descongelación, la cual también es capaz de influenciar las características del alimento, así como en las propiedades del material que lo contiene.

Las consecuencias perjudiciales físicas y químicas que acaecen en la carne durante el proceso de congelación, se asocian a uno o más de los siguientes factores:

- Naturaleza y localización de los cristales de hielo que se forman en el interior de los tejidos de los músculos los cuales dependen de la temperatura final del proceso y afectan parámetros importantes de la calidad como el exudado, la textura y el color de productos congelados.
- Daño mecánico de las estructuras celulares a consecuencia de los cambios de volumen.
- Acción química causada por la concentración de solutos, tales como sales y azúcar. La gravedad del daño sufrido por los tejidos de la carne, atribuibles a estos tres factores depende de la velocidad de congelación.

La congelación constituye un excelente método de conservación de la carne, determina muchos menos cambios perjudiciales en las propiedades cualitativas y *organolépticas* de la carne que ningún otro método conservador. Las únicas pérdidas en valor nutritivo suceden cuando algunos nutrientes hidrosolubles se pierden con el goteo o exudación durante la descongelación. Cuando se emplean métodos de congelación y almacenamiento convenientes, son muy pocos los cambios que ocurren en color, aroma, olor o jugosidad de los productos cárnicos.

Referencias

Capítulo 2

- ³¹ Qiao, J. "Journal of food engineering". volumen 79, tema 3. Abril de 2007. p. 1065-1070.
- ³² Meléndez Pérez, Rosalía. Tesis: "Efecto de la congelación sobre el comportamiento térmico de la carne de cerdo evaluado por MDSC". México; UNAM, 2004.
- ³³ Cheftel, J.C. "Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Vol I y II". Zaragoza, España; Editorial Acribia, 1976.
- ³⁴ Forrest, J.C. "Fundamentos de ciencia de la carne". Zaragoza, España; Editorial Acribia, 1979.
- ³⁵ Ídem.
- ³⁶ Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. "NOM NMX-FF-081-SCFI-2003". <http://www.sagarpa.gob.mx>, México; 2003.
- ³⁷ Ranken, Michael D. "Manual de industrias de la carne". Madrid, España; Mundi-Prensa, 2003.
- ³⁸ Genot, Claude. "Congelación y calidad de la carne". Zaragoza, España; Editorial ACRIBIA. S.A., 2003. p.62.
- ³⁹ Op. Cit. Ranken. 2003.
- ⁴⁰ Ventanas, J. "Tecnología del Jamón Ibérico". Madrid, España; Mundi-Prensa Libros, 2001. p. 148.
- ⁴¹ Ídem. p. 196.
- ⁴² Preston, T.R. "Producción intensiva de carne". México; Diana, 1974.
- ⁴³ Op. Cit. Ranken. p.20.
- ⁴⁴ Hui, Y. H. "Ciencia y Tecnologías de Carnes". México, D.F.; Limusa, 2006.
- ⁴⁵ Op. Cit. Genot, Claude. 2003, p.1
- ⁴⁶ Op. Cit. Genot, Claude. 2003.
- ⁴⁷ Casp Vanaclocha, Ana. "Procesos de conservación de alimentos". Madrid, España: Mundi-Prensa, 1999.
- ⁴⁸ Ídem.
- ⁴⁹ Op. Cit. Genot, Claude. 2003.
- ⁵⁰ Op. Cit. Casp, A. 1999.

Capítulo 3

**Fundamentos Y Realización
Del Proyecto De Diseño**

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la formación, la evolución y el crecimiento superficial de los cristales de hielo en el transcurso de los procesos de congelación y recongelación, por convección forzada, así como, durante la descongelación, en muestras de carne porcina *Longísimus dorsi* constantes en corte, tipo, raza, edad, salud y condiciones de sacrificio de los animales, a través del fotómetro digital en 'modo de luz reflejada' y de la aplicación de la técnica de la macrofotografía, así como del procesamiento digital de la imagen, como vehículo para comparar sus propiedades físicas como los cambios de color.

3.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar la luminancia (cd/m^2) promedio que emiten las muestras de carne, durante los métodos de congelación, descongelación y recongelación, con la asistencia del fotómetro digital.

Examinar el color de la carne, durante los procesos de congelación y recongelación, por convección forzada, así como, en el momento de la descongelación, bajo parámetros de: Tono, saturación y brillo (*modo de color* HSB) y Luminosidad, valor a y valor b (*modo de color* Lab), por medio de la técnica de la macrofotografía y de un software de ordenador.

Evaluar la saturación promedio de los tonos en el modo de escala de grises de las muestras, durante la congelación, la descongelación y la recongelación, de manera digital, con ayuda de la macrofotografía y a través de un software de computadora.

Promover la participación interdisciplinaria de las carreras de Diseño y Comunicación Visual e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

3.2. HIPÓTESIS

Las evidencias macrofotográficas representarán escenas que permitirán recopilar información que coadyuve en la documentación de resultados objetivos, así como en el análisis y conclusiones derivadas de los mismos.

En condiciones adecuadas y con el control de variables, la técnica de la macrofotografía registrará con imágenes la formación y el crecimiento de cristales de hielo en la superficie de la carne porcina (*Longísimus dorsi*), a su vez, los parámetros elegidos para su análisis, demostrarán que las piezas cárnicas sometidas a un tiempo de congelación prolongado, tendrán además de una mayor cristalización, una proporción directa con la luminancia y por lo tanto con el brillo, la luminosidad y el valor promedio del tono en escala de grises (parámetros físicos).

Los factores intrínsecos y extrínsecos de las muestras repercutirán en la formación de los cristales de hielo en la superficie de la carne y dicha formación influirá en los resultados de los parámetros físicos. Cuanto mayor sea el tamaño como el número de cristales presentes en la superficie de las muestras de carne, mayor será la cantidad de energía luminosa que refleje dicha superficie y por lo tanto aumentará gradualmente la luminancia, y los demás parámetros físicos.

3.3. METODOLOGÍA DE BERND LÖBACH

La presente tesis, utilizará la metodología propuesta por el diseñador y sociólogo Bernd Löbach. Cabe mencionar que la participación de los diseñadores en este proyecto, radica en la orientación de la aplicación de las técnicas adecuadas para el registro y el análisis de las imágenes, por consiguiente y de acuerdo a las necesidades específicas del o de los problemas de este proyecto, se adaptarán los pasos que sean convenientes.

Bernd Löbach (1941- ?), diseñador industrial y sociólogo alemán, fue profesor de Diseño de 1968 a 1975 en el Fachhochschule Bielefeld (Escuela Técnica Superior de Bielefeld, Alemania), posteriormente en 1975 practicó la cátedra en le Für Bildende de Hochschule (Escuela Superior de Artes Aplicadas de Brunswick). En 1977 fue nominado colaborador de IDZ Internacionales Design Zetrum (Centro Internacional de Diseño) de Berlín. Una de sus publicaciones más destacadas es el libro 'Diseño Industrial. Base para la configuración de los productos industriales'. "Bernd Löbach considera al proceso de Diseño como el conjunto de posibles relaciones entre el diseñador y el objeto diseñado para que éste resulte un producto reproducible tecnológicamente."⁵¹

El proceso para diseñar, incluye la información recolectada por el diseñador, su creatividad y los procedimientos para llevarlo a cabo, los cuales tienen las siguientes constantes:

- "un problema existe y es descubierto
- se reúnen informaciones sobre el problema, se valoran y se relacionan creativamente
- se desarrollan soluciones para el problema que se enjuician según criterios establecidos
- se realiza la solución más adecuada"⁵²

Löbach describe las fases del Diseño como sigue:

Fase 1: Fase De Preparación o Análisis Del Problema

Fase 2: Solución Al Problema

Fase 3: Valoración De Las Soluciones Del Problema

Fase 4: Realización De La Solución Al Problema

3.3.1. FASE 1: PREPARACIÓN O ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Lo primero es descubrir cual es el problema, en la mayoría de los casos se plantea al diseñador por parte de la empresa; en este caso fue propuesto por los encargados del proyecto PA-PIIT No. IN204506-2 el Dr. José Luis Arjona Román y como co-responsable la M. en C. Rosalía Meléndez Pérez, <<Evaluación de Propiedades termodinámicas de materiales alimentarios por Calorimetría Diferencial de Barrido Modulada (MDSC) a bajas temperaturas>>.

Es indispensable recopilar toda la información que concierne al problema, ya que de esta manera se obtendrán mejores resultados. Löbach desglosa algunas posibilidades de información:

- Análisis de la necesidad
- Análisis de la relación social
- Análisis del desarrollo histórico
- Análisis de la función

ANÁLISIS DE LA NECESIDAD

Desde épocas antiguas, la preservación de los alimentos siempre ha sido una tarea difícil de lograr para el hombre, así como un factor determinante para la supervivencia de muchas culturas; con la llegada de los sistemas frigoríficos que mantienen los alimentos a bajas temperaturas y por consiguiente retrasan el proceso de descomposición natural, se podría haber pensado y dado por resuelto el tema de la conservación, sin embargo, aquí es donde radica la importancia de seguir con la investigación y en particular la realizada en el proyecto PA-PIIT, donde se buscan nuevos métodos frigoríficos que repercutan en menor medida la calidad de los productos alimentarios.

En apoyo a lo anterior, el proyecto de Diseño llevará acabo la creación de un archivo fotográfico para realizar el análisis de las imágenes obtenidas y así determinar el proceso de formación y evolución de los cristales de hielo por efecto de la congelación. Debido a que no existe un antecedente adecuado para la realización de este tipo de tomas fotográficas, lo planteado en el presente Capítulo podrá servir como una referencia a seguir para futuras investigaciones en este rubro.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN SOCIAL

La industria cárnica es una de las más importantes a nivel mundial, ya que nos ofrece uno de los productos que mayor valoración alcanza en la dieta humana, además es la que mayores ventas genera en la industria alimentaria y el consumo de la carne aumenta exponencialmente, ésta es una fuente de proteínas, grasas y minerales principalmente, debido a lo anterior y al impacto global que tiene actualmente es fundamental entender las manifestaciones que perjudican las propiedades de las piezas de las canales o filetes en su vida útil, desde la transportación del matadero hasta el anaquel y la vida en el mismo, de ello depende su aceptación o rechazo del consumidor.

ANÁLISIS DEL DESARROLLO HISTÓRICO

Las primeras aplicaciones del análisis de imágenes fueron con fines bélicos; antes de la introducción de la fotografía, un comandante dependía de observadores que exploraran un área y desde un terreno alto reconocieran o vigilaran la actividad enemiga, informando sobre la base de su vista y memoria. Una vez introducida la fotografía, esta información quedaba grabada con detalles en un medio físico (la película fotosensible), mejorando así la calidad de información obtenida. La primera guerra mundial vio el primer uso global de la fotografía terrestre y aérea. En los años 30's, se introdujeron imágenes infrarrojas, una de las primeras aplicaciones fue la de detectar camuflaje enemigo, ya que éste se observa diferente al follaje natural que contiene clorofila, debido a que ésta última refleja más este tipo de radiación.



En la Segunda Guerra Mundial se introdujo el radar con su capacidad para detectar aviones enemigos. En la época post Vietnam se introdujeron los sensores infrarrojos aéreos. Las diferencias en temperatura de un objeto y el terreno cercano permitían la detección de actividad militar. Estos sensores ya eran capaces de grabar su información en medios magnéticos, a la cual se accedía cuando el avión regresaba a su base.

Esta época también vio la introducción del ultrasonido y la tomografía computarizada para usos médicos, aquí nace la Imagenología. La introducción del ultrasonido permitió ver diferencias en el tejido humano, lo que hizo posible detectar anomalías en su fisiología. Posteriormente las tecnologías derivadas se comenzaron a usar para detectar fallos materiales en productos manufacturados especialmente en la industria metalúrgica con el fin de disponer de métodos fiables y rápidos para el control de la calidad de los aceros y subsiguientemente para otros campos principalmente científicos.

“El primer estudio aplicado al análisis de textura de una imagen data de los años 50's en donde el método estadístico de función de auto correlación fue el primer método utilizado para estos propósitos. Aproximaciones estadísticas basadas en tonos de grises, así como técnicas para determinar relaciones estructurales fueron desarrolladas en la década de los 70's. A pesar de estos progresos, la investigación sobre textura de la imagen continuó y las nuevas técnicas incluyendo modelos fractales y transformaciones basadas en la textura fueron propuestas incesantemente durante los últimos veinte años.”⁵³

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DE LA FUNCIÓN

El análisis de imagen se divide en la toma fotográfica, el procesamiento gráfico y la obtención de resultados. Con la toma fotográfica se logra el registro gráfico del objeto en el medio fotosensible de la cámara; para conseguir una imagen satisfactoria y de alta calidad, hay que considerar aspectos fundamentales como son la utilización del equipo, la técnica, y el espacio de trabajo. En el procesamiento, se realizan técnicas especiales para la consecución de información cuantitativa a partir de una imagen digital. Y los resultados producen información cualitativa y cuantitativa que podrán ser procesados desde puntos de vista como el método estadístico o interpretativo. Asimismo las imágenes muestran la representación visual progresiva del proceso de congelación de los cortes de carne porcina *Longissimus dorsi*.

3.3.2. FASE 2: SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Con la relación de información y la conclusión de condiciones para solucionar el problema, el diseñador debe seleccionar los procesos que lo llevarán a lograrlo de manera organizada, es decir la prueba, el error y la inspiración.

Al inicio de esta investigación se analizaron los posibles problemas que se tendrían al momento de realizar la toma fotográfica, entre éstos se cuestionaron el lugar donde se llevaría a cabo el desarrollo de las imágenes, el tipo de iluminación, así como el material que se utilizaría para hacer unas tomas claras y precisas.



PROBLEMA 1.- Determinación del lugar para la realización de la tomas fotográficas. Se propusieron tres lugares donde era posible fotografiar, los cuales fueron el Laboratorio Experimental Multidisciplinario (LEM) Nave 2000, otro es el cubículo L423 cabezal de LEM 1 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campo 1, y el último es el laboratorio número 13 de la Unidad Multidisciplinaria de la misma Facultad en campo 4 ubicado en San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

El ejercicio fotográfico se realizó en este último lugar, donde las condiciones lumínicas fueron las más adecuadas para la ejecución de nuestra toma fotográfica, la medición fue de 640 lux, tomando en cuenta únicamente la luz ambiental natural.

PROBLEMA 2.- Determinación del tipo de iluminación, así como de los materiales usados en la toma fotográfica. Se propusieron tres opciones para la iluminación del lugar, una fue con luz artificial usando lámparas de luz continua o de descarga, otra alternativa era la luz ambiental y finalmente otra propuesta

se orientó a usar sólo luz artificial de descarga con rebotadores y aprovechar la luz ambiental del laboratorio.

Posteriormente al aplicar las tres opciones, notamos los inconvenientes de cada una; en el caso de usar lámparas de luz continua los cristales de hielo que estaban en la superficie de las muestras se fundían rápidamente, debido al calor emitido por los focos, mantener una alta temperatura cerca de la carne no permitía la manipulación cómoda. En estas circunstancias probamos utilizar sólo la luz ambiental, favorable en cierto horario (entre las 10 hrs y las 13 hrs), ya que la luz pasa a través de una lámina translúcida que esta colocada en el ventanal del laboratorio, pero resultó ser parcialmente deficiente para iluminar totalmente la muestra; así que elegimos otra forma de solucionar el problema, que fue utilizar un flash y rebotadores, con ésta se consiguieron mejores resultados, en cuanto a durabilidad del cristal de hielo sobre las muestras y en la obtención de una mejor iluminación (temperatura de color), de acuerdo a estos resultados decidimos aprovechar esta última alternativa complementándola con la luz ambiental (640 lux), que no interfería en absoluto, sino que complementaba la iluminancia que incidía en las muestras y favorecía la toma fotográfica (llegando a lo 960 lux). Los materiales que se necesitaron fueron:

- Una cámara Canon EOS XT DSLR (Digital Single-Lens Reflex, Réflex Digital de un solo Lente)
- *Objetivo* de *distancia focal* fija (macro 50 mm, f 2.5, AF 'auto foco' con un factor de ampliación de hasta 1:2).

Arriba. CUERPO DE CÁMARA. Canon XT.
Modelo utilizado para la realización de las imágenes, objeto de este estudio.

Abajo. BANCO ÓPTICO. Especialmente diseñado y construido para la realización de las tomas fotográficas de la presente tesis. La plataforma roja sostiene la muestra a fotografiar y tiene la cualidad de desplazarse hacia adelante y atrás para encontrar el foco sin necesidad de mover el anillo de enfoque del objetivo o de cambiar de posición el trípode con la cámara.

- Trípode
- Fotómetro digital Sekonic L-758 DR con medición de luz incidente y reflejada.
- Flash dedicado Canon 430 EX (E-TTL II) No. guía 43
- Lente polarizador
- Cable disparador
- Reflector
- Banco óptico
- Ordenador, software Adobe Photoshop CS3
- Cámara de congelación Tor Rey
- Bata de laboratorio
- Guantes de látex
- Muestras de carne porcina (corte *Longissimus dorsi*) de 2 cm de espesor
- Termopares para monitoreo de temperatura



Durante la investigación del uso de materiales, nos percatamos que el tipo de *banco óptico* que se usa para fotografía macro especializada como para la filatelia, era de la propia creación del fotógrafo, es decir, que de acuerdo a las necesidades personales es construido. De esta investigación partimos para el diseño de uno específico que se adaptara a las necesidades intrínsecas del proyecto, que son el de mantener las muestras de carne en una posición paralela con respecto al *plano focal*, que estuvieran en una superficie uniforme y estable, y a la misma distancia de enfoque, es decir, esto se obtiene gracias a un mecanismo parecido al de una regleta de enfoque la cual acerca o aleja la muestra del *objetivo* para obtener el foco correcto y garantizar el mismo factor de ampliación en todas las tomas. La utilidad de cada material, fue de suma importancia para la realización de nuestro trabajo, como es el caso

del fotómetro que se utilizó para medir la cantidad de luz ambiental en el laboratorio, y auxilió para determinar el porcentaje de potencia a usar en el flash. Otro es el cable disparador, su función es evitar vibraciones en la cámara por la acción de oprimir el botón de disparo; finalmente mencionaremos el rebotador, cuya función fue reflejar el flash de forma cenital del lado izquierdo de la muestra de carne, para obtener una buena relación de iluminación en conjunto con la ambiental del ventanal situada del lado derecho.



Cabe aclarar que el *objetivo* de *distancia focal* de 50 mm utilizado en la realización de la toma fotográfica está fabricado específicamente para cámaras que plasman la imagen en un *plano focal* de 35 mm (36 mm x 24 mm); al usar dicho *objetivo* en una cámara digital con un *sensor* de menor tamaño (modelo APS-C de 22.2 mm x 14.8 mm), no crea el mismo encuadre que con la cámara para el cual fue construido, lo que produce, es un efecto de corte en la imagen, pues sólo se obtiene una parte central del encuadre de 35 mm, es decir, que con una misma *distancia focal* en ambos formatos, se obtiene un ángulo de visión menor en el digital, originando una imagen en este último que se obtendría con un *objetivo* de una *distancia focal* mayor en el formato 135, por consiguiente produce un 'efecto de ampliación' en la imagen del formato digital. Por lo tanto, para conocer la *distancia focal* equivalente en el formato 135 es necesario multiplicar la *distancia focal* de 50 mm por el factor '1.62' (indicado para los *sensores* APS-C de este tipo), que da como resultado 81 mm, es decir, que utilizando el *objetivo* de 50 mm en el formato digital, para obtener el mismo encuadre de éste, en el formato de 35 mm, es necesario utilizar en el Full Frame un *objetivo* con *distancia focal* de 81 mm (50 mm x 1.62) y empleando el *objetivo* de 50 mm en el formato 135, para conseguir el mismo encuadre del último, pero ahora en la cámara con *sensor* APS-C, se necesita utilizar un *objetivo* de 31 mm (50 mm ÷ 1.62).



3.3.3. FASE 3: VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES DEL PROBLEMA

De entre las alternativas propuestas para la solución del problema, aquí es donde se elige la que responda mejor a las necesidades expuestas. Los procedimientos de valoración se relacionan con la importancia del objeto para el usuario y la que tiene para la empresa.

La necesidad de realizar un archivo fotográfico y la de describir el proceso desarrollado, tanto para la carrera de Diseño y Comunicación Visual como para la carrera de Ingeniería en Alimentos, radica en dar a conocer nuestra experiencia acerca del avance que se ha logrado en el presente proyecto, además de la información que es posible obtener y ver en las tomas con la técnica de la macrofotografía, es decir, que con este método se aprecian diminutos detalles que a simple vista sería imposible, como la formación de cristales de hielo en la superficie de cada muestra de carne, de igual manera es posible analizar por medio de la fotografía digital el brillo emitido por los cristales, la luminosidad y la escala de grises en los modos HSB, Lab y Escala de Grises respectivamente.

Con la aplicación de la macrofotografía, se ha podido avanzar en proyectos de investigación científica, es por eso, que en este caso se hizo uso de este método, para conseguir mejores e instantáneos resultados, además de ser un proceso altamente costeable.

3.3.4. FASE 4: REALIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Se realizaron varias corridas experimentales, cada una incluye una serie de fotografías como parte del estudio para la comparación de cuatro condiciones distintas, de dichas corridas se eligieron cuatro, porque en las primeras no fue posible controlar todas las variables que determinaron los resultados de éstas, así se tiene que, en donde la carne se retiraba del congelador cada tres minutos se encontró una oscilación térmica muy pronunciada, por efecto de abrir y cerrar la puerta del frigorífico, de esta manera se estableció prolongar el tiempo de muestreo para permitir a la cámara de congelación restablecer su equilibrio térmico; sin embargo todas comparten el empleo de cortes de carne porcina (*Longissimus dorsi*) de 2 cm de espesor y son las siguientes:

- Congelación y muestreo cada 3 minutos
- Congelación con una toma cada 10 minutos
- Descongelación y muestreo cada 3 minutos
- Recongelación con el mismo tiempo que el anterior

Explicación del proceso: Para la realización de la toma fotográfica, se mantuvieron buenas condiciones de higiene para evitar alguna alteración en la carne. Primeramente se realizaron cortes a la carne (*Longissimus dorsi*) de 2 cm de espesor, posteriormente se colocaban las muestras de carne en una charola para insertarles el *termopar*. La carne se introdujo en la cámara de congelación con una temperatura de $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

ESPACIO DE TRABAJO. Laboratorio 13 de la Unidad Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Al fondo, cámara de congelación Tor Rey; en primer plano, *banco óptico* y cámara fotográfica con flash montada en el trípode.

La determinación de la *velocidad de obturación*, de la abertura del diafragma, de la potencia del flash y de la dirección de éste, fue determinada con pruebas realizadas con anticipación contando con las mismas condiciones lumínicas y de disposición espacial y con ayuda de un fotómetro digital. Así fueron fijados los siguientes valores:

$v = 2''$
 $f = 16$
 $pf = 1/32$ a 60° eje x, y
 $if = 20\%$
 $ISO = 100/21$

Donde $v =$ *velocidad de obturación*; $f =$ valor de apertura (diafragma); $pf =$ potencia del flash; $if =$ incidencia del flash, $ISO =$ sensibilidad digital.

Una prioridad era decidir el valor de apertura, ya que en macrofotografía utilizar valores muy cerrados de diafragma, consigue obtener un efecto no deseado de difracción muy pronunciada, en donde se pierde nitidez de la imagen, y emplear valores demasiado abiertos provoca la pérdida de profundidad de campo, igualmente no deseada. Realizamos un *ahorquillado* de profundidad de campo, balanceando la exposición para no caer en el fallo de la *Ley de reciprocidad* o Ley de Bunsen-Roscoe. Se determinó el valor 16 porque fue el límite donde se conseguía la profundidad de campo adecuada así como la mayor nitidez posible. La potencia del flash utilizada (luz de relleno) corresponde a la relación de iluminación 1:2 y se empleó el valor ISO 100 para minimizar al máximo el ruido digital de la imagen.

La cámara fotográfica y el *banco óptico* se colocaron en una superficie estable, así que se dispusieron en un trípode y en una mesa de trabajo, respectivamente. Debido a que el ángulo de la plataforma del *banco óptico* fue construido a 45° para facilitar la postura de trabajo, la cámara también correspondió a tal ángulo, con el propósito de obtener una posición totalmente cenital con respecto a la muestra de carne y así impedir cualquier clase de perspectiva que impidiera recolectar información importante de la imagen, como es la adquisición de las medidas reales de la estructura contenida en la fotografía.



Así dispuesto lo anterior, procedimos a tomar la primera fotografía de una muestra de carne fresca, llamada 'testigo', para los siguientes cortes y una vez dentro del congelador, se esperó a que la temperatura de éstos bajara a 5°C y -2°C , posteriormente el tiempo de muestreo fue de 3 y 10 minutos dependiendo de la corrida. La carne se colocó sobre el *banco óptico* y una vez puesto el anillo del *objetivo* en el factor de ampliación 1:2 y realizado el encuadre en donde la totalidad del ejemplar ocupaba el 100% del *plano focal*, se procedió a realizar el enfoque con ayuda del desplazamiento

Arriba. FOTÓMETRO DIGITAL. Sekonic L-758 DR. Utilizado para la medición de la luminancia.

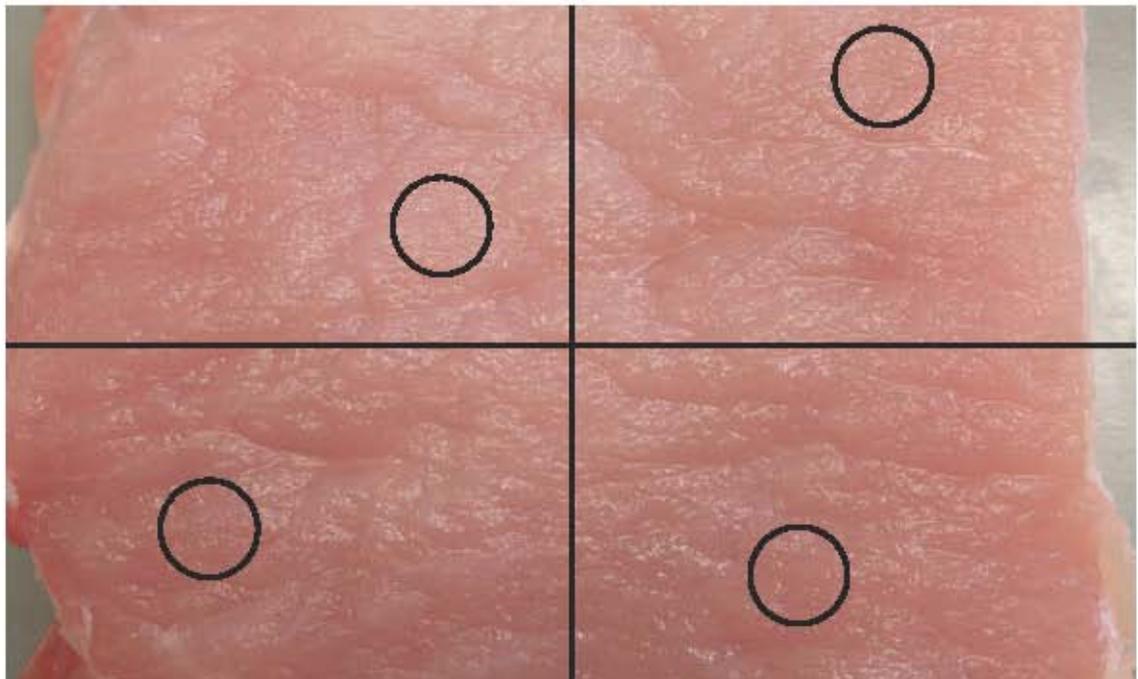
Abajo. MUESTRA DE CARNE PORCINA. *Longissimus dorsi*. Seccionada en cuatro segmentos para tomar lectura de la luminancia en cada uno de ellos y tomar registro de estas mediciones.

ascendente y descendente de la plataforma del banco. Fue imprescindible usar tanto la función de *bloqueo de espejo* de la cámara como el cable disparador para realizar la obturación a distancia y de esta manera minimizar lo más posible las vibraciones producidas por las acciones anteriores. Hecho todo lo previo, se disparó para imprimir la imagen en el sensor de la cámara.

El análisis posterior a la toma fotográfica se refiere a los parámetros siguientes:

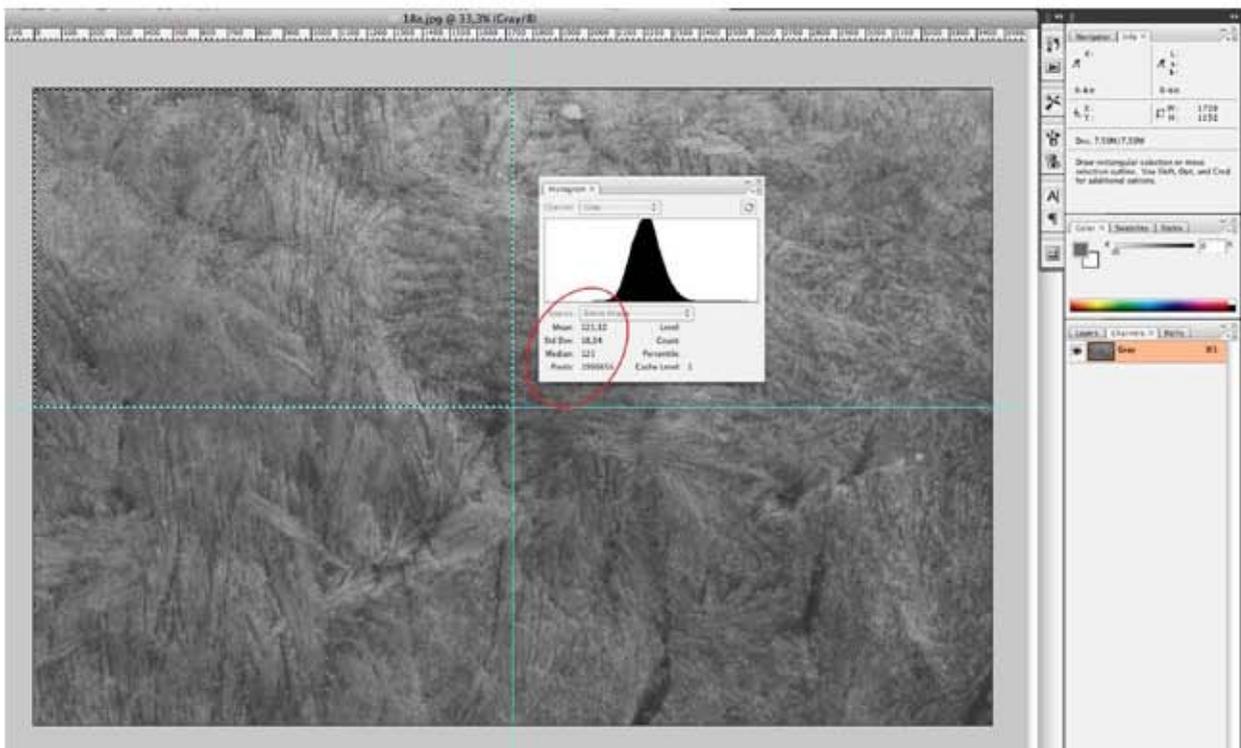
- Luminancia
- Escala de grises
- Brillo del modo HSB
- Luminosidad del modo Lab

Entonces, se tomó lectura de la luminancia de cuatro áreas diferentes de la muestra, con ayuda del fotómetro digital, configurado en el modo de 'lectura de spot de luz reflejada' (en este modo se utiliza el visor que tiene integrado el fotómetro en la parte superior, por debajo del cabezal para luz incidente y que atraviesa el aparato de lado a lado por detrás de la pantalla, el visor tiene un círculo en el centro que es donde manualmente se debe posicionar el área a la cual se pretende tomar la lectura) para posteriormente obtener el promedio de dichas zonas y por consiguiente de cada pieza; se tuvo especial cuidado al escoger las zonas uniformes, planas, homogéneas, sin grietas y predominantes en fibras musculares. La muestra era traspasada a otros equipos de personas del área de Ingeniería en Alimentos encargados de realizarle pruebas diferentes, como la medición de pH, humedad y color por medio del colorímetro.



MEDICIÓN EN ESCALA DE GRISES. Adobe Photoshop CS3. Se puede observar el histograma del sector superior izquierdo, así como de los valores arrojados por el programa circulados en color rojo. Estos archivos de imagen solo contienen un canal, con una profundidad de color de 8 bits, por lo tanto solo puede producir $2^8=256$ tonos de gris.

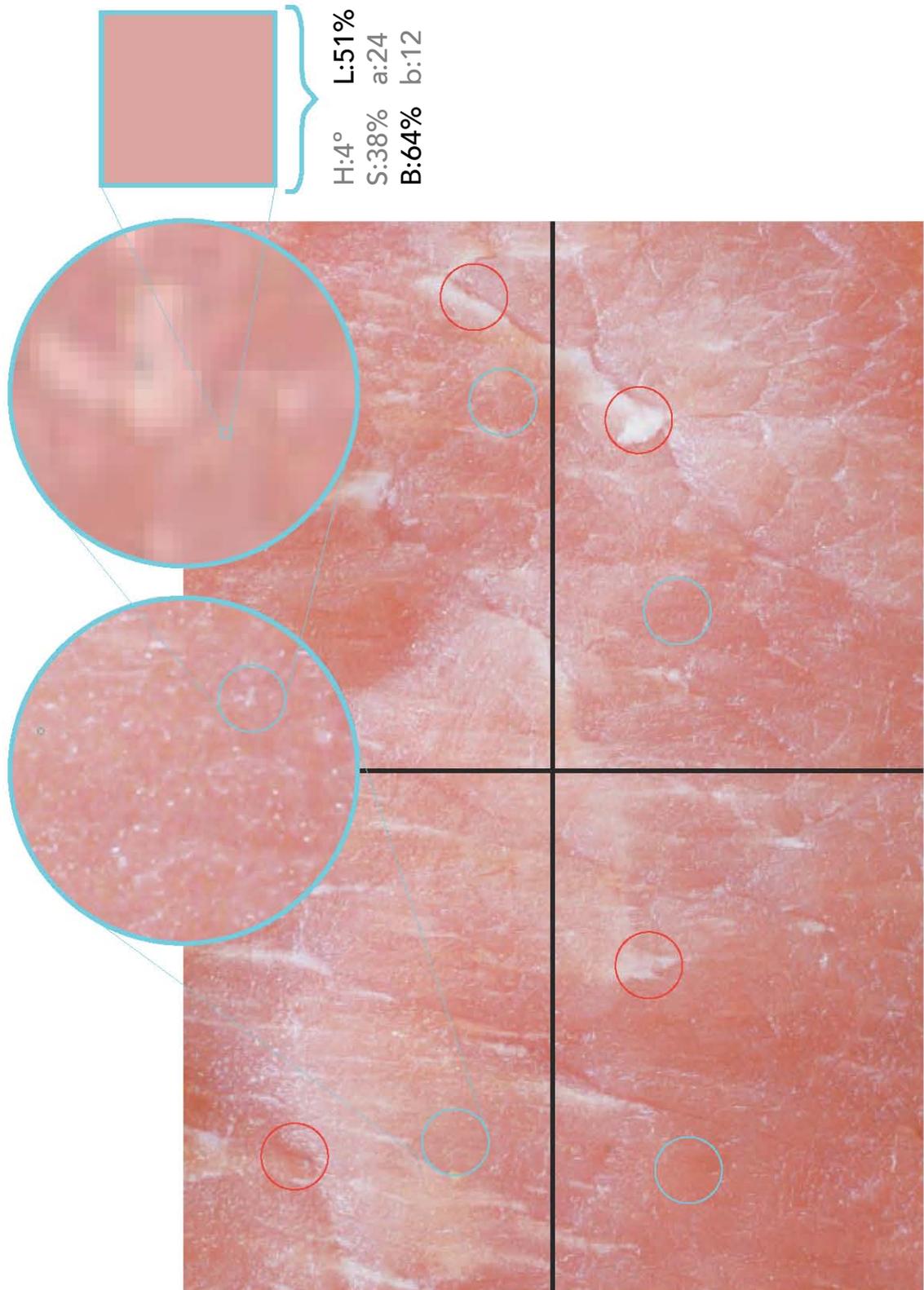
El parámetro de escala de grises, fue determinado digitalmente con ayuda del software Adobe Photoshop CS3, dividiendo la imagen en cuatro sectores; posteriormente se eliminaron los canales de color. El siguiente paso fue seleccionar cada una de las cuatro divisiones con ayuda de la herramienta de 'selección rectangular', de este modo en la paleta de 'histograma' es posible recopilar la información cuantitativa de diversos datos como el promedio, la desviación estándar, la mediana de los valores de los píxeles en la escala de grises y el total numérico de éstos, contenidos en esa área de la imagen. Solo fue graficado el promedio de los valores de gris (de 256 tonos posibles), ya que esto nos indica la luminosidad.



Los parámetros de brillo y luminosidad, al igual que el anterior, se determinaron digitalmente con el mismo software, el proceso fue el siguiente: se abre la imagen original, se divide en cuatro sectores iguales y se buscan las áreas más homogéneas en los *medios tonos* de cada una, omitiendo las de luz y de sombra, la superficie seleccionada de aproximadamente 150 px de diámetro se marca con un trazo geométrico para posteriormente ubicarla con exactitud. Se hace un acercamiento sobre esa superficie y dentro de ésta se vuelve a realizar un análisis visual para detectar una parte igualmente homogénea de aproximadamente 10 px de diámetro, posteriormente se elige un píxel marcándolo con un trazo cuadrado y se toman los valores que se visualizan en el panel 'Info' (Información) en los modos de color HSB, y Lab y se repite el procedimiento con los tres sectores restantes y con todas las imágenes de las corridas.

En ambos modelos se descartaron los parámetros inherentes al color, H y S en el caso del modo HSB y a, b en Lab, ya que el color es una variable que no aporta información relevante en la formación de cristales y que varía de acuerdo a la pérdida de *mioglobina* y solutos presentes a nivel celular por efecto del corte de las muestras y cambios en el pH.

MEDICIÓN DEL BRILLO Y LUMINOSIDAD . Adobe Photoshop CS3. Acercamientos del área a medir (círculos azules), hasta llegar a la unidad mínima de la imagen, el píxel. Los círculos rojos muestran áreas no homogéneas del corte de carne como puede ser tejido conectivo o una grieta muy pronunciada en la muestra por la disposición de los haces de fibras.



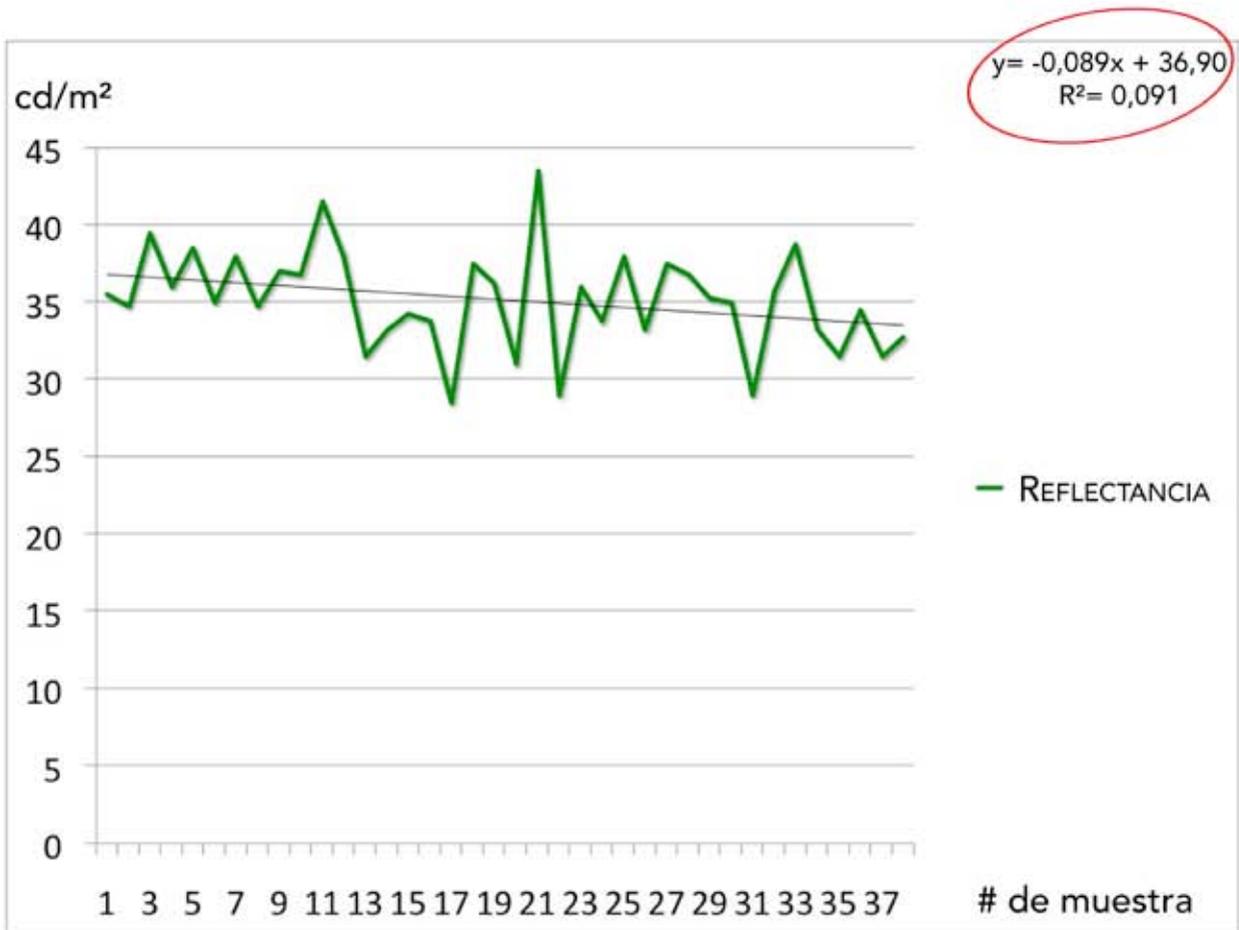
GRÁFICA DE LUMINANCIA. Ejemplo. La ecuación se puede observar en la parte superior derecha y la pendiente está representada por una línea recta negra que atraviesa los valores, en las gráficas donde solo se muestran parámetros individuales.

La ecuación que se empleó para la descripción del comportamiento lineal o proporcional de la gráfica es la siguiente:

$$y = mx + b$$

Donde 'y' es la variable de respuesta, 'm' es la pendiente, 'b' es la ordenada al origen.

La pendiente, es la inclinación y la posible velocidad de cambio, tomando en cuenta desde el primer hasta el último valor de respuesta. Cuando la pendiente es negativa existe una disminución de los valores, y viceversa. La ordenada de origen ('b'), nos indica donde comenzaría el primer valor en 'y', es decir, la variable de respuesta. El coeficiente de determinación es expresado como 'R²' y marca la dependencia que tiene el eje de x con respecto al eje y, puede ser transformado en el porcentaje de dependencia multiplicándolo por cien.



3.4. RESULTADOS

Para obtener los resultados, se tomaron diferentes trozos de carne porcina (*Longísimus dorsi*), de una misma pieza de la canal por corrida, es decir, que cada fotografía es un corte distinto de una misma pieza del lomo de canales distintas por sesión. A continuación se explicarán cada una de las corridas.

CORRIDA UNO (FIG. 1)

En la corrida uno, se logra observar similitud en los cuatro parámetros, a pesar de no ser idénticos, debido a la diferente interpretación del *sensor* de la cámara con respecto al del fotómetro digital, es posible inferir que los parámetros utilizados demuestran, en ciertas áreas de las gráficas, un comportamiento afín entre ellos, en el eje 'x' perteneciente al número de muestra de la corrida. Se observa que de la muestra uno a la dieciocho existe menor concordancia que de la diecinueve en adelante, ya que al principio de la corrida los cortes de carne no tuvieron el suficiente tiempo para alcanzar un equilibrio térmico adecuado, dado que el tiempo de muestreo fue cada tres minutos. Otra de las razones por la que no existe igualdad total en las gráficas en especial en las de brillo, luminosidad, y escala de grises es porque al transformar de un *modo de color* a otro existe pérdida de información, producida por el software Adobe Photoshop CS3 y su tendencia de redondear valores a enteros.

Como puede verse en la figura 1.1, el comportamiento de la luminancia, presenta una pendiente negativa (-0.089), lo que indica que esta variable, conforme transcurre el tiempo en su promedio tiende a disminuir ya que la superficie va cambiando por la formación de cristales de hielo no homogéneos en tamaño y forma, perdiendo así la capacidad de reflejar la luz, como sucede en las demás gráficas de brillo, luminosidad y escala de grises de la misma corrida. En cuanto al coeficiente de determinación, R^2 , en la misma gráfica, éste nos indica escasa relación entre el tiempo de muestreo y la luminancia ($R^2= 9.1\%$), en los demás parámetros expresan valores menores al citado; en la escala de grises (fig. 1.2) es del 4.2%, en el brillo (fig. 1.3) es del 2,6%, y en la luminosidad (fig. 1.4) es del 4.7%; relación lógica y esperada, ya que la luminancia y por consiguiente los demás parámetros dependen entre otras variables, de la cantidad de cristales formados y de la estabilidad de los mismos. En esta corrida se presentaron fluctuaciones de temperatura y una carencia de estabilidad térmica en la cámara de congelación, teniéndose condensación superficial del agua, formándose escarcha y no cristales de hielo sólidos los que impiden reflejar la cantidad de luz esperada.

CORRIDA DOS (FIG. 2)

La corrida dos, muestra conductas parecidas en los cuatro elementos analizados, no obstante cada uno de ellos tiene sus propias características. Las diferencias son debidas a las mismas razones que en la corrida anterior, excepto por el tiempo de muestreo que fue de cada 10 minutos y el número de muestras disminuyó a 21 (contando al testigo). La semejanza expresada al inicio de las gráficas, es porque se presentó mayor estabilidad térmica en los cortes (por el aumento del tiempo de muestreo, como ya se mencionó).

En la figura 2.1, la tendencia de la luminancia en esta corrida, es contraria a la anterior, presenta una pendiente positiva (0.320), esto indica que durante el tiempo que transcurre en la cámara de congelación, los cristales que se forman son más homogéneos y con similitudes en tamaño, lo cual influye para que la superficie tenga mayor capacidad de reflejar la luz. El coeficiente de determinación del mismo parámetro, nos muestra una correspondencia más alta entre los dos ejes ($R^2=11.9\%$), aunque aún relativamente baja para tener resultados óptimos. La disminución de la variación de la temperatura, provocada por la prolongación del tiempo entre cada muestra, permitió crear mayor equilibrio térmico dentro de la cámara de congelación y por consiguiente, se obtuvieron estos resultados.

En la figura 2.3 de la presente corrida, el brillo mostró menor correlación con respecto a la gráfica de luminancia de la misma. Aunque así fue, no se pierden las similitudes, la pendiente continuó con una tendencia positiva (0.041), lo que indica un incremento aún no muy significativo en este parámetro. El coeficiente R^2 (0.3%) apunta a que la dependencia entre el tiempo de muestreo y el brillo sea prácticamente nula.

CORRIDA TRES (FIG. 3)

La corrida tres pertenece a los datos de descongelación de las piezas de carne porcina, después de aproximadamente 68 horas continuas de pre congelación, estos mismos cortes fueron deshielados con un tiempo de muestreo de cada 3 minutos y posteriormente recongelados en la corrida cuatro.

El comportamiento de las pendientes en todas las variables (fig. 3.1-3.4), refirió un decremento al mostrar valores negativos (m de Luminancia= -0.456; m de Brillo= -0.378; m de Luminosidad= -0.267; m de Grises= -0.719), este patrón de conducta de las gráficas fue el esperado ya que los valores negativos indican una disminución en la luminancia, brillo, luminosidad, y escala de grises, porque conforme transcurría el tiempo los cristales de hielo reducían progresivamente, asimismo el agua era exudada como desecho líquido mezclado con solutos de la carne como proteínas y minerales. Además el coeficiente de determinación en todas las variables aumentó considerablemente con respecto a las corridas anteriores, debido a que las muestras tuvieron suficiente tiempo de maduración térmica dentro de la cámara de congelación, por ejemplo, R^2 de Luminancia= 26.3%; R^2 de Brillo= 32%; R^2 de Luminosidad= 29.6%; R^2 de Escala de Grises= 17.7%. Esto señala que la subordinación de la variable dependiente (Luminancia, Brillo, Luminosidad, y Escala de Grises), es mayor con respecto a la variable independiente (tiempo de muestreo) y por lo tanto la línea de tendencia muestra una correlación lineal mas acentuada.

CORRIDA CUATRO (FIG. 4)

En la corrida cuatro se practicó la recongelación de las muestras de carne de la corrida tres, con igual tiempo. En esta ocasión se obtuvo el mayor valor de la pendiente de luminancia de las tres corridas de congelación (0.894, fig. 4.1), ya que hubo una mayor cristalización externa en las primeras fases de la congelación, en comparación con la corrida uno (-0.089) y de la corrida dos (-0.32); así también se obtuvo el coeficiente de determinación más alto de la misma variable (57.2%). Al acercarnos a un $R^2=100\%$, la dependencia del eje 'y', es decir, la luminancia, es muy alta, y que conforme se mantenga así, existen mayores probabilidades de predecir este tipo de comportamientos. En los demás valores se tuvieron datos irregulares por ejemplo m de Brillo=-0.103; m de Luminosidad= 0.077; m de Escala de Grises=0.07;

TABLA. Ordena cada uno de los valores de los parámetros por corrida.

R^2 de Brillo= 5.8%; R^2 de Luminosidad= 2.7%; R^2 de Escala de Grises= 0.3%; los cuales no concuerdan con las expectativas de esta corrida, la posible causa es que estos parámetros, no se analizaron de la manera más adecuada, ya que la escasa cantidad de datos que interactuaron en el análisis no fueron suficientes para arrojar valores más confiables, objeto del que se hablará en las conclusiones. Estas piezas que fueron congeladas por una cantidad de horas considerable, ya habían sufrido daño estructural intra y extra celular, y por consiguiente en esta etapa de recongelación el daño aumenta considerablemente.

LUMINANCIA	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Pendiente	-0.089	0.32	-0.456	0.894
Ordenada al origen	36.9	40.1	45.53	45.24
Porcentaje de dependencia	9.10%	11.9%	26.3%	57.2%

GRISES	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Pendiente	-0.15	0.845	-0.719	0.07
Ordenada al origen	82.47	112.1	124.2	100
Porcentaje de dependencia	4.2%	13.3%	17.7%	0.3%

BRILLO	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Pendiente	-0.03	0.041	-0.378	-0.103
Ordenada al origen	57.64	66.72	56.82	60.65
Porcentaje de dependencia	2.6%	0.3%	32%	5.8%

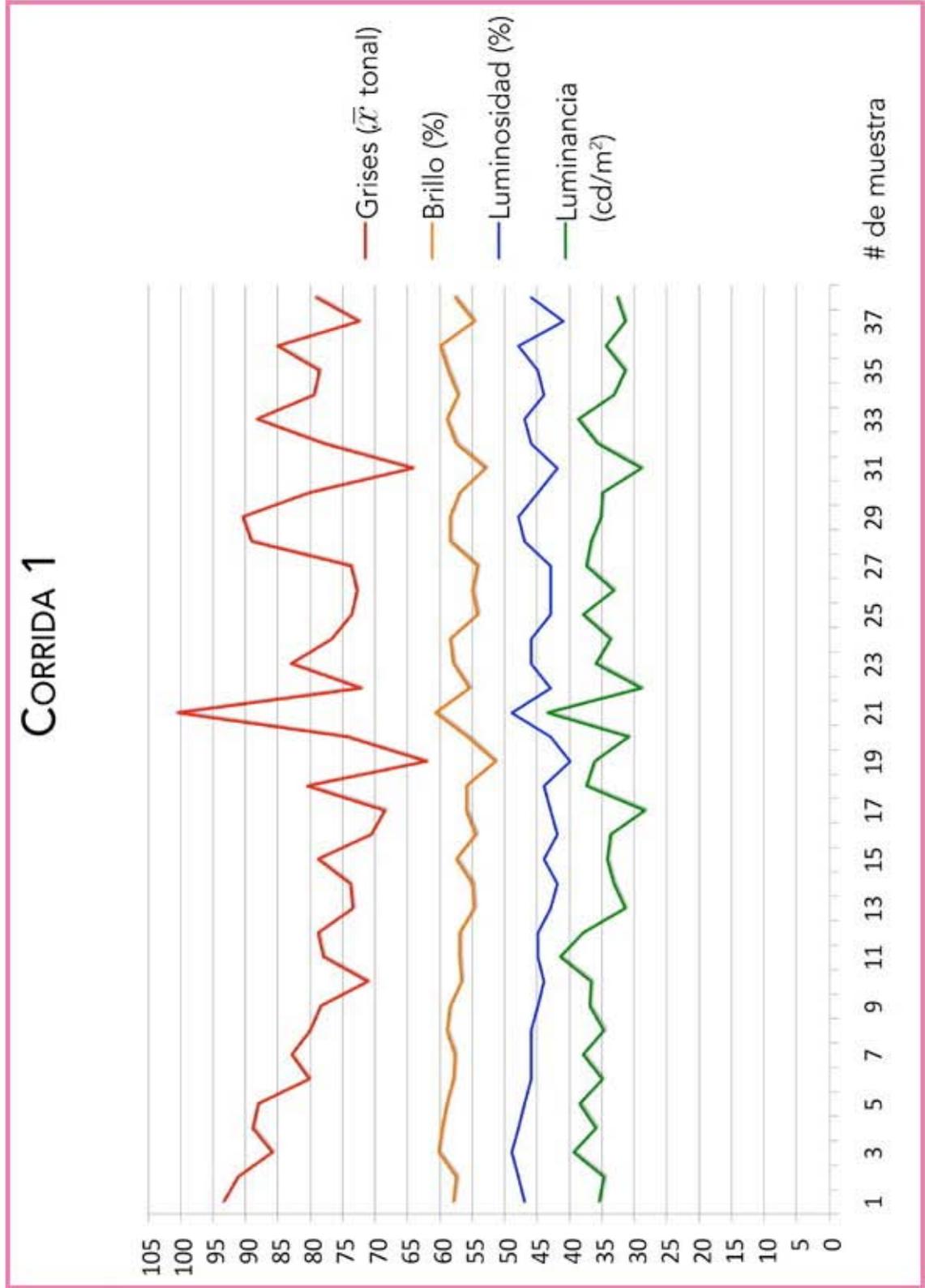
LUMINOSIDAD	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4
Pendiente	-0.044	-0.246	-0.267	0.077
Ordenada al origen	45.83	56.58	44.21	46.03
Porcentaje de dependencia	4.7%	8.9%	29.6%	2.7%

La tabla nos permite visualizar organizadamente, cambios en los valores de las variables de respuesta (Luminancia, Escala de Grises, Brillo, Luminosidad). Consideramos adecuados estos parámetros para poder realizar el análisis correspondiente al incremento de formación de cristales de hielo por efecto de la congelación de los cortes de carne de cerdo por convección forzada; una vez realizada una corrida con una sola muestra y sin haber interferido en el equilibrio térmico de la cámara de congelación. Este tipo de análisis servirá para depurar errores en futuras experimentaciones que llevarán a cabo los responsables del proyecto.

Las imágenes tomadas y posteriormente analizadas tienen las siguientes características:

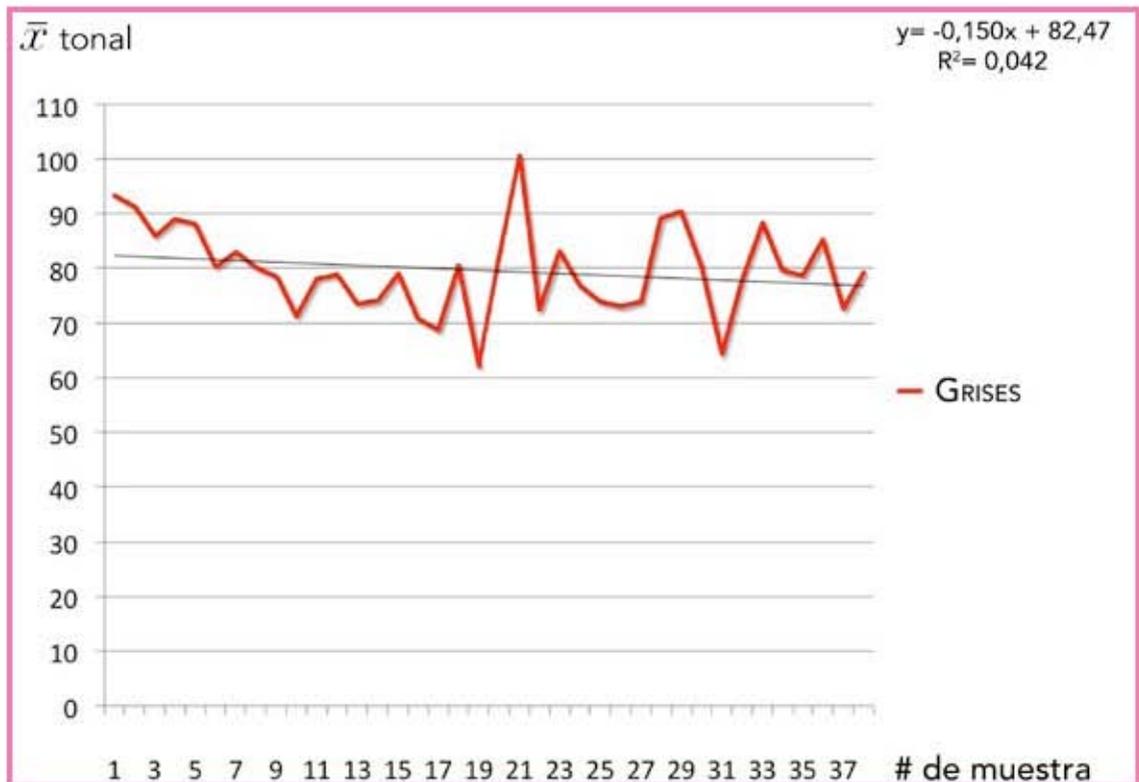
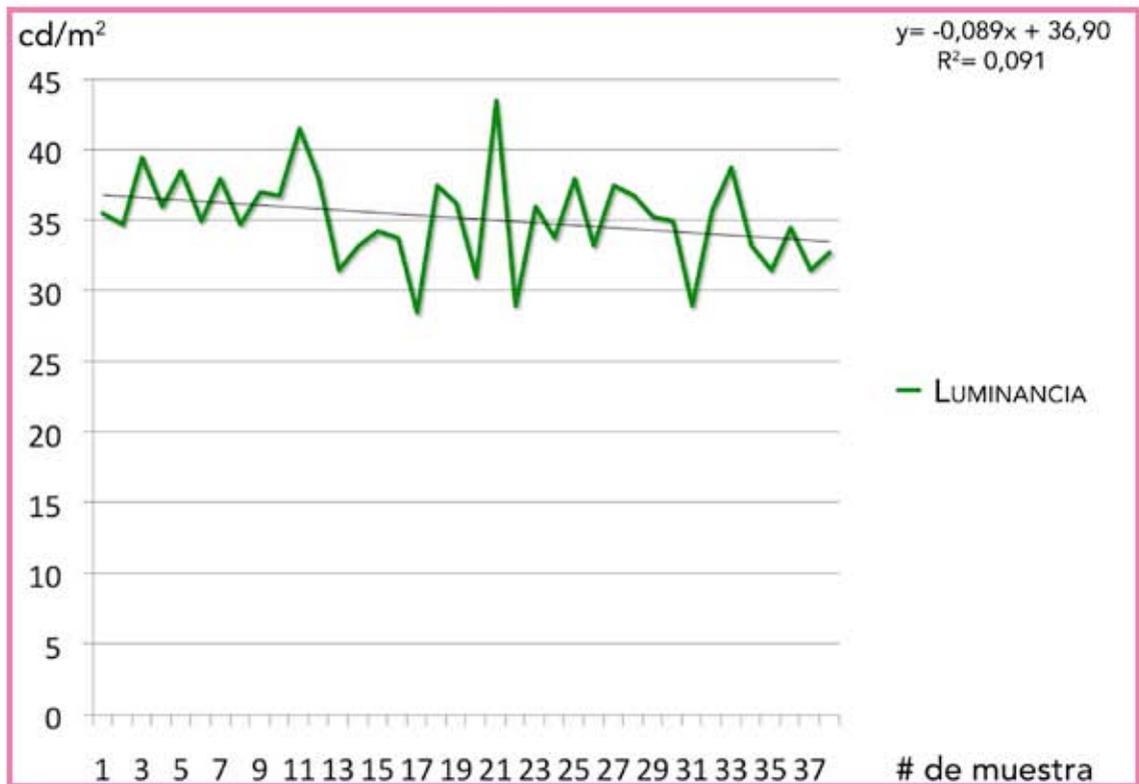
- 3, 456 x 2, 304 píxeles por lado, con un total de 7, 962, 624 píxeles
- Sin compresión
- En el modo de color sRGB (standard RGB)
- Con una profundidad de color de 8 bits por canal, es decir 24 bits en modo RGB y 8 bits en el modo de escala de grises.

FIGURA 1. Gráfica general.



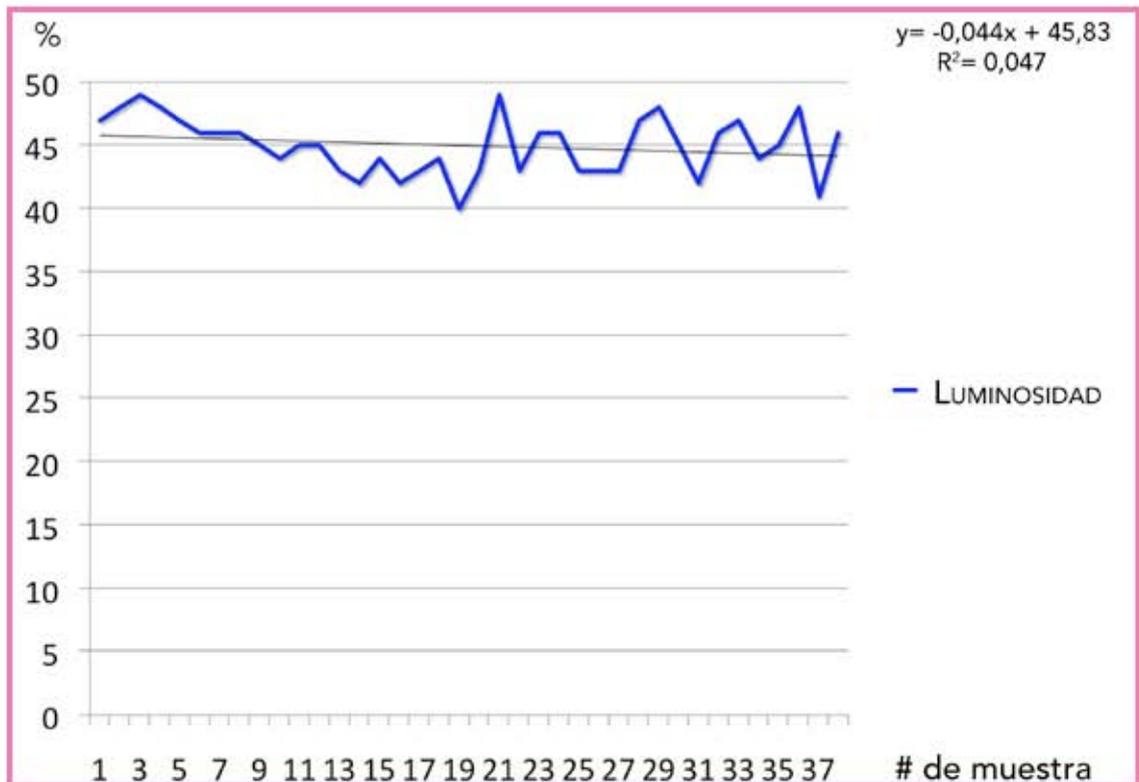
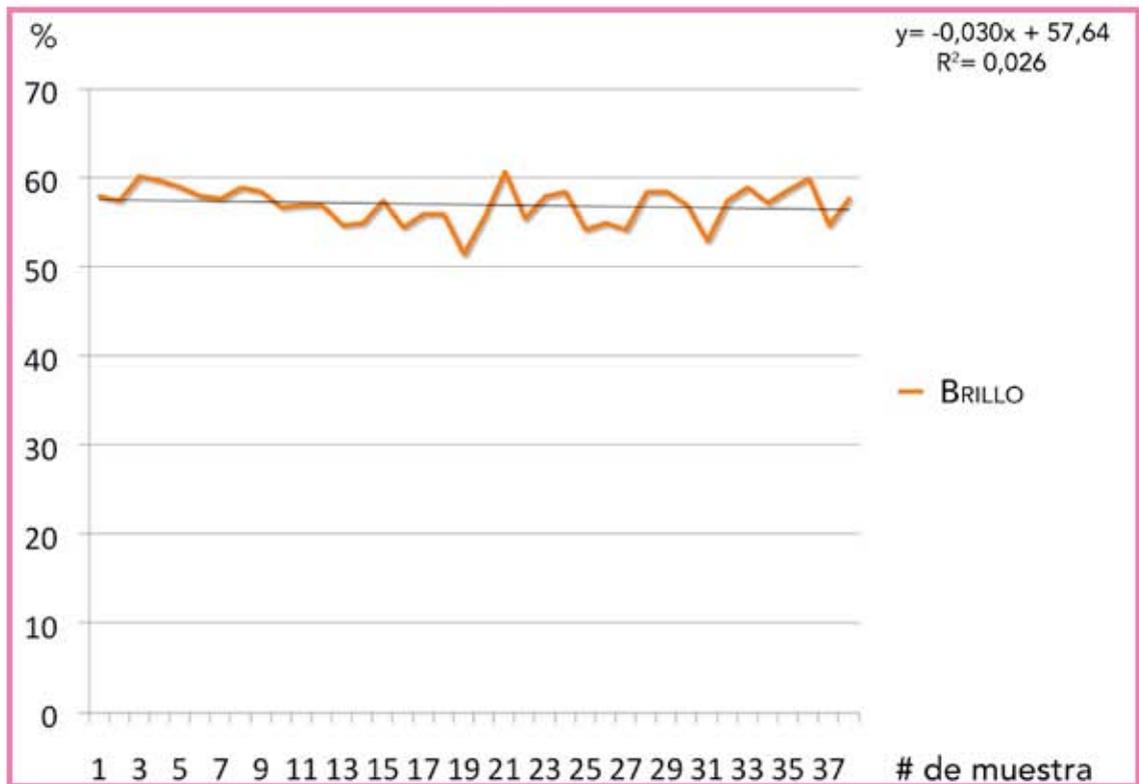
Arriba. FIGURA 1.1. Gráfica Luminancia.

Abajo. FIGURA 1.2. Gráfica Escala de Grises.



Arriba. FIGURA 1.3. Gráfica Brillo (HSB).

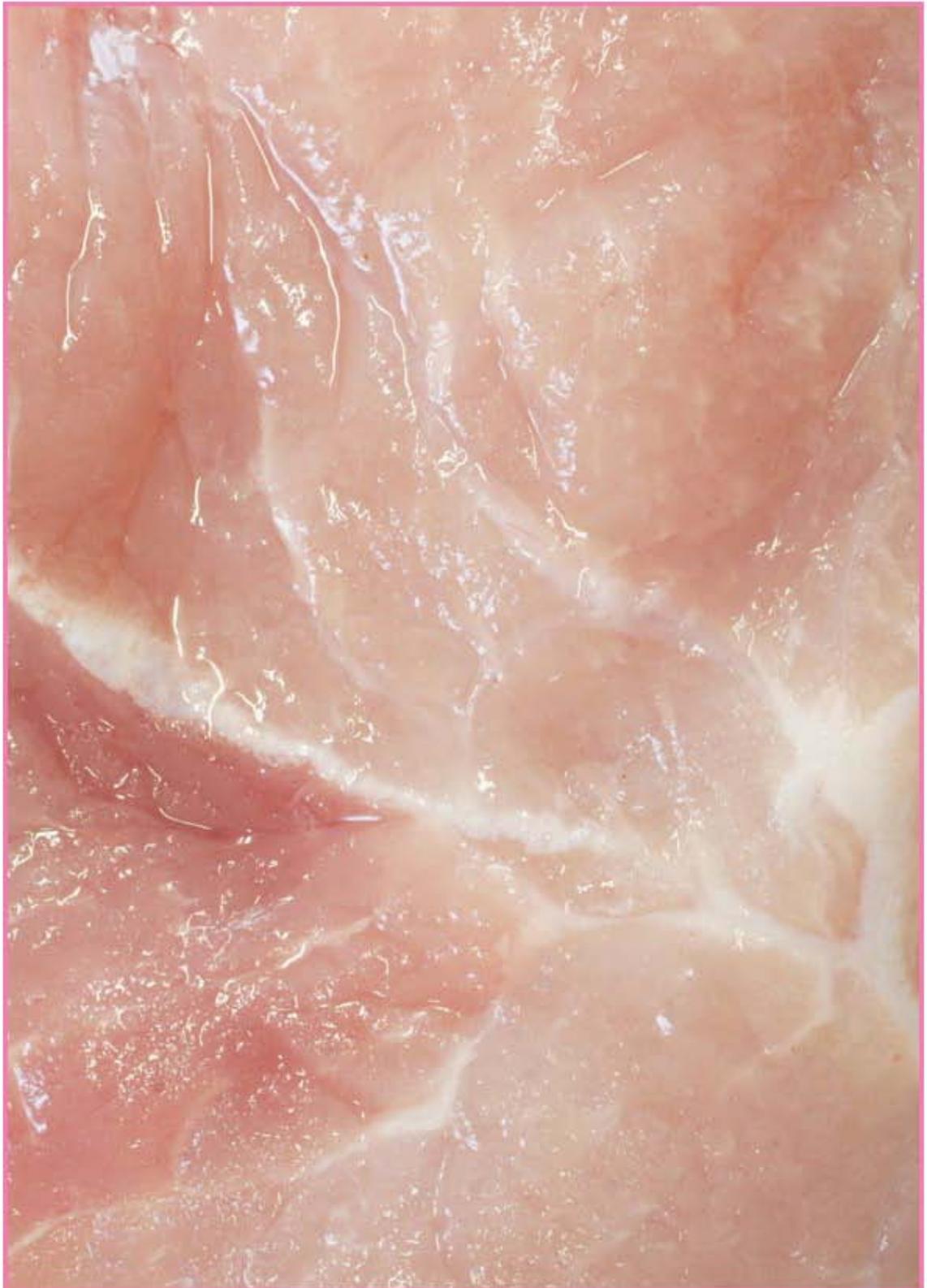
Abajo. FIGURA 1.4. Gráfica Luminosidad (Lab).







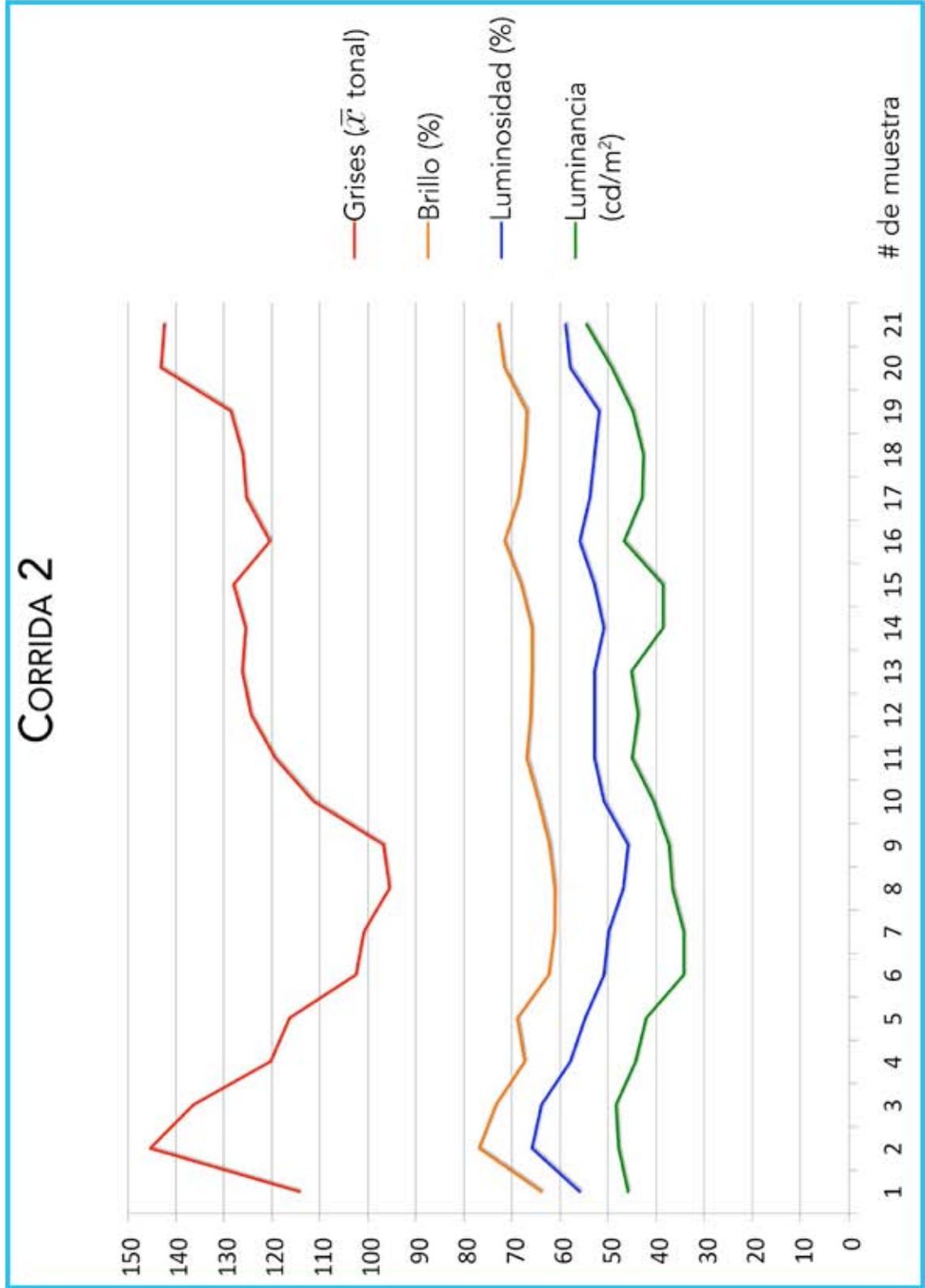
MUESTRA TESTIGO. Es la muestra que no recibe tratamiento térmico experimental y sirve como punto de comparación con las demás que sí son sometidas a los procesos físicos del estudio. Esta imagen muestra la forma y textura características de la carne fresca.



MUESTRA 32. En esta fotografía se puede apreciar la fina escarcha que se depositó en la superficie de la muestra de carne, producto de la congelación del vapor de agua contenido en el aire y que se incrementó como consecuencia de la constante manipulación de la puerta de la cámara de congelación.

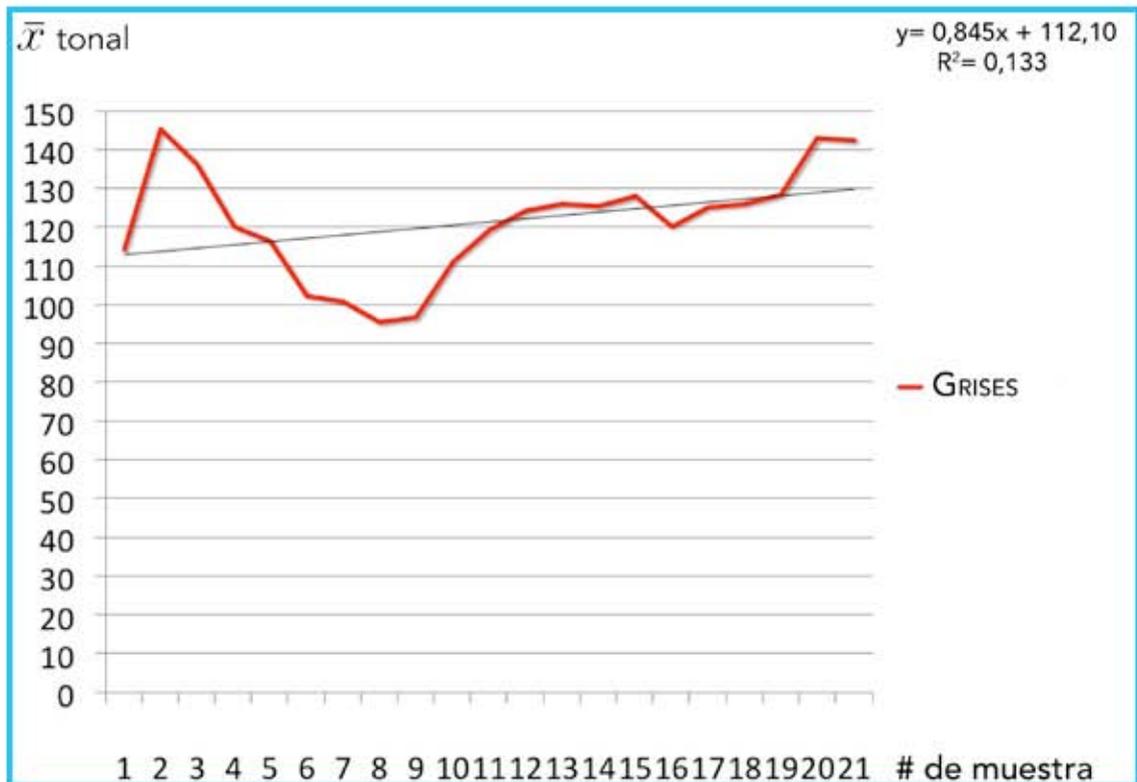
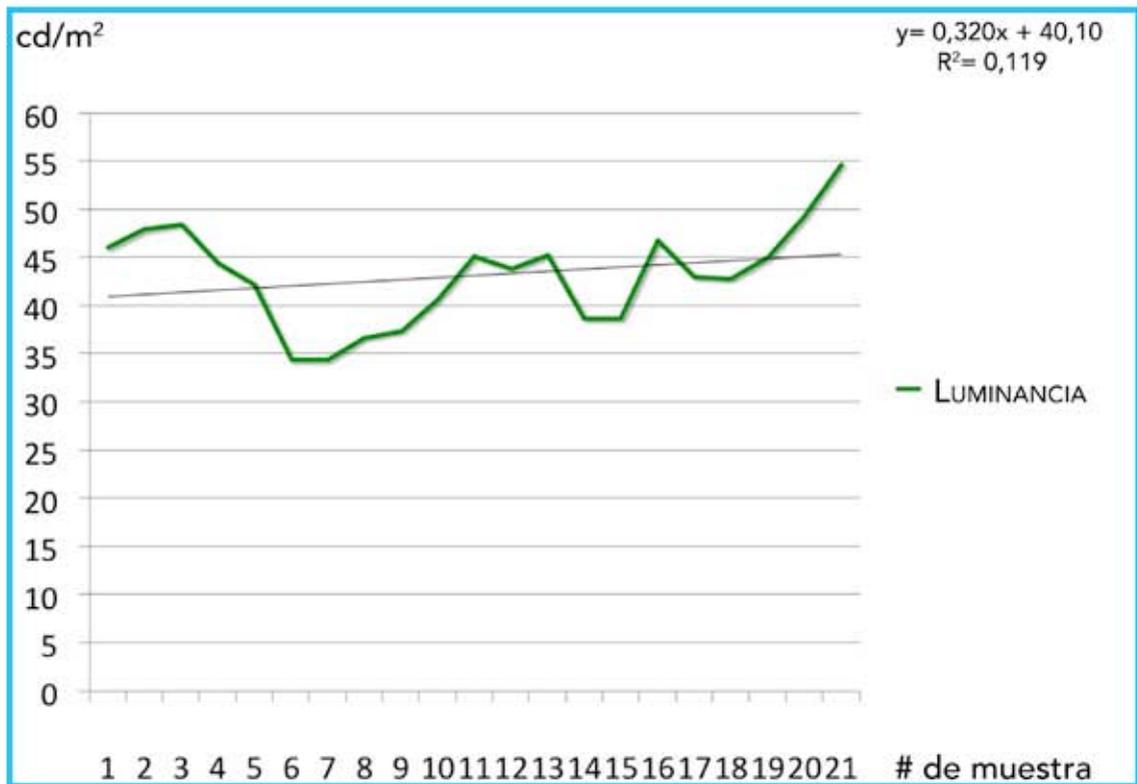


FIGURA 2. Gráfica general.



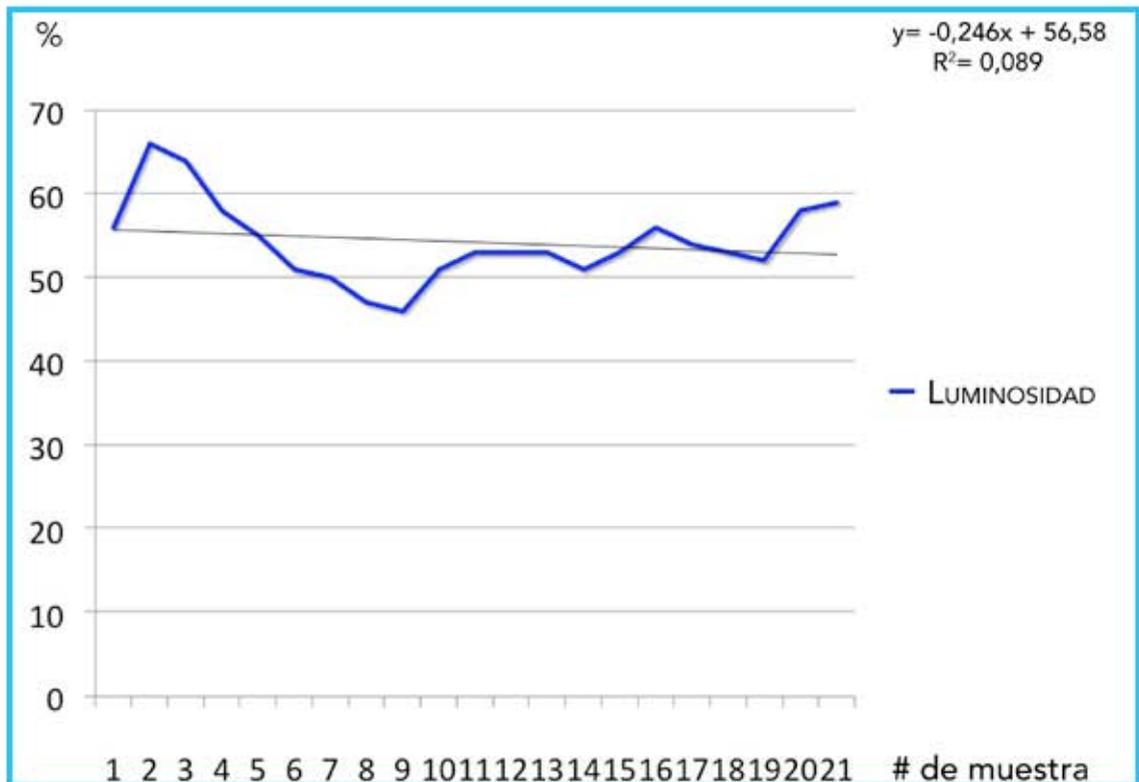
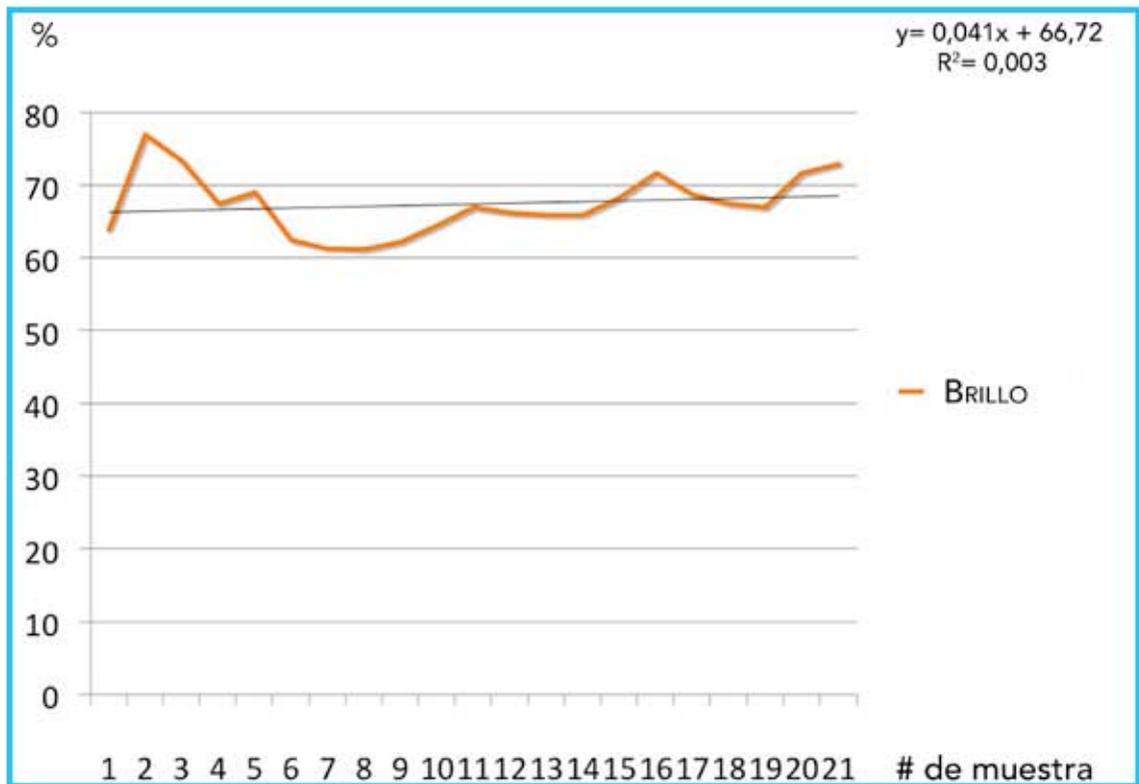
Arriba. FIGURA 2.1. Gráfica Luminancia.

Abajo. FIGURA 2.2. Gráfica Escala de Grises.



Arriba. FIGURA 2.3. Gráfica Brillo (HSB).

Abajo. FIGURA 2.4. Gráfica Luminosidad (Lab).





Muestra 8. Se puede observar que todas las muestras de este lomo contienen un nivel mayor de marmoleo que la corrida anterior; por su similitud en tono con respecto al de los cristales externos, dificulta moderadamente la recopilación de información perteneciente a éstos.



MUESTRA 13. Estos cristales geométricos que ya han crecido en la superficie, nos indican que el interior de la carne, en este punto del experimento, ya está totalmente congelada y que los cristales internos ya han causado un daño estructural a nivel intra y extra celular.



CORRIDA 3

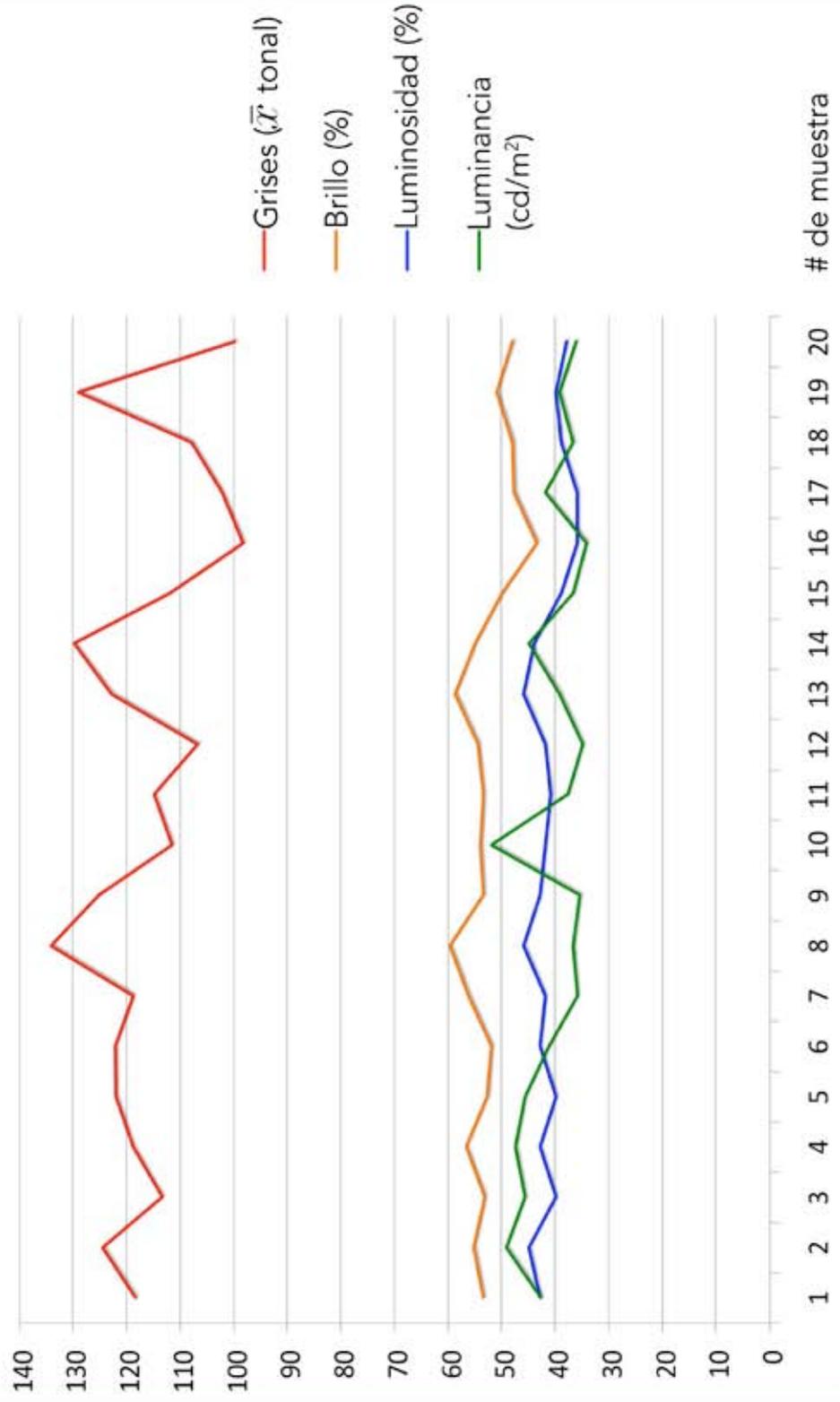
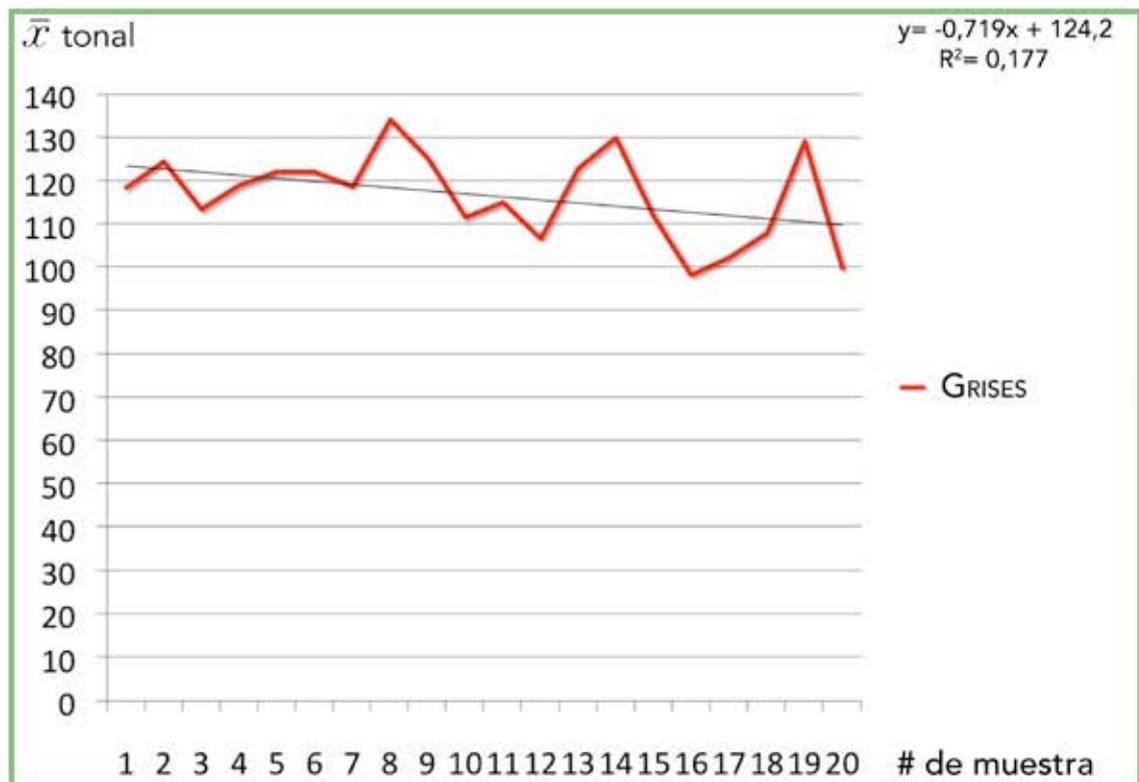
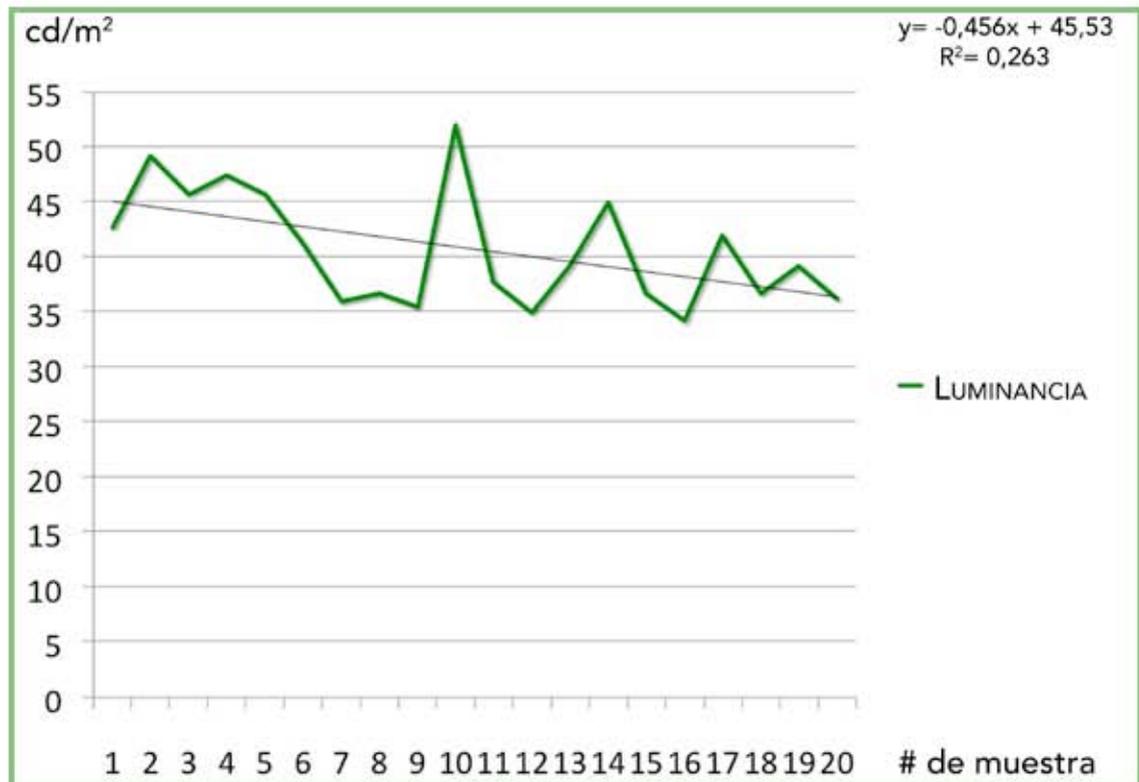


FIGURA 3. Gráfica general.

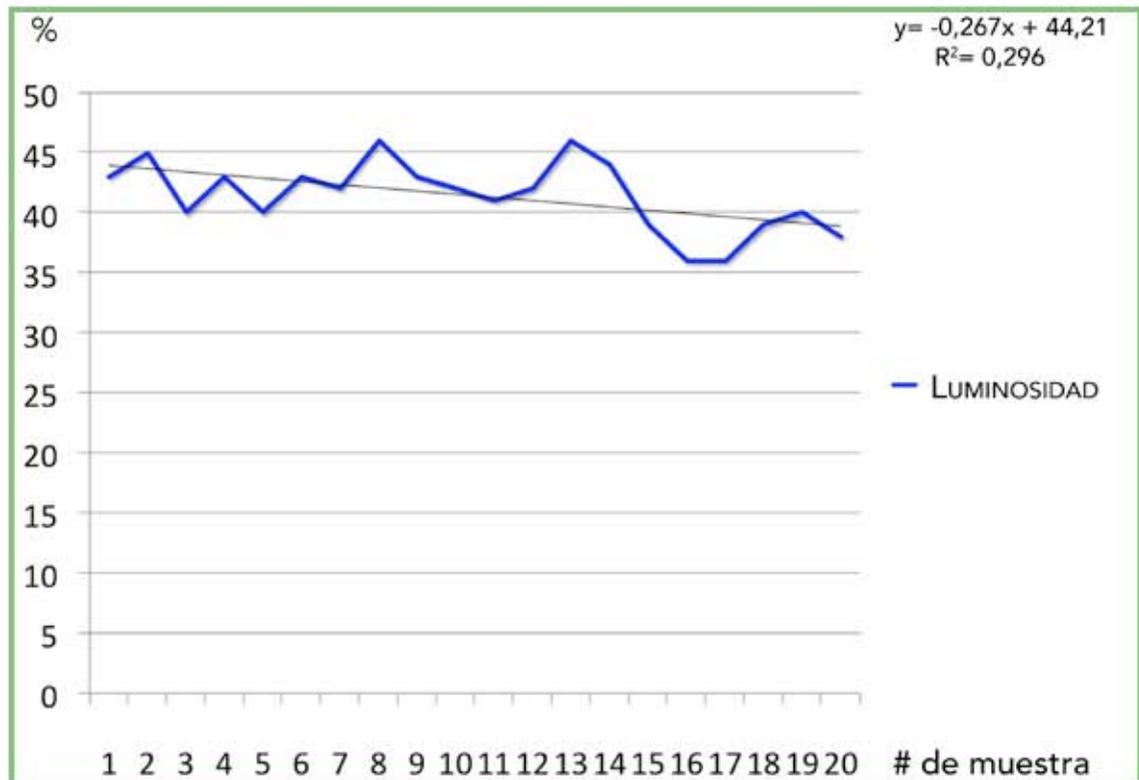
Arriba. FIGURA 3.1. Gráfica Luminancia.

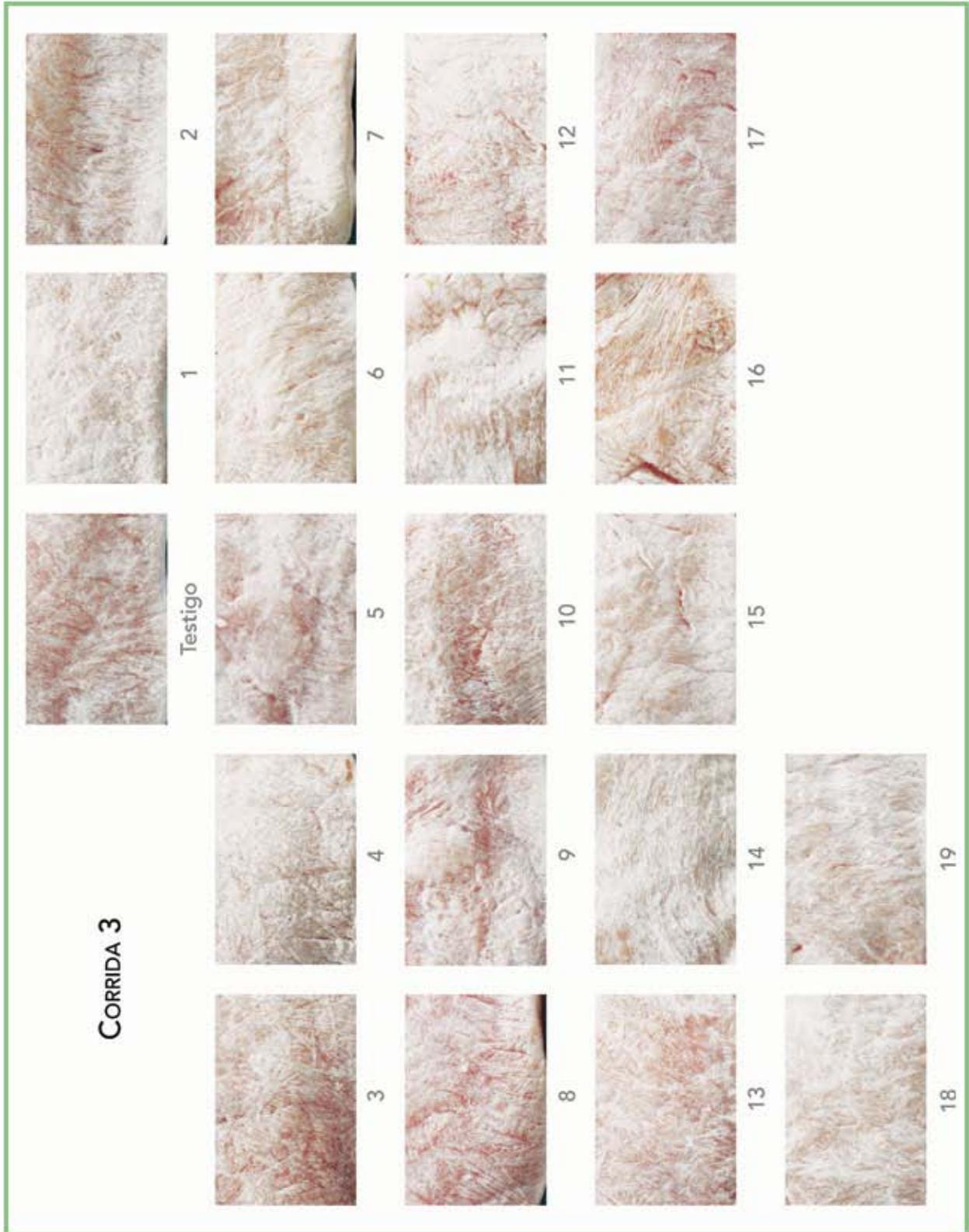
Abajo. FIGURA 3.2. Gráfica Escala de Grises.



Arriba. FIGURA 3.3. Gráfica Brillo (HSB).

Abajo. FIGURA 3.4. Gráfica Luminosidad (Lab).





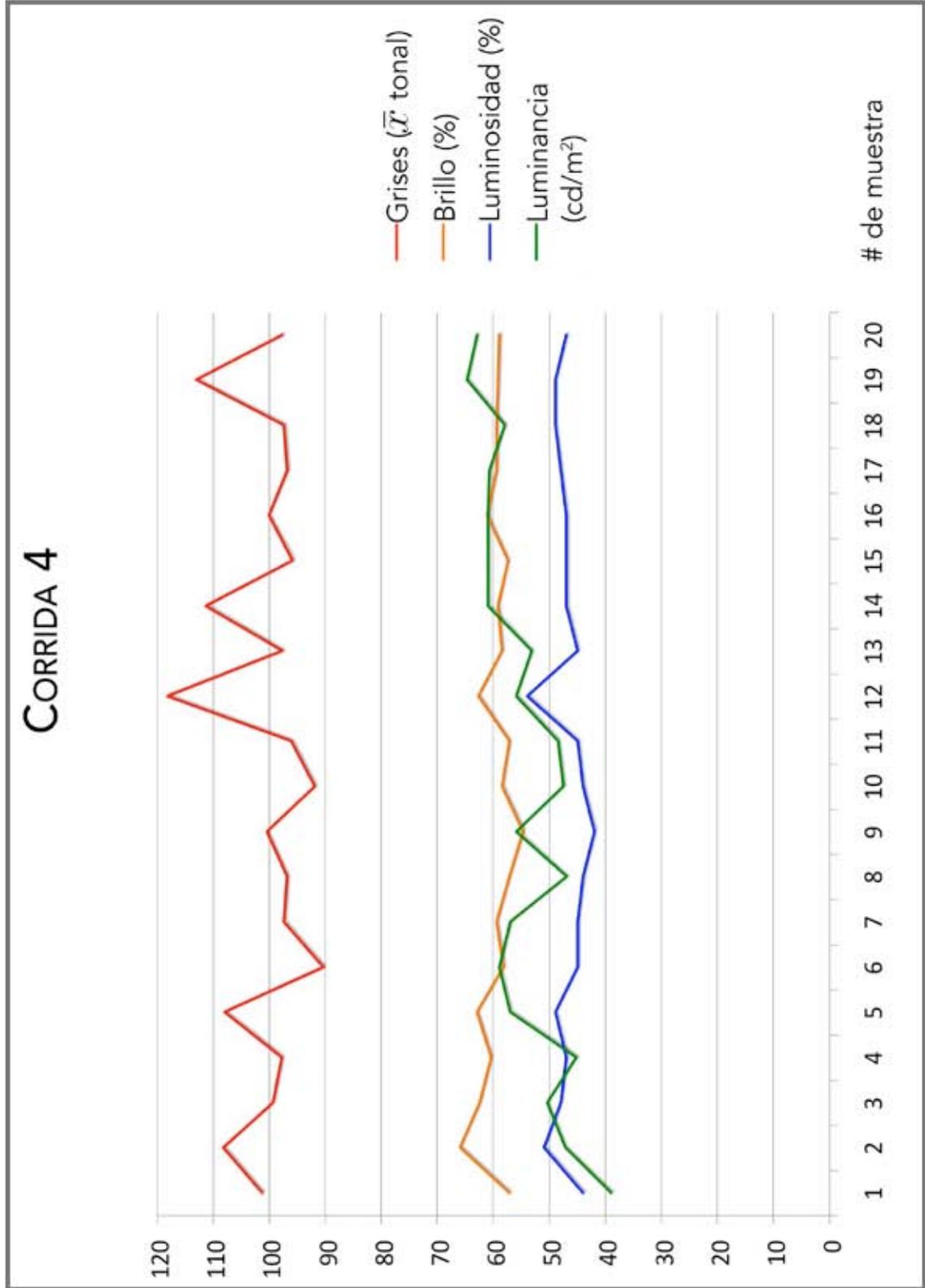
MUESTRA 13. Al incrementarse el tiempo de exposición de las muestra en el interior de la cámara de congelación, los cristales de hielo crecen incontrolablemente fundiéndose unos con otros y produciendo formas irregulares; por consiguiente el nivel de luminancia aumenta considerablemente



MUESTRA 13. Acercamiento de los cristales. Es posible vislumbrar los cristales externos fundidos que se han convertido en amorfos, y que forman canales a merced del relieve del corte de carne.

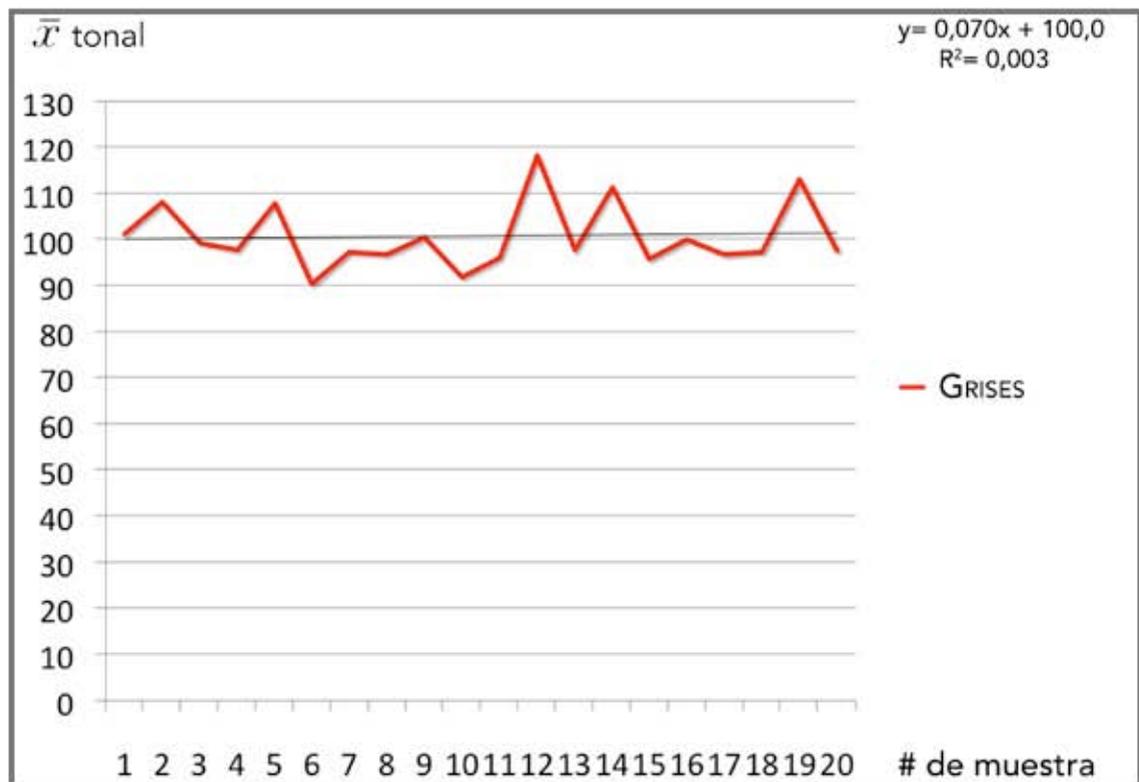
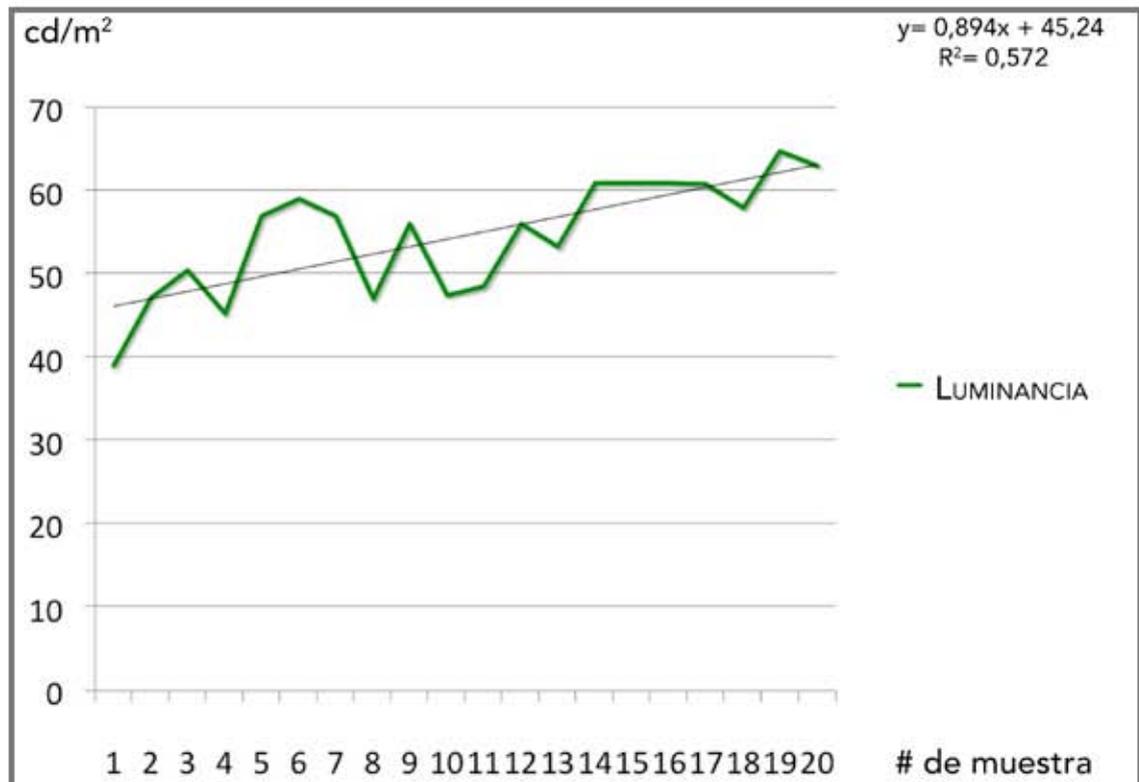


FIGURA 4. Gráfica general.



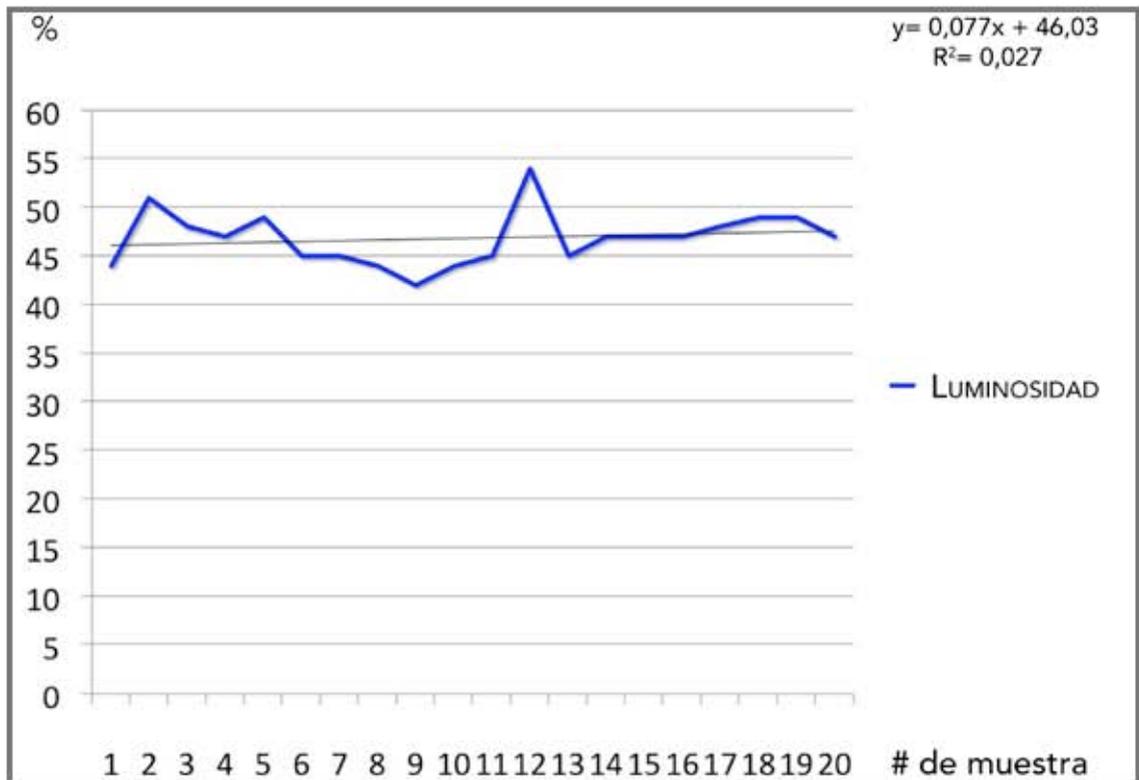
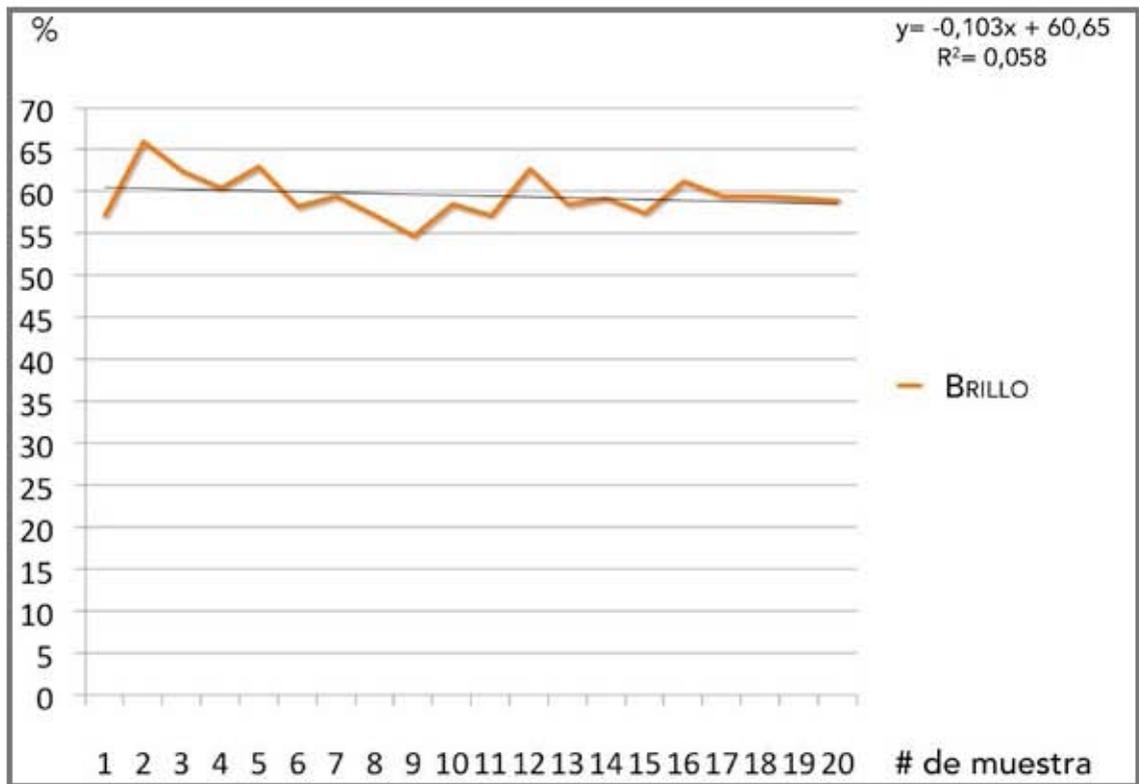
Arriba. FIGURA 4.1. Gráfica Luminancia.

Abajo. FIGURA 4.2. Gráfica Escala de Grises.



Arriba. FIGURA 4.3. Gráfica Brillo (HSB).

Abajo. FIGURA 4.4. Gráfica Luminosidad (Lab).





MUESTRA 2. Resultado después de la congelación y el deshielo. Se observa una superficie fibrosa y desordenada del marmoleo común, por consecuencia del daño estructural causado por los cristales internos.



MUESTRA 2. Acercamiento de la carne fibrosa y desecada.



3.5. CONCLUSIONES

La comunicación establecida entre ambas carreras, así como el conocimiento, planteamiento y análisis del problema por parte del investigador y del diseñador y comunicador visual, redundó en un beneficio mutuo, ya que este último pudo proponer alternativas de solución al registro fotográfico, que condujo a una solución y obtención de resultados de gran utilidad para el científico.

El análisis de imagen es sólo una pieza del proyecto que asiste a los investigadores y a la mejor comprensión del proceso térmico, así como sus manifestaciones que perjudican las propiedades de las piezas de las canales o filetes en su vida útil, desde la transportación del matadero hasta el anaquel.

Al transcurrir el tiempo, se logró observar el crecimiento superficial de cristales de hielo en las muestras de carne. Sin embargo, no fue posible contar con una técnica e instrumentos que permitieran muestrear el tamaño, la cantidad, y la formación de ellos.

Se consiguieron tomas fotográficas de alta calidad como consecuencia de haber seleccionado cuidadosamente la técnica macrofotográfica, el equipo fotográfico y de iluminación, así como el espacio de trabajo y demás especificaciones mencionadas en el apartado 3.3.2. Es conveniente especificar que el registro fotográfico en esta investigación no revela caracteres de manera artística ni comercial, debido a que no fue la finalidad.

Las fotografías, para el área de Ingeniería de Alimentos, constituyen una valiosa información como evidencias objetivas que sirven para documentar y realizar un posterior análisis y evaluación de las mismas e integran una experiencia invaluable para los diseñadores y comunicadores visuales autores de este trabajo.

Las acciones, estrategias y procedimientos tanto del diseñador y comunicador visual, como de los científicos involucrados fueron fuente de comunicación y enriquecimiento cognitivo.

La participación del diseñador en el registro fotográfico es fundamental en el trabajo de un investigador para garantizar imágenes que denoten lo que realmente se desee transmitir.

Se contribuyó de forma significativa en la interpretación y en el análisis de resultados registrados en las evidencias fotográficas del producto cárnico porcino, sometido a bajas temperaturas.

Se analizó la luminancia, el brillo, la luminosidad y la escala de grises en cuatro corridas con un total de 98 fotografías. La luminancia es el parámetro donde se pudo conseguir un mayor porcentaje de dependencia, y por ende un mayor índice de predicción de comportamiento de la gráfica, debido a que los datos alcanzados fueron analizados con un fotómetro en un entorno físico, esto nos ayuda a minimizar la pérdida de información y obtener resultados confiables.

Los parámetros de brillo, luminosidad y escala de grises, fueron analizados de manera digital, lo que constituyó que por la falta de un software especializado en el análisis de imagen, no se analizara una cantidad considerable de información (píxeles) de al menos un 25% del total de la fotografía, es por ello que sus coeficientes de determinación son demasiado bajos excepto en la corrida 3, esto último podría deberse a que las muestras de carne de dicha corrida al iniciarse la toma fotográfica y el análisis de luminancia tuvieron un equilibrio térmico con respecto a la de la cámara de congelación, la cual se encontraba a una temperatura de -20°C . Además las fluctuaciones de temperatura en el interior de la cámara de congelación fueron inevitables debido a que en el momento de muestreo la puerta del congelador fue accionada tantas veces como número de muestras había, provocando una oscilación en la temperatura, por consiguiente alteró el proceso normal de congelación. Asimismo se utilizaron diferentes muestras, aunque de una misma pieza de lomo, ninguna fue idéntica, esto impidió una correcta correspondencia entre ellas, lo que suscitó variaciones en las gráficas.

A pesar de que el color de la carne congelada fue analizado desde un inicio, se estableció no considerar éste como un factor determinante en el daño estructural de las muestras, debido a que el cambio de coloración depende parcialmente de la velocidad, dirección y limpieza del corte, así como de la pérdida de *mioglobina* y oxidación de la misma y no directamente de la congelación.

Tanto el objetivo general como los particulares se cumplieron, ahora se cuenta con un primer catálogo de imágenes de cortes de carne de cerdo, que pueden ser analizadas en un sentido más amplio abarcando otras disciplinas para poder llegar a otras conclusiones que enriquezcan el proyecto PAPIIT.

3.6. RECOMENDACIONES

El comunicador visual tiene la responsabilidad de dar a conocer a los investigadores con los que trabaja la gama de posibilidades que es capaz de manipular para lograr mejores resultados. La adquisición del equipo y materiales dependerá de las necesidades y de los recursos financieros del proyecto, hay que considerar que para el adecuado desarrollo de esta actividad de investigación se tiene que contar con herramientas profesionales para no demeritar la calidad.

No obstante, los resultados obtenidos en el presente trabajo para ambas carreras, y sin minimizar el tiempo, esfuerzo, ayuda y aportación recibidas, esta tesis puede ser enriquecida con las siguientes recomendaciones:

- Se considera fundamental, trabajar la toma fotográfica haciendo un seguimiento del historial de congelación con una sola muestra de carne porcina, colocada en el congelador, sin interrumpir el equilibrio térmico que paulatinamente alcanza la pieza de carne y sin alterar el proceso normal de formación de cristales al transcurrir el tiempo, de esta manera es posible iniciar el registro fotográfico con intervalos de 30 segundos en adelante, maximizando el potencial científico que pueda tener esta investigación en el futuro.
- Cuando se requiera trabajar los parámetros de brillo, luminosidad y escala de grises en cortes de carne de aproximadamente 10 a 12 cm por lado, emplear un *objetivo macro* con factor de ampliación 1:1, porque el encuadre que proporciona registra del 85% al 95% del tamaño total de la muestra.
- Para obtener una eficacia mayor en las tomas fotográficas de cristalización pueden utilizarse accesorios como lo son los *tubos de extensión*, *fuelles*, *objetivos invertidos*, flash macro, entre otros ya que ofrecen factores de ampliación superiores a 1:1.
- Extrapolar el tiempo total de la corrida a las tres fases de congelación hasta que la carne llegue a un equilibrio térmico con respecto a la cámara de congelación, de igual manera es fundamental replantear el sistema de iluminación, ya que aumentar considerablemente el tiempo de la corrida afectará especialmente a la luz natural que llega al laboratorio y será necesario compensar esta pérdida.
- Para enriquecer el trabajo realizado en esta tesis, puede considerarse el empleo de métodos comparativos como el de correlación de imágenes o matrices, análisis de imagen por imagen a máxima resolución, o bien realizar un video para examinar la evolución térmica de la muestra desde un punto de vista gráfico-secuencial.

Referencias

Capítulo 3

⁵¹ Vilchis, Luz del Carmen. "Metodología del Diseño, Fundamentos Teóricos". México, 1998. p. 107.

⁵² Ídem.

⁵³ Zheng, Chaoxin. "Trends in Food Science & Technology" volumen 17, tema 3. Marzo de 2006. p. 113.

Glosario

Ahorquillado: También se le conoce como horquillado, bracketing o muestreo. Es una técnica que consiste en tomar varias fotografías del mismo tema, variando uno de sus parámetros como el enfoque, la exposición, la velocidad de obturación, la apertura del diafragma, entre otros.

Banco óptico: Es un instrumento auxiliar en la toma de imágenes, puede ser fabricado con piezas de otros aparatos como un soporte de microscopio, un fuelle, una plataforma de enfoque de un microscopio, barras de aluminio, entre muchos otros. Asimismo cualquier persona puede diseñar uno propio según sean sus necesidades y presupuesto.

Bloqueo de espejo: Función de la cámara, en donde el espejo interno se levanta antes de realizar la exposición, de esta forma se evitan las mínimas vibraciones, pero significativas a la hora de realizar exposiciones largas, con poca luz, o con un teleobjetivo, incluso con trípode.

Bromatología: Ciencia encargada del estudio de la producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución de los alimentos, en relación con la sanidad. Se divide en dos grupos: la antropobromatología, que se encarga del estudio de los alimentos destinados al consumo humano; y la zoobromatología, que corresponde a los alimentos consumidos por las distintas especies animales.

Cámara oscura: Término usado primeramente por Johannes Kepler (1571-1630) en su tratado 'Ad Vitellionem Paralipomena' de 1604. Era una habitación cuya única fuente de luz era un minúsculo orificio en una de las paredes. La luz que penetraba en ella por aquel orificio proyectaba una imagen del exterior en la pared opuesta. La imagen formada resultaba invertida y borrosa, pero aún así los artistas utilizaron esta técnica, para esbozar escenas proyectadas por la cámara. Con el transcurso de los siglos la cámara oscura evolucionó y se convirtió en una pequeña caja manejable y al orificio se le instaló un lente óptico para conseguir una imagen más clara y definida.

Colágeno: Es una proteína que forma fibras en el tejido conjuntivo, se encuentra en la piel, huesos y córnea. Las fibras de colágeno forman estructuras flexibles pero que resisten las fuerzas de tracción que reciben los tejidos.

Distancia focal: En un objetivo de longitud focal fija, como también se denomina, es la distancia que una vez puesto a foco un objeto que esta en infinito, comprende desde el plano focal de la cámara hasta el punto nodal, el cual se genera en el interior del objetivo y es aquel en donde los rayos de luz convergen y se invierte la imagen. A mayor longitud focal, más cerrado es el ángulo de visión; en los objetivos con zoom la longitud focal real en milímetros varía.

Elastina: Proteína estructural, formada por fibras delgadas, largas y ramificadas, al agruparse forman haces. Se encuentra en arterias, ligamentos, piel y pulmones.

Estabulación: Acción de meter y guardar ganado en establos.

Fuelle: Con una función muy similar a la de los tubos de extensión, con la diferencia de que gradúa la distancia entre el objetivo y el plano donde se plasma la imagen, a través de una estructura parecida a un acordeón protegida de la luz. Esta es su principal ventaja frente a los tubos de extensión, ya que no nos obliga a usar medidas establecidas.

Glosario

Hemoglobina: Es una proteína sanguínea de color roja que transporta oxígeno desde los alvéolos pulmonares, hasta los tejidos del organismo.

Lentes de aproximación: Son accesorios pequeños y fáciles de transportar que funcionan como una lupa, no afectan la abertura máxima del objetivo y su potencia se mide en dioptrías (de +1 a +4). Un lente de +1 dioptría enfocará a 1 m, una de +2 dioptrías a 0,5 m, y una de +4 dioptrías a 0,25 m, enfocando el objetivo a infinito. Estos lentes se pueden combinar entre sí, sumando sus valores.

Ley de Lambert-Beer: También llamada Ley de absorción de la luz, nos indica que existe una relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la misma, así como también entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa. Es decir, conforme la luz cae más sesgada sobre una superficie la iluminación decrece, el máximo se alcanza cuando la luz incide perpendicularmente sobre el plano.

Ley de reciprocidad: La ley de reciprocidad o de Bunsen-Roscoe establece que la exposición efectiva es directamente proporcional al tiempo de exposición y a la intensidad luminosa. Sin embargo, para tiempos muy cortos o muy largos, o bien para intensidades muy bajas o muy altas, la ley deja de cumplirse y los resultados son impredecibles, a esto se le conoce como 'fallo de la Ley de reciprocidad'.

Longísimus dorsi: Se conoce también como Longísimo lumbar, es un músculo localizado en la región lumbar, y comercialmente es denominado como lomo.

Medios tonos: Son los tonos intermedios que están entre los de luz y los de sombras, del 25% más claro al 75% más oscuro. Se consideran las luces (zonas más claras, del 0% al 25% de tono) y las sombras (zonas oscuras, más o menos del 75% al 100%).

Mioglobina: Hemoproteína muscular, responsable del color rojo de la carne, sirve como reservorio de oxígeno, también se denomina miohemoglobina o hemoglobina muscular.

Modo de color: Un archivo digital contiene valores numéricos para cada píxel de la imagen. El sistema que se utilizará para describir ciertos valores está determinado por el modo de color. Los modos de color son escala de grises (blanco y negro), RGB (Red, Green, Blue), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black) y Lab (Luminosidad, a= rojo y verde, b= azul y amarillo).

Negativo: Es una capa fina de plástico, principalmente de triacetatos o poliéster, donde se superponen otras capas esencialmente de emulsión sensible a la luz o mejor dicho una suspensión donde los haluros de plata flotan en una capa de gelatina. Es aquí donde se plasma la imagen latente invisible de la luz que atraviesa el objetivo de la cámara, haciéndose visible con el proceso de revelado.

Objetivo: Dispositivo óptico regularmente fabricado en vidrio que refracta la luz. Está formado por un sistema de varios lentes cóncavo-convexos que hacen converger los rayos reflejados por un objeto en un plano focal, sobre el que forman una imagen. En microscopía óptica el objetivo está constituido por un solo lente cercano a la muestra que, en conjunto con el lente del ocular, el cual está cerca del ojo del observador, definen el factor de ampliación multiplicando entre sí sus valores.

Glosario

Objetivos acoplados: Se utilizan adaptadores que se enroscan al frente de un objetivo, de modo que pueda acoplarse frente a este. El objetivo de mayor longitud focal se ajusta a la cámara, y el de menor longitud se convierte en un lente de aproximación (pudiendo éste acoplarse invertido). El factor de aumento que dan dos objetivos acoplados resulta favorable cuando se trabaja con uno macro de 50 o 100 mm, más tubos de extensión.

Objetivos invertidos: También usan adaptadores para unirlos al cuerpo de la cámara, normalmente empleados para trabajos macro o de aproximación. Se recomienda que estos objetivos sean simétricos, es decir, que en ambos lados el diafragma presente el mismo tamaño. Los objetivos gran angular cuyo elemento frontal sea de gran diámetro puede resultar ser el peor, ya que invertidos, el diafragma se ve mucho más pequeño, y da la sensación de lejanía, dejando la imagen final sin correcciones ópticas.

Objetivos macro: Son objetivos diseñados para acercarnos a los objetos y que por tanto permiten enfocar a distancias muy cortas y con ello obtener imágenes incluso de tamaño natural o mayores con excelente nitidez. Ofrece acercamientos con relación de reproducción de 1:2 (medio tamaño real), 1:1 (tamaño real) o más 2:1 (el doble del tamaño real).

Organoléptico: Son las descripciones de las características físicas de un producto o materia, por ejemplo, textura, sabor, olor y color. Todas estas propiedades sirven para determinar si un alimento está en buen estado.

Plano focal: Es la superficie plana donde la imagen impresiona la película en cámaras análogas, o se convierte en señales eléctricas en cámaras digitales.

Positivo: Es la copia inversa del negativo. También existe película reversible en forma de positivo, comúnmente llamada diapositiva.

Profundidad de color: Es la cantidad de bits que cada píxel en una imagen digital es capaz de almacenar, ésta determina la cantidad de tonos que puede llegar a reproducir, es importante distinguir entre la cantidad de bits por imagen y por canal; es lo mismo una imagen RGB de 24 bits, que una RGB que está formada por 8 bits por canal ($8 \times 3 = 24$). Por tanto, una imagen de 1 bit sólo puede reproducir 2 tonos (blanco y negro, 2^1), una de 2 bits reproduce 4 tonos (2^2), la de 4 bits da 16 tonos (2^4) y la de 8 bits da 256 (escala de grises con un solo canal, 2^8), por lo tanto, al tener 3 canales de 8 bits podemos obtener 16,777,216 colores en el modo RGB ($2^{24} = 16,777,216$ ó $2^8 = 256$ y $256^3 = 16,777,216$).

Proteínas sarcoplásmicas: Sarcoplásmicas, proteínas.

Sarcoplasma: Es el nombre que se le da al citoplasma de las células musculares. Su contenido es similar al de otras células nucleadas. El calcio dentro del sarcoplasma es fundamental en la fibra muscular ya que en ella se producen y regulan las contracciones.

Sarcoplásmicas, proteínas: También sarcoplasmáticas, constituyen el 30-40% del contenido en las proteínas cárnicas. Un ejemplo es la mioglobina, responsable del color rojizo en la carne.

Sensores digitales CCD y CMOS: Están compuestos por pequeños semiconductores de elementos sensibles a los fotones (elementos que componen la luz). Cada píxel de la imagen se formará dependiendo de la cantidad de luz que reciba el sensor. Ambos sensores trabajan

Glosario

del mismo modo sólo varía la forma en que registran la información. El CCD (Charge Coupled Device: dispositivo de carga acoplada) lee la información registrada por los píxeles línea por línea de arriba hacia abajo y debe completar este proceso para poder hacer la próxima toma fotográfica. En el CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor: semiconductor de óxido metálico complementario), cada píxel tiene su propio sistema de circuitos, lo que permite un flujo de información de la imagen mucho más rápida.

Tejido conectivo: Conjunto heterogéneo de tejidos orgánicos. Su función es de sostén y de integración sistémica del organismo.

Teleobjetivos: Es un objetivo negativo (divergente) generalmente compuesto por seis o más elementos. La luz que pasa por el objetivo disminuye en intensidad y se dispersa ampliando la imagen así como cualquier imperfección.

Termopares: Es un sensor de temperatura que convierte la energía en voltaje, llega a medir grandes intervalos de temperatura y está compuesto por la unión de dos metales distintos.

Tubos de extensión: Tubos metálicos que se acoplan entre el objetivo y el cuerpo de la cámara para aumentar la distancia objetivo - película, permitiendo aumentos superiores (a 1x ó 1:1).

Ungulado: Animales que apoyan el extremo de los dedos, revestidos de una uña. (caballo, cabra, cerdo, etc.).

Velocidad de obturación: También se le conoce como tiempo de exposición, es la velocidad a la que se abre y se cierra el obturador al captar la imagen. Se expresa en segundos y fracciones de segundo (2", 1", 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/60, 1/120... 1/1000, 1/3000, etc).

Bibliografía

- American Society of Photogrammetry.
"Manual of photogrammetry". E.U.A.; American society of photogrammetry, 1980. 1056 p.
- Beceyro, Raúl.
"La historia de la fotografía en diez imágenes". Buenos Aires; Centro editor de América Latina, 1980. 115 p.
- Blaker, Alfred A.
"Handbook for scientific photography". Boston; Focal, 1989. 287 p.
- Bonfil Olivera, Martín.
Revista "¿cómo ves?". Sección: "Ojo de Mosca" Artículo: "Creatividad Científica". Octubre de 2008, No. 119, p. 7.
- Borrell, Peter.
"Fotoquímica". México; Manual Moderno, 1980. 114 p.
- Carrillo Medrano, Patricia.
"Fotografía: manual de procesos alternativos". México; UNAM, Escuela Nacional de Artes Plásticas, 2006. 199 p.
- Casp Vanaclocha, Ana.
"Procesos de conservación de alimentos". Madrid, España: Mundi-Prensa, 1999.
- Chapa Carreón, Jorge.
"Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría". Editorial Limusa, México D.F. 1990.
- Cheftel, J.C.
"Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Vol I y II". Zaragoza, España; Editorial Acribia, 1976.
- Davies, Paul Harcourt.
"Macrofotografía". Barcelona; Omega, 2002. 160 p.
- Déribéré, Maurice.
"La fotografía científica: Identificación, estudio pericial de documentos y obras de arte, policía judicial, ciencias naturales, geología, arqueología, filatelia". Barcelona; Omega. 171 p.
- Déribéré, Maurice.
"La fotografía infrarroja." Barcelona; Omega, 1951. 175 p.
- Diccionario de la Real Academia Española.
Vigésima Segunda Edición, 2001.
- Drake, Richard.
"Gray, anatomía para estudiantes". Madrid, España. Ed. Elsevier. 2007. 1033 p.

Bibliografía

- Draper, John William.
"Human Physiology". Inglaterra; Harper & Brothers, 1856.
- Fontcuberta, Joan.
"Ciencia y fricción: Fotografía, naturaleza, artefacto". España; Mestizo A. C., 1998. 292 p.
- Fontcuberta, Joan.
"Fotografía: crisis de historia." Barcelona; Actar depósito legal, 2002.
- Fontcuberta, Joan.
"Fotografía: conceptos y procedimientos, una propuesta metodológica". México; Gustavo Gili, 1994. 204p.
- Forrest, J.C.
"Fundamentos de ciencia de la carne". Zaragoza, España; Editorial Acribia, 1979.
- Frarrand, Richard.
"Photografic Techniques". 1973. p. 221.
- Freeman, John.
"Fotografía: un manual actual y completo de técnica fotográfica". Barcelona; Omega, 2004. 288 p.
- French, Eduardo.
"Métodos de investigación fitopatológica". IICA. 1982. 289 p.
- Gaunt Leonard y Petzold Paul.
"Enciclopedia ilustrada de fotografía amateur". Barcelona: Omega. 1975
- Genot, Claude.
"Congelación y calidad de la carne". Zaragoza, España; Editorial ACRIBIA. S.A., 2003.
- Herrera Herrera, Bernard.
"Elementos de fotogrametría: Uso de materiales aerofotográficos". México; Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Difusión Cultural, 1983. 173 p.
- Hirsch, Robert.
"Seizing the light : A history of photography". Boston; McGraw-Hill, 1999.
- Hui, Y. H.
"Ciencia y Tecnologías de Carnes". México, D.F.; Limusa, 2006.
- Jackson, Alan.
"Fotomacrografía para aficionados con aparatos sencillos". Barcelona; Omega, 1958.
- Jeffrey, Ian.
"La fotografía: una breve historia". Barcelona; Ediciones Destino, 1999.

Bibliografía

- Keim Jean, Alphonse.
"Historia de la fotografía". Barcelona; Oikos-Tau, 1971. 125 p.
- Lehmann, Gerhard.
"Fotogrametría". Barcelona; Técnicos Asociados, 1975. 399 p.
- Leonard Gaunt y Paul Petzold.
"Enciclopedia ilustrada de fotografía amateur". Barcelona: Omega, 1975.
- Leondes Cornelius T.
"Medical imaging systems techniques and applications". Amsterdam; Editorial Gordon and breach science.
- Lerma García, José Luis.
"Fotogrametría moderna: analítica y digital". Valencia, España; Universidad Politécnica de Valencia, deposito legal, 2002. 550 p.
- Lujan Álvarez, Concepción.
"Fotogrametría: Principios básicos". Chihuahua; Universidad Autónoma de Chihuahua, 1991. 173 p.
- Martin, Judy.
"Colorear Fotografías". Madrid, España; Celeste Ediciones, 1992. 160 p.
- Marzo, Jorge Luis.
"Fotografía y activismo: textos y prácticas". México; G. Gili, 2006.
- Mayoz de la Vega, Rafael.
"La fotografía en medicina: Con un apéndice sobre medios visuales". La Habana; Instituto del libro; 1970. 310 p.
- Meléndez Pérez, Rosalía.
Tesis: "Efecto de la congelación sobre el comportamiento térmico de la carne de cerdo evaluado por MDSC". México; UNAM, 2004.
- Moreno, Juan Carlos.
"Iluminación". Ciudad Real, España; Ed. Ñaque, 2005. 141 p.
- Newhall, Beaumont.
"Historia de la fotografía". Barcelona; G. Gili, 2002. 343 p.
- Orrego, Carlos.
"Revista colombiana de Física", vol. 34, No. 1. 2002.
- Powell, Ceril Frank.
"The study of elementary particles by the photographic method". London; Pergamon pro-
sa, 1959. 669 p

Bibliografía

- Präkel, David.
"Iluminación". Barcelona, España; Ed. Blume, 2007. 175 p.
- Preston, T.R.
"Producción intensiva de carne". México; Diana, 1974.
- Qiao, J.
"Journal of food engineering". volumen 79, tema 3. Abril de 2007.
- Ranken, Michael D.
"Manual de industrias de la carne". Madrid, España; Mundi-Prensa, 2003.
- Revista FOTO.
Artículo: "Grandes nombres en la historia de la fotografía". Noviembre de 2000.
- Sandover, J. A.
"Topografía: Con capítulos sobre fotogrametría". México; Cecsca, 1964. 486 p.
- Schenk, Toni F.
"Fotogrametría digital". Barcelona; Marcombo Boixareu; Institut Cartografic de Catalunya, 2002.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.
"NOM NMX-FF-081-SCFI-2003". <http://www.sagarpa.gob.mx>, México; 2003.
- Sifuentes R., Francisco Javier.
"Introducción a la fotogrametría". México; Trillas, 1997. 115 p.
- Sougez, Marie-Loup.
"Historia de la fotografía". Madrid; Cátedra, 1981. 444 p.
- Swatland, Howard.
"Meat cuts and muscle foods". Nottingham; Nottingham University, 2004.
- Tausk, Petr.
"Historia de la fotografía en el siglo xx: De la fotografía artística al periodismo gráfico". Barcelona; G. Gili, 1978. 294 p.
- Ternryd, Carl-Clof.
"Topografía y fotogrametría en la práctica moderna". México; Continental, 1974. 205 p.
- Torrent, Joan.
"Química fotográfica". España; 2001.
- Torres Cossio, Ricardo.
"Elementos básicos de fotogrametría y aereofotointerpretación estereoscópica". México; UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 1995. 132 p.

Bibliografía

- Torres Cossio, Ricardo.
"Fotogrametría y fotointerpretación aplicada a suelos". México; UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 1989. 213 p.
- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
"Fotogrametría y sensores remotos". México; La universidad, Centro de Educación Continua, 2006.
- Vázquez, Alejandro.
Tesis: "Fotografía científica de campo: toma fotográfica de aves para el Laboratorio de Ecología de la UBIPRO de la FES Iztacala realizada en Santa María Tecomavaca y San Juan Bautista Coyula, Oaxaca". México, Cuautitlán Izcalli; UNAM, 2007.
- Ventanas, J.
"Tecnología del Jamón Ibérico". Madrid, España; Mundi-Prensa Libros, 2001. p. 148.
- Vilchis, Luz del Carmen.
"Metodología del Diseño, Fundamentos Teóricos". México, 1998.
- Zheng, Chaoxin.
"Trends in Food Science & Technology" volumen 17, tema 3. Marzo de 2006.