

Microrradiología

José Alfredo Piera Pellicer

Microrradiológica

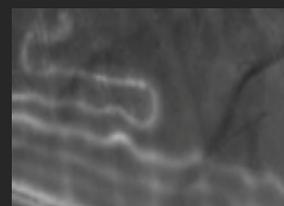
INTRODUCCIÓN

Describimos una nueva forma de obtención de la imagen radiológica, con unos criterios de resultados también diferentes, aunque basados en el mismo principio físico de emisión de rayos X, cambiando el orden de algunos eslabones de la cadena de imagen. La microrradiología es un apartado de la radiología por medio de cuya técnica se consigue radiografiar objetos de pequeño tamaño y escasa densidad. La visualización directa de las microrradiografías sólo pueden ser visualizados por un sistema de aumento, que siguiendo el sistema analógico serán las lupas o cuentahilos.



El sistema digital que utilizamos es el indirecto, - que en otras publicaciones ya hemos expuesto con más detalle -, basado en colocar la radiografía sobre un negatoscopio y con una cámara captarla y trasladarla a un sistema informático. Este sistema, es de uso relativamente frecuente, publicado por diversos autores. Lo que si podemos decir, con rotundidad, es que las técnicas de microrradiología han sido descritas por vez primera en este trabajo, aplicándolo a la radiología entomológica, bacteriológica, tricológica, vegetal, textil, etc.

Si no acompañaremos a la técnica microrradiológica el soporte digital quedaría insuficiente, no sólo por el tamaño, sino también por la



utilidad de detalles, de cambios de densidades, aplicación de técnicas colorimetrías que solamente nos aporta el sistema digital. Cabe resaltar que los objetos a estudio son analizados por expertos en otras materias; pero no iniciados en la disciplina radiológica y a buen seguro, no gozan de una visión adiestrada a los cambios de tonalidades de grises que conjugan la imagen radiológica, como si lo están los radiólogos.

Abrimos un nuevo campo - sobre el estudio radiológico de pequeños detalles- cuando conseguimos radiografiar una hoja de cítrico, de pocos días de vida infectada por una larva minadora –*Philocnistis Citrella Stainton*- pudiendo observar la galería excavada por la larva, la guía que formaba el excremento de ésta y los cambios de densidades que formaba éstos en su recorrido. Es obvio que los insectos son nuestros mayores desconocidos y cualquier dato que se pudiera aportar, sobre esta plaga, siempre sería interesante, aun incluso descartando que pudiera aportarnos interés. Siempre, incluso cuando no aporta interés, nuestro criterio es: *Hay que investigarlo todo, aunque creamos que no sirve para nada. Siempre es útil demostrar científicamente lo que no sirve para nada.*

TÉCNICA RADIOLOGÍCA ANALÓGICA Y DIGITAL

Introducción

Describimos en este trabajo una nueva forma de imagen radiológica, tanto en lo referente a la técnica radiológica en sí, como al sistema de digitalización indirecta. Estamos seguro que aportamos una técnica no descrita y podemos considerar este trabajo como el inicio de múltiples líneas de investigación.

Para poder exponer de forma adecuada en que consiste la técnica radiológica de la microrradiología y posterior digitalización deberemos recordar que son en sí los rayos X, para poder así describir, en la forma más concisa, nuestra técnica, en los objetos de diversos tamaños y densidades, así como las aplicaciones en distintas áreas de investigación.

El fenómeno físico de emisión de los rayos X, sigue siendo el mismo desde su descubrimiento, lo bien cierto es que han cambiado las técnicas y adaptado accesorios para nuevos fines y aplicaciones.

A buen seguro correremos el riesgo de exponer apartados por algunos ya sobradamente conocidos, incluso elementales, en radiología general; sin embargo, precisamos detallar al máximo cada eslabón de la cadena de imagen; porque si falla uno sólo, podremos afirmar, con rotundidad, que el resultado final no se ajustará a la veracidad del estudio.

Los rayos X

Desde el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen, hasta la fecha mucho se ha escrito de este bien que nos aportó su descubridor

El descubrimiento se produjo cuando Röntgen oscureció el laboratorio y conectó el tubo de rayos catódicos a un circuito, haciendo pasar una corriente de alta tensión. Descubrió que una pantalla cubierta de cianuro de platino y bario, comenzaba a emitir una luz verdosa. Sorprendido, la cogió con la mano y, al acercarla al tubo, vio proyectados los huesos de los dedos de su mano. *Acababa de descubrir los rayos X*. Röntgen dio una descripción precisa de la mayor parte de sus propiedades fundamentales, y que eran:

Se propagaban en línea recta,

No podían ser reflejados ni refractados,

Los campos eléctricos no ejercían ninguna acción sobre ellos.

Su gran poder de penetración en la materia

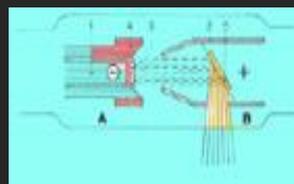
Ionizaban el aire.

Así pues los rayos X no son visibles, sino que adquieren esta propiedad al interactuar con determinadas sustancias, que al ser excitadas emiten una luz, cuyas características espectrales estará acorde al tipo de sustancia y a la intensidad de los rayos X. Por esa razón, Röntgen vio proyectado el esqueleto de su mano sobre la pantalla, porque las distintas densidades que formaban los tejidos de su mano alteraban la intensidad del haz de rayos X sobre la pantalla de cianuro de platino y bario.

Cuando presentó su primer informe: ***Sobre una nueva variedad de rayos***, el 28 de diciembre de 1895,- festividad de los Santos Inocentes- Las aclamaciones de las bonanzas diagnósticas resonaron en el mundo entero. Muy pronto se exageraron las posibles utilidades, aparentemente ilimitadas, que se podían esperar de estos rayos. Su capacidad de desvelar lo que ocultaba una puerta cerrada e incluso poder atravesar el espesor de las ropas victorianas. Ello, hizo despertar las primeras inquietudes sobre la violación de la intimidad a través de estos aparatos científicos. La ignorancia frivolisó el descubrimiento.

FÍSICA DE LA IMAGEN RADIOLÓGICA

Los rayos X son fotones, cuyas energías se distribuyen a lo largo de un espectro continuo; se obtienen haciendo incidir un haz de e- con suficiente energía sobre un metal (*wolframio, tungsteno o molibdeno*), dando como resultado una radiación de frenado, también



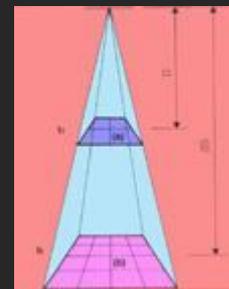
denominada *bremssstrahlung*.

Esto se obtiene en el interior de un tubo de cristal, que constará esencialmente de dos electrodos, situados en su interior, sometido a un alto vacío. La presencia de aire, implicaría colisiones de los electrones con las moléculas de aire, dispersiones, pérdidas de energía y además, el deterioro y destrucción del filamento por oxidación

La forma y diseño del tubo, van a estar acordes a la finalidad o uso. No es lo mismo el diseño de un tubo de rayos X para el diagnóstico industrial que el utilizado para diagnóstico médico.

El ennegrecimiento de la película lo formará el producto de los parámetros *tiempo* y *mA*. Así los equipos médicos que tratan con seres humanos tienen que ser, necesariamente equipos dotados de generadores que puedan incrementar su intensidad de alimentación de corriente al tubo con el consiguiente aumento del mA.

Las zonas más claras corresponderán a estructuras o volúmenes que han absorbido más radiación que las zonas oscuras. Podemos decir, que las zonas claras corresponden a sombras que dejan las estructuras más absorbentes de radiación.



Estas sombras o zonas claras se producen, cuando los fotones no han llegado a la película por haber sido absorbidos por el objeto radiografiado.

Para comprender adecuadamente el ennegrecimiento de la película deberemos pensar que si a ésta la sometemos a radiación directa y sin obstáculo alguno entre el tubo de rayos X y la película, al revelarla estaría totalmente negra. Si por el contrario colocáramos una plancha de plomo entre el tubo de rayos X y la película, al revelarla ésta estaría totalmente blanca.

El haz de radiación X que, procede del ánodo del tubo es el que incide sobre el objeto a radiografiar, y a esta radiación se la denomina *radiación directa* y al incidir sobre el objeto, produce otra radiación mucho más atenuada que se la denomina *radiación dispersa* y es dispersada en todas direcciones.

Al atravesar el haz de radiación X la materia la intensidad de la radiación disminuye. Esta reducción de intensidad se conoce con el nombre de *atenuación* y sigue una ley exponencial. El grado de atenuación depende del tipo de radiación incidente y del material sobre el cual incide.

Cuando el medio atravesado por las radiaciones X es el aire, se propagan siguiendo **la ley del inverso del cuadrado de la distancia**. A cuatro metros de un haz la intensidad de una exposición es 16 veces más pequeñas que a 1 metros, y a 0.5 metros, es cuatro veces mayor que a 1 metro.

En nuestra técnica el factor distancia, solamente será a tener en cuenta para mejorar la calidad imagenológica, incluso deberemos disminuir la distancia foco película, lo más posible - todo lo contrario a los criterios de radioprotección aplicados en radiodiagnóstico médico -, porque siguiendo la *ley del inverso del cuadrado de la distancia* a más proximidad menos kV precisaremos, con lo cual menos sacrificaremos el equipo de Rx y menos efecto anódico o talón se producirá sobre la imagen radiológica.

Nuestra técnica se basará en aportar elevado mAs y escaso kV. Podríamos decir que sería lo más parecido, dentro del radiodiagnóstico a la mamografía. Nos interesa obtener imágenes radiológicas sobre objetos de escasa densidad y dentro de este rango de densidades, aún poder distinguirlas con la mejor precisión posible, impresionando la placa radiográfica con el máximo detalle obtenido, podremos visualizar mejor la imagen al trasladarla al sistema digital.

Adecuación de la sala de rayos X

La sala deberá estar adecuada a la oscuridad exigida para el cuarto de revelado y el chasis estará abierto para que podamos ver el objeto y podamos tener la certeza que cumple con los parámetros de posiciones, inclinación y fijación.

Equipos de rayos X. Técnica de disparo

Los equipos de rayos X han sido montados por nuestro personal técnico utilizando en un equipo un generador de 80 kV de potencia y 30 mA de intensidad, con tubo de ánodo fijo y el otro equipo también de ánodo fijo de 70 kV de potencia y de una intensidad de 10 mA..

Estos equipos eran utilizados en radioscopia directa, actualmente en desuso por usar tiempos de exposición muy prolongados y producir elevadas dosis a paciente y observador. En cambio son útiles para nuestro uso, al precisar elevadas dosis de irradiación los objetos a radiografiar. Así, mientras el operador mantenga la distancia óptima la tasa de dosis en el puesto de disparo deberá ser la equivalente al fondo radiológico ambiental.

El equipo deberá estar colocado de forma que tengamos la seguridad que el tubo de rayos X, en el momento del disparo está perpendicular al plano horizontal del chasis. En algunos casos, puede que interese, sobre todo en objetos relativamente grandes, efectuar radiografías con determinada inclinación, para realizar un estudio espacial con distintas coordenadas; pero para ello, será siempre acorde la inclinación que deseemos a la imagen que se desee obtener. Nunca se producirá una inclinación por mala técnica; sino que, siempre deberá ser perpendicular al plano horizontal, salvo los casos que la técnica radiológica así lo precise.

Deberemos colocar el tubo de rayos X lo más próximo posible al objeto, alrededor de 30 cm de distancia. Decíamos al inicio que debemos ser conocedores de la física de emisión de los rayos X y es entonces cuando adaptaremos ésta a nuestras necesidades. La proximidad en radiodiagnóstico está totalmente desaconsejada por la dosis piel que aporta al paciente y que tan negativa es para los pacientes. En nuestra técnica es totalmente al revés, no nos aporta ninguna desventaja, sino todo lo contrario una serie de ventajas

A mayor proximidad más radiación llega a la película radiográfica, con lo cual se entiende que por la ley del inverso del cuadrado de la distancia una determinada dosis la podremos obtener, al acercar el tubo de rayos X a la placa radiográfica, con mucha menos intensidad y potencia, con mucho menos kV y menos mA, la dosis total a la radiografía será lo mismo que si trabajamos a elevadas potencias; pero manteniendo la distancia óptima que se aconseja en radiodiagnóstico médico. Con lo cual al trabajar con poca potencia tendremos, a su vez las siguientes ventajas:

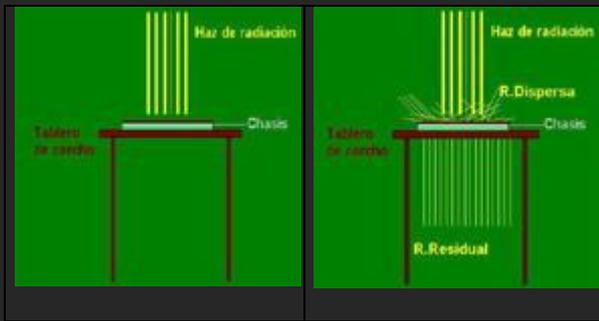
- a.- menos sacrificio del generador de rayos X
- b.- menos desgaste del tubo de rayos X
- c.- menos marcado el efecto anódico o de tacón, con lo cual la homogeneidad del haz será óptima.

Por ello, la proximidad tubo-película radiográfica hará que los equipos estos tengan una duración mucho mayor que si seguimos los criterios de protección radiológica aplicados en radiodiagnóstico médico.

Técnica de colocación del chasis

Como la radiación dispersa en la técnica microrradiológica, puede producir una base velo que va a restar contrastes que se precisan para una adecuada distinción de densidades.

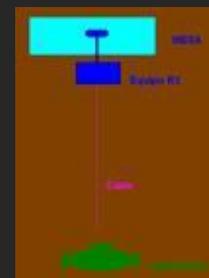
El chasis se colocará sobre un material poco denso, quiere decir esto, que no deberá colocarse sobre una mesa convencional, porque cuando se efectúe el disparo la radiación dispersa podrá impresionar la película radiográfica, con las desventajas que indicamos en el párrafo anterior.



La película deberá ser impresionada tan solo por la radiación directa, estando ausente, prácticamente en su totalidad la radiación dispersa. Si no se tiene en cuenta esta precaución puede quedar afectada la base velo.

Colocación del operador

La colocación del operador no aportará un incremento o disminución de la calidad radiográfica, sin embargo, es de obligado cumplimiento, siguiendo los criterios internacionales de protección radiológica, el indicar la colocación del operador.



Como quiera que los parámetros a utilizar en el haz de radiación serán de una potencia no superior a 50 kV la radiación dispersa que esto producirá no tendrá un alcance en el aire superior a los 1.5 metros y cualquier tabique será más que suficiente para proteger al operador y conseguir así que la tasa de dosis en el puesto del operador sea la equivalente al fondo radiológico ambiental.

Colocados tras un tabique a base de ladrillo hueco de 7 cm de espesor y distancia tabique a objeto de 1 metro, también la dosis ha sido la equivalente al fondo radiológico ambiental.

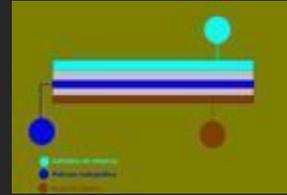
Pantallas reforzadoras

Las pantallas se componen de una lámina de plástico sobre la que se extiende una capa de sales fluorescentes dispersas en una resina. La misión de estas pantallas es absorber los rayos X y reemitir la energía absorbida como luz visible de fluorescencia, a la que la película es muy sensible. El conjunto pantalla-película tiene un rendimiento notablemente elevado. Los materiales más utilizados para estas pantallas es:



Tierras raras, emisión azul

Pantallas a base de oxibromuro de lantato terbio, o de fluocloruro de bario. La emisión de luz es azul.



Tierras raras, emisión verde

A base de oxisulfuro de gadolinio-terbio. Se utiliza en películas orthocromáticas.

Película radiográfica

Cuando la radiación incide sobre un objeto carece de información pero, a su salida contiene ya la información deseada en forma de un relieve de intensidades de fotones de rayos X a lo largo del área irradiada. Esta información es captada directamente por una película, o indirectamente a través de convertidores de radiación X en luz visible, como las pantallas reforzadoras. Pero, siempre, la película será, en esta técnica, el receptor final de la información radiológica.

La emulsión fotográfica es sensible a los rayos X y después del revelado, el ennegrecimiento obtenido es tanto mayor cuanto más alta es la radiación X recibida; proporciona, pues, una imagen en negativo, de modo que las estructuras más transparentes a los rayos X aparecerán en negras. La película es relativamente poco sensible a la acción directa de los rayos X, y para impresionarla se requieren tiempos relativamente largos. Su sensibilidad se duplica poniendo una emulsión en cada cara

La película se compone de una superficie sensible a la luz y a la radiación X, extendida por una sola o ambas caras de un soporte o lámina de plástico de gran resistencia mecánica. La perfecta adherencia entre las capas de emulsión y el soporte se logra mediante un tratamiento químico de este último, llamado sustrato. Un delgado recubrimiento de gelatina endurecida, actúa de modo de barniz protector, que protege la delicada superficie de las emulsiones contra las abrasiones y roces, inevitables en la manipulación de la película.

Las películas que utilizamos en nuestra técnica son películas *monocapa*, que reciben una capa dorsal (antihalo) que lleva incorporado un colorante que elimina reflejos de luz en el interior de la película. Este colorante se elimina en los baños de revelado.

El sostén en que se extienden las capas fotosensibles, se denomina *soporte*, es de poliéster con un espesor del soporte es de 0.18 mm, tiene una coloración azulada.

La emulsión de la placa radiográfica es el detector de la luz y de la radiación X. Se trata de una fina suspensión de microcristales de halogenuros (cloruro, bromuro e yoduro) de plata en gelatina. La mezcla va extendida en finas capas sobre el soporte, con un espesor de 4 micras. La emulsión puede ser por una o por ambas caras, adheridas a un soporte plástico, que se adhieren a éste por medio de un tratamiento químico especial.

La gelatina protectora en contacto con agua, la absorbe, se hincha y al elevar la temperatura forma una emulsión coloidal. a los alogenuros en gelatina se le añade nitrato de plata, que reacciona con los halogenuros, formando los microcristales insolubles y dispersos en la masa de gelatina que constituye la emulsión sensible.

La gelatina es el dispersante de los halogenuros de plata, mantiene aislados a unos microcristales de otros, individualizándolos y logrando que su respuesta fotográfica no influya ni se vea influida por lo que acontezca a los cristales vecinos. Se debe a esta propiedad que la imagen fotográfica sea una fiel replica de la imagen de radiación.

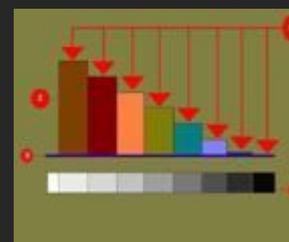
También la gelatina tiene la propiedad de permitir la difusión a través de su masa de las soluciones reveladoras y fijadoras que reaccionarán con los cristales de hologenuro de plata para formar la imagen fotográfica. Tras el secado de la película, después del revelado, la gelatina recobra la textura seca y flexible de la radiografía final.

Los halogenuros de plata son los elementos sensibles a los rayos X y a la luz, contenidos en la emulsión radiográfica. Básicamente son microcristales de bromuro de plata, con una pequeña proporción de yoduro de plata. El elevado número de cristales por centímetro cuadrado nos demuestra la amplia posibilidad de respuesta de la película en tonalidades de grises para la construcción de la imagen. Abarcando desde los blancos a los negros profundos, con una amplísima gama de grises entre ambos.



Cuando la película sin impresionar recibe la imagen que le envían las pantallas reforzadoras, hasta que la imagen final está revelada, se somete a un complejo proceso. Cuando la película recibe la exposición a la radiación se produce una alteración de los cristales que para poder observar la imagen visible hay que someter la película al proceso de revelado-fijado. En el revelador se transforman los cristales irradiados o alterados, y sólo ellos, en plata metálica finamente dividida, de color negro. Los cristales no irradiados no sufren modificación alguna en este baño.

El fijado es la disolución de los cristales de halogenuro de plata no irradiados, y por lo tanto no revelados, en el líquido fijador. Este halogenuro, de color amarillo, desaparece, dejando la zona limpia y trasparente: *son los blancos de la imagen.*



Por tanto a tenor de la irradiación recibida por la película podrá ser la conversión en negro o en blanco o proporcionalmente, según la irradiación recibida se formarán un abanico de grises que irán de más oscuros a

más claros, formándose los escalones densitométricos de la película, que serán un total de 21 escalones medibles, cuando la riqueza de grises sea muy óptima. Normalmente se podrán obtener alrededor de 12, *resulta difícil conseguir los 21 escalones*. A menor número de escalones densitométricos peor calidad radiológica se habrá obtenido.

Cuidados de las películas y pantallas reforzadoras.

Las películas en el momento de cargarlas en los chasis deberán estar protegidas de la luz, nunca deberá ser tocadas con los dedos y además no se expondrán al haz disperso de radiación. Si son expuestas al haz disperso, no se impresionaran pero sí les producirá una base velo.

El control de las pantallas reforzadoras debe realizarse con la periodicidad acorde a su uso o en el caso de que haya indicios de degradación en la calidad de la imagen o aparición de artefactos en posiciones fijas. En este control debe observarse un posible deterioro de linealidad en la imagen radiológica. La limpieza de pantallas de refuerzo es de suma importancia, siguiendo las instrucciones y utilizando los productos suministrados por sus fabricantes.

Una cartulina de refuerzo sucia, producirá una mala conversión de luz que se manifestará en la radiografía como un algo que no se ajusta a la imagen radiológica.

También se producirá este deterioro cuando se tenga el hábito de tocar con los dedos las cartulinas de refuerzo. Las motas de polvo pueden producir unos puntos blancos en la radiografía, debido a su opacidad a la luz, aportando a la imagen radiológica unas densidades inexistentes, manifestándose en falsas opacidades.

Cuando por guardarse las pantallas en lugares húmedos o por mojarse las pantallas su superficie no sea totalmente plana, no se podrán mantener el contacto perfecto entre la cartulina y la película, con lo cual en los puntos o zonas, en la imagen radiológica se producirá una borrosidad, denominada: *borrosidad cinética*.

Condiciones de revelado

El cuarto oscuro es, por definición, una habitación en la que la iluminación es escasa, y en el que la luz atraviesa, por añadidura, filtros especiales; es un laboratorio en el que las películas pueden alterarse por radiación, luz, calor, presión, humedad, vapores químicos, electricidad estática o manipulación inadecuada.

Las condiciones de revelado afectan considerablemente a los parámetros de velo, velocidad y contraste. Un exceso de la temperatura del revelador provoca en aumento de velo y velocidad, y una variación de

contraste, de forma positiva o negativa dependiendo de que el valor de la temperatura se acerque o aleje de su valor óptimo.

Conviene conocer la temperatura de los líquidos de revelado, la idónea es de 20°C. Entre revelado y fijado no debe haber una diferencia superior a 2 grados. Resultan convenientes en los revelados manuales disponer de flotadores para evitar que se formen cámaras de aire en la superficie de los líquidos. El contacto de éstos con el aire produce una oxigenación, una descomposición y un grave deterioro en el revelado de las radiografía. Los flotadores pueden ser de cualquier material cuya densidad sea inferior a la de los líquidos. La contaminación del revelador da lugar a un aumento en velo y velocidad con una considerable disminución en el contraste.

Técnica de revelado

Esta técnica comprende desde cargar el chasis con la película, el revelado, fijado y secado. Para revelar la película deberemos utilizar un cuarto oscuro o un revelador manual de sobremesa protegido con plástico rojo inactínico. Si utilizamos un cuarto oscuro, es evidente que, no deberá haber ninguna fuga de luz entre las puertas o ventanas y un filtro inactínico que coloquemos no a menos de 1.5 metros de donde carguemos los chasis, y una luz que no deberá superar los 20 watios.

Como en la microrradiología utilizamos películas de escasas dimensiones, nunca superaremos los 3x5 cm, lo cual las precauciones que se indican para la radiografía convencional, para con los líquidos de revelado, no tiene utilidad en nuestro caso, porque resultará más rentable utilizar recipientes de 150 cm³ y cambiarlos al inicio de cada jornada de trabajo.

Sin embargo, aquí deberemos tener unos cuidados especiales en verificar la concentración de los líquidos en dilución con el agua así como la temperatura.

Si el estudio a realizar fuera de una seriada de radiografías, es imprescindible que se mantengan las constantes de temperatura de los líquidos, concentración, así como de kV, mA, tiempo de exposición y distancia foco película radiográfica.

Es más, aconsejamos protocolizar las características, para que siempre sean iguales. Porque si resulta imprescindible este protocolo en cuanto a estudios radiológicos seriados; también es de utilidad para tener la certeza que los cambios de densidad se deben en sí a cambios reales no a cambios que pueden producirse porque cualquier eslabón de la cadena de imagen haya sido alterado.

La película radiográfica tras ser impresionada por la exposición a los rayos X debe someterse al proceso de revelado y fijado. El tiempo de contacto de la película radiográfica con los líquidos de revelado tendrá que ver con la temperatura de éstos, siendo el tiempo de contacto inversamente proporcional a la temperatura de los líquidos.

Debemos basar el revelado y fijado de la película radiográfica con que los líquidos estén a 20°C de temperatura y el tiempo de permanencia que estará inmersa la película en los líquidos será de 3 minutos en revelado y 6 minutos en fijado.

La técnica deberá procederse de la siguiente manera.

- Bajo ningún concepto los dedos del operador deberán tocar la película radiográfica
- Extraída la película del chasis se introducirá durante 3 minutos en el recipiente de revelado.
- Pasados los 3 minutos se pasará a otro recipiente con agua. Que deberá estar a la misma temperatura que los líquidos de revelado
- Una vez la película lavada se pasará al fijador donde deberá permanecer inmersa durante 6 minutos

Posibles deficiencias:

- Si la inmersión en el revelado es de menos de 3 minutos, podrá la película disminuir su capacidad sensitométrica, con el consiguiente detrimento de la imagen radiológica obtenida
- Si la película radiológica después de extraída del revelado no se somete al proceso de lavado, podrán los restos de revelado que se encuentran adheridos a la película radiográfica, pasar al fijador y contaminar éste, con lo cual existirá un deterioro de fijado para las siguientes películas que se sometán a este proceso.
- Si las películas radiográficas no están inmersas en el fijador el tiempo indicado, no quedará fijada la imagen adecuadamente y con el paso del tiempo se perderá, además de restar riqueza densitométrica a la imagen radiológica impresionada en la película.

- Además de todo lo indicado, una vez extraída la película radiográfica del fijador debe someterse de nuevo a proceso de lavado, de lo contrario podrán quedar restos de revelado sobre la radiografía, que como es un líquido color ocre claro, donde queden restos de gotas secas tendrá un contraste diferente del resto de la imagen, con el consiguiente deterioro de distinción.

Negatoscopio

Cuando la radiografía se coloca sobre una superficie de luminancia uniforme B_0 (negatoscopio) las diferencias de ennegrecimiento se traducen en una imagen luminosa que corresponde a los diversos valores B de la luminancia del negatoscopio visto a través de las distintas densidades ópticas de la película.

Colocaremos el negatoscopio sobre la mesa de trabajo, que se encontrará en una posición paralela al suelo. No debemos colocar el negatoscopio perpendicular, tal como siempre hemos podido ver en las salas de informes radiológicos. Si lo colocamos horizontal tendremos mayor facilidad de movimiento de la placa radiográfica sobre la superficie del negatoscopio, teniendo en cuenta las dimensiones de la radiografía.

Un brazo articulado sujeto en la base del negatoscopio sujetará la cámara que se colocará perpendicular al plano de la superficie del negatoscopio. Este brazo nos servirá para aproximar o distanciar la cámara de la radiografía colocada sobre el negatoscopio.

Cámaras analógicas

Nuestro trabajo lo hemos desarrollado con la cámara Panasonic BP500, sensor de imagen CCD tipo IT, con 390.000 pixels y una resolución horizontal de 500 líneas, cuya sensibilidad a la luz es de 0.08 lux, y una relación señal/ruido de 46 dB.

La sensibilidad lumínica de la cámara es importante porque el negatoscopio tendrá aplicado un reostato donde podremos graduar la intensidad de luz siendo conveniente poder disponer de la máxima sensibilidad en la cámara, porque tendrá capacidad para poder discernir entre tonalidades de grises, que para el ojo humano van a ser despreciables.

La resolución de la cámara estará en consonancia con el grano de la película radiográfica, de la resolución del monitor TV y del monitor digital, así como de la tarjeta convertidora de señal analógico-digital. Nos indicará la capacidad de la cámara para distinguir los detalles de la imagen. Normalmente, nos interesará que sea lo más elevada posible. Sin embargo razones constructivas del CCD y razones electrónicas, relacionadas con el ancho de banda de la señal manejada, nos imponen limitaciones.

En el caso de las cámaras CCD, la resolución estará limitada por el número de píxeles que captan la imagen. En un sistema de 625 líneas, existen 585 líneas cónicas en toda la pantalla. Por tanto, a máxima resolución que se puede alcanzar es de 585 líneas.

Objetivos

Como elemento imprescindible en la captación de imágenes, las ópticas juegan un papel fundamental. Son las encargadas de la elección del campo visual que la cámara vea. Deben elegirse en función de las variables: *ángulo de visión fijo, ángulo de visión variable, iris fijo e iris automático*

Nuestra experiencia nos ha venido demostrando que el objetivo ideal es el manual. La magnificación de la imagen será de la misma forma que se viene realizando en los estudios convencionales, o sea, vendrá dada por la distancia desde el objetivo a la placa radiográfica.

Tarjeta de conversión analógico-digital

La digitalización radiológica consiste en un dispositivo que permite obtener una imagen digitalizada a partir de una imagen analógica. Es decir, que ésta es susceptible de ser almacenada bajo la forma de un número que representa la posición de un punto de píxel, *unidad de superficie elemental*.

La técnica de digitalización indirecta consiste en digitalizar una radiografía mediante una cámara CCD y obtener así coordenadas espaciales que se relacionan sobre el plano de una radiografía con los valores correspondientes a la intensidad de los niveles de grises en este punto.

Sistema digital

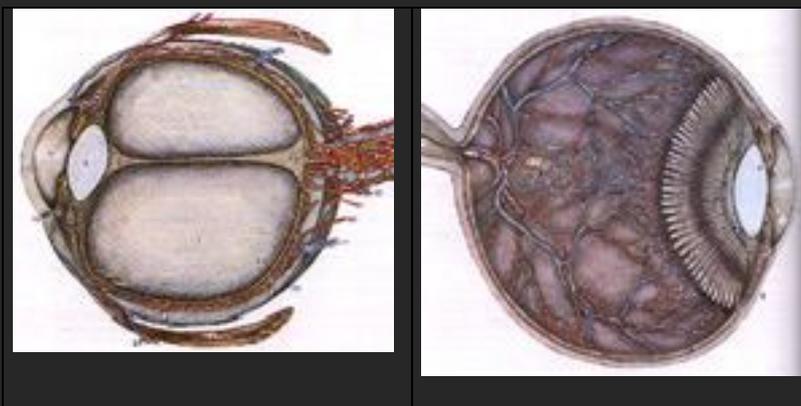
Los equipos electrónicos que procesan o tratan la imagen, incorporan microprocesadores con programas asociados para el control de sus procesos internos. Además, cumplen la función de interconectar, a nivel operativo, el equipo con el usuario, lo que permite que, gracias a la manipulación de controles externos el usuario pueda gestionar el funcionamiento operativo. A los equipos de estas características podemos definirlos como equipos dotados de control digital. Este tipo de tecnología ofrece la máxima calidad de imagen.

Para que podamos aprovechar las ventajas de la electrónica digital, es necesario transformar la señal analógica en digital. En el sistema digital podremos acogernos a todas las ventajas que aporta. Podremos colorear con las paletas ya establecidas o podremos elaborar nuestras propias paletas. El color indiscriminado en una radiografía no nos va a aportar una mejoría en la imagen; no por ello vamos a discernir mejor dos tonalidades.

Para poder entender mejor el aporte del color a la radiología digital deberemos conocer qué es en sí el color y el por qué de sus ventajas y también el por qué, en muchas ocasiones puede no aportar nada e incluso producir un efecto camuflaje.

Teoría del color

Aún cuando se habla de los objetos como si tuviesen color, este en sentido estricto, no es una propiedad física de los objetos. Cuando la retina del ojo humano recibe energía de diversas longitudes de onda, la mente identifica esta sensación como "color" de un tono determinado.



El ojo humano no tiene sistema de sintonía, sino que responde de modo simultáneo a toda la radiación incluida en el espectro visible, con independencia de su longitud de onda. Por otra parte, el ojo sólo distingue una longitud de onda si se le presenta aislada. Casi todos los colores pueden conseguirse con combinaciones adecuadas de luces de color rojo, verde y azul, que se conocen como colores primarios o fundamentales. En informática se les denomina canales **RGB**. Los factores de respuesta en la visión humana del color están directamente relacionados con estos tres colores.

TÉCNICA MICRORRADIOLÓGICA

Introducción

Nuestro equipo viene desarrollando desde hace más de seis años la microdigitalización en mamografías. Basando nuestro método en captar la mamografía entera y por regiones auxiliados por una cámara CCD y trasladar la imagen a un sistema informático, por medio de la conversión analógico-digital de una tarjeta digitalizadora adaptada al ordenador. Previamente un monitor de 9 pulgadas nos magnificaba, áreas parciales de la mamografía, que en ocasiones alcanzaban aumentos de hasta 60x, siempre acorde a la calidad radiológica por la que se iniciaba el proceso.

Microcalcificaciones que pasaban inadvertidas al observador tras colocar la radiografía en el negatoscopio y conseguir los aumentos con la ayuda de la lupa; con nuestra técnica, no solamente podíamos ver las microcalcificaciones (*calcificaciones de menos de 0.1 mm*), sino que además, las podíamos estudiar, observar su forma, comparar numéricamente su densidad relativa, etc.

Al poder observar la microcalcificación a mayor tamaño, nos aportaba la ventaja de poder estudiar las calcificaciones in situ, y con la escala de grises poder medir la densidad de cada microcalcificación con respecto a la base velo de la película, o sea, a la parte de la película en donde no se interponía nada entre el haz de rayos X y la placa radiográfica, solamente el aire. Esto evitaba el efecto camuflaje y podíamos aportar de forma fehaciente, la diferenciación entre las densidades iso y heterodensas.



En las imágenes adjuntas podemos ver de izquierda a derecha. En la primera un pequeño fragmento de yeso que visto en condiciones óptimas, destaca y se observa perfectamente; en la segunda imagen se aprecia menos al disminuir el tamaño de la imagen y aumentar la luminosidad; en la tercera al aumento de la luminosidad y disminución de tamaño, más acentuado que con la anterior, se observa mucho menos y en la última se produce el efecto camuflaje, con lo cual el mismo fragmento que en la primera pasa desapercibido

Nuestra experiencia ha sido dilatada en lo referente a la digitalización radiológica de pequeños detalles. Si bien, nosotros partíamos del estudio digital sobre radiografías ya hechas. En esta técnica somos nosotros quienes realizáramos las microrradiografías y aplicamos posteriormente nuestra experiencia digital ya adquirida en estudios mamográficos.

Escogeremos un sistema radiográfico cuya radiografía, sea la que mayor número de líneas nos aporte para que al someterla al tratamiento digital pueda soportar el máximo número de aumentos.

De todos los tipos de radiografías es la más idónea la placa mamográfica, al ser la que mayor número de líneas por centímetro tiene.

Según lo que vayamos a radiografiar deberemos tener, tanto de precauciones como de técnica. Si el objeto a radiografías es uno sólo será menos minuciosa la técnica que si lo radiografiado pertenece a una seriada de radiografías.

Por ejemplo si radiografiamos un pelo, en principio, lo principal será conseguir una buena imagen y que se ajuste en su totalidad al objetivo a visualizar, en la mayoría de los casos el grado de queratinización.

Si lo que estamos radiografiando es un cultivo bacteriológico o un tránsito digestivo de un insecto; además de los criterios de calidad del ejemplo anterior, debemos tener en cuenta que todos los parámetros utilizados en la cadena de imagen deben ser idénticos. Desde la distancia foco película, concentrado y temperatura de líquidos de revelado, etc.

APLICACIONES PRÁCTICAS

El sistema permite mejorar la percepción y utilidad de la imagen radiológica, especialmente si se asocia la simple digitalización al tratamiento de la imagen con una serie de métodos que permiten valorar, realzar y poner en evidencia grados de densidad no perceptibles habitualmente por el ojo observador. Podemos citar como algunos de ellos:

Se observa las diferentes muestras de mejora en el brillo y en el contraste

- Posibilidad de obtención de un zoom electrónico mediante la interpolación de diferentes valores y visualización de los mismos bajo forma de imagen numérica sobre una pantalla disponiendo de un dispositivo electrónico para lograr el agrandamiento o magnificación.
- Modificación de los histogramas; es decir, de las curvas de extensión de contraste e intensidad luminosa sobre la pantalla.

Histograma de un cultivo bacteriológico

- Ampliar considerablemente la escala de grises de los que dispone la sensitometría de la radiografía (máximo 21) hasta 256 tonos diferentes por el sistema digital. La diferencia de tonalidad en esta escala de grises es inapreciable por el ojo humano. Puede ser convertido un tono o un número de ellos a un color y resaltar esa densidad del resto de la radiografía.

Mapa de densidades de una hoja de cítrico atacada por una larva minadora. El negro es densidad 0 (aire) y el blanco la máxima densidad o sea el 256

Realzar los entornos.

- Detección automática de opacidades y microdensidades.



Una determinada densidad –en este caso la 195- en gris se observa en la parte inferior; en RGB, los tres colores marcarán la misma densidad. En 256 escalones nos indicará –el mismo punto- el porcentaje de cada color que lo forma. Obsérvese en el perímetro de la hoja que en las imágenes en gris existe un cambio entre el aire y la hoja. En la imagen coloreada el perímetro queda marcado por una densidad menor, en color azul.

- Estudio de opacidades por escala de densidades por paleta de colores, de interés en contraste digestivo en entomología.
- Estudio selectivo de densidades

Magnificación de la imagen

En la cámara hemos conseguido aumentos de 15x sin pérdida de fiabilidad de la imagen. Este aumento puede, al pasar al sistema digital, ser incrementado, sin pérdida de fiabilidad, teniendo en cuenta que los aumentos en el sistema digital serán múltiplos de los conseguidos en el sistema analógico. Pudiendo en ocasiones conseguir un total de 60x aumentos, sin pixelar apenas la imagen.

La magnificación de la imagen se realiza prácticamente en la totalidad de los casos estudiados. El paso de la digitalización permite fácilmente la amplificación. A partir de los 40x, salvo casos aislados, son demasiados ostensibles los píxeles y la imagen pierde precisión. Las imágenes proporcionadas ganan, evidentemente, en aparatosidad y belleza con estudios a aumentos altos, pero son únicamente para conseguir imágenes muy expresivas, útiles sobre todo con fines docentes. Al aumentar la imagen se pierde más precisión, pero la definición podemos recuperarla con la combinación de diversas técnicas, como son el estudio selectivo de densidades, el estudio de relieve y la elección de coloración adecuada.

Inversión de la imagen

Se pueden realizar con variantes de grises o bien, utilizando la paleta de colores. Consiguiendo mejorar la calidad de la imagen original.

La inversión de imágenes va dada por el programa utilizado. El cambio en blanco y negro nos permite obtener un negativo de la radiografía, viéndose las densidades en color negro. Ocasionalmente se mejora con ello la visualización de la imagen. Pero es, en el estudio con colores es donde la inversión consigue los mejores resultados. Habitualmente se utiliza combinada con otros métodos, como el refuerzo de bordes. En esta forma si se aplica el color azul y luego se realiza la inversión se obtiene un tono castaño que parece ser idóneo para el estudio imagenológico.

Como el estudio con colores ofrece muchas posibilidades de mejorar la calidad de las imágenes, el efecto de inversión duplica exactamente el número de opciones. Y en general puede decirse que cuando peores son los resultados con un color, mejores son los efectos logrados por su inversión y a la inversa.



En las imágenes adjuntas podemos observar que las galerías producidas por la larva se visualizan de forma mejorada cuando tratamos la imagen por el sistema de desglosar los canales.

Otra posibilidad de inversión de imagen viene dada con la utilización de un solo canal de color, con lo que se consigue mejorar la nitidez. Si la imagen conseguida de gris la convertimos en RGB y es sometida a un proceso de inversión, pudiendo, ocasionalmente, mejorarse las posibilidades de definición, permitiendo percibir densidades de un diámetro 10 veces menor que las observadas con lupa de aumento.

Potenciación de contrastes

El realce del contraste es un proceso en el que las diferencias entre los niveles de grises son amplificadas de forma que el observador pueda diferenciarlos más fácilmente. Los métodos para realizar el contraste con una imagen dependen de la diferencia de intensidad entre los píxeles. En caso de una imagen radiográfica, que suele poseer un amplio rango de gradientes, se puede usar un umbral variable o también cambiar el entorno de los píxeles.

Permite mejorar mucho la calidad de una radiografía, hay que tener precaución de no perder imágenes útiles y valorar otras por el uso indiscriminado y exagerado de las posibilidades del método.

Efecto relieve

Permite valorar con mayor fiabilidad las diferencias de densidad. Asociado al estudio selectivo de zonas densas, permite obtener notables efectos con elevada valoración visual de las alteraciones de densidad. Si además se asocia a estudio con diversas posibilidades de coloración se consiguen imágenes de impresionante selectividad.

Utilizando aisladamente permite observar las diferentes densidades con aspecto de relieve, obteniendo imágenes de apariencia tridimensional. También es un método indirecto para calibrar diferencias de densidad entre dos zonas o formaciones. Las imágenes son impresionantes por su veracidad, se destaca la perfecta visualización de la forma irregular.

Estudio individualizado de densidades

A partir de una paleta de gradación de densidad que va de 0 a 256 se pueden estudiar selectivamente las densidades de zonas de hasta 0.05 mm de grosor. Ello permite establecer un mapa de densidades comparadas, lo que resulta extremadamente útil para calibrar, por ejemplo, la heterodensidad de un núcleo de microdensidad o de contraste en un insecto. Ello permite establecer un mapa numérico de densidades que a su vez puede complementarse con un estudio selectivo de relieve y color, aportando una base numérica a una impresión subjetiva obtenida de la contemplación de la radiografía.

Podemos, con estas técnicas microrradiológicas, observar lo siguiente:

- Certeza en la fase de crecimiento que se encuentran los pelos en el momento de la radiografía, por su nivel de queratina. De suma utilidad para el dermatólogo, como tratamiento de depilación o implante. Útil también en medicina forense, por su característica de identificación.
- Al radiografiar un cultivo bacteriológico, podemos observar:
- Realizando radiografías seriadas, a tenor del tiempo que consideremos óptimo de crecimiento en la colonia, podremos ver su índice de crecimiento o de muerte. Tan sólo digitalizando la radiografía y efectuando un histograma comparativos en todos los estudios realizados.
- Hemos podido observar que cuando la colonia muere, aunque ello sea reciente, su capacidad radiopaca se convierte en radiotransparente.
- Es una técnica adecuada para el estudio de la digestión de los insectos, en el caso de la avispa podemos ver pequeñas opacidades debidas a una ligera dilución de líquido radiopaco.
- Valorar cualitativa y cuantitativamente el daño foliar sufrido ante el ataque de determinados insectos, comparando con hojas sanas. En el caso de minador de cítricos (*Phyllocnistis Citrella Stainton*) podremos ver tanto el recorrido como la densidad de sus excrementos, que podrá tener relación con el efecto biocida del insecticida, con el tipo de hoja o si existen otros parámetros que acontecen al entorno e influyen sobre el insecto.

DISCUSIÓN

La magnificación de imágenes permite estudiar con detalle el contorno de los objetos. Habitualmente basta utilizar un aumento entre 5 y 10x y es muy útil el asociar este aumento con métodos que permitan estudiar mejor los perfiles como son el efecto relieve y, sobre todo, el estudio selectivo de densidades.

Con la asociación de los tres se consiguen imágenes que proporcionan una gran seguridad objetiva. También en contrastes digestivos en insectos es útil el sistema para comprobar con más exactitud el grado de extensión, lo que es importante con fines clasificatorios, en estudios seriados y para sentar indicaciones de comportamiento y recorrido, como es el caso del minador de cítricos (*Phyllocnistis Citrella Stainton*).

En el estudio de microdensidades el método resulta extraordinariamente útil, existe una barrera de visualización de las microdensidades que impide reconocerlas si su diámetro es inferior a 0.1 mm. Así, pasarían inadvertidas en los exámenes ordinarios, lo que permite aumentar las posibilidades de conocer mejor las funciones digestivas de los insectos con ingestión de contrastes o el recorrido en larvas minadoras.

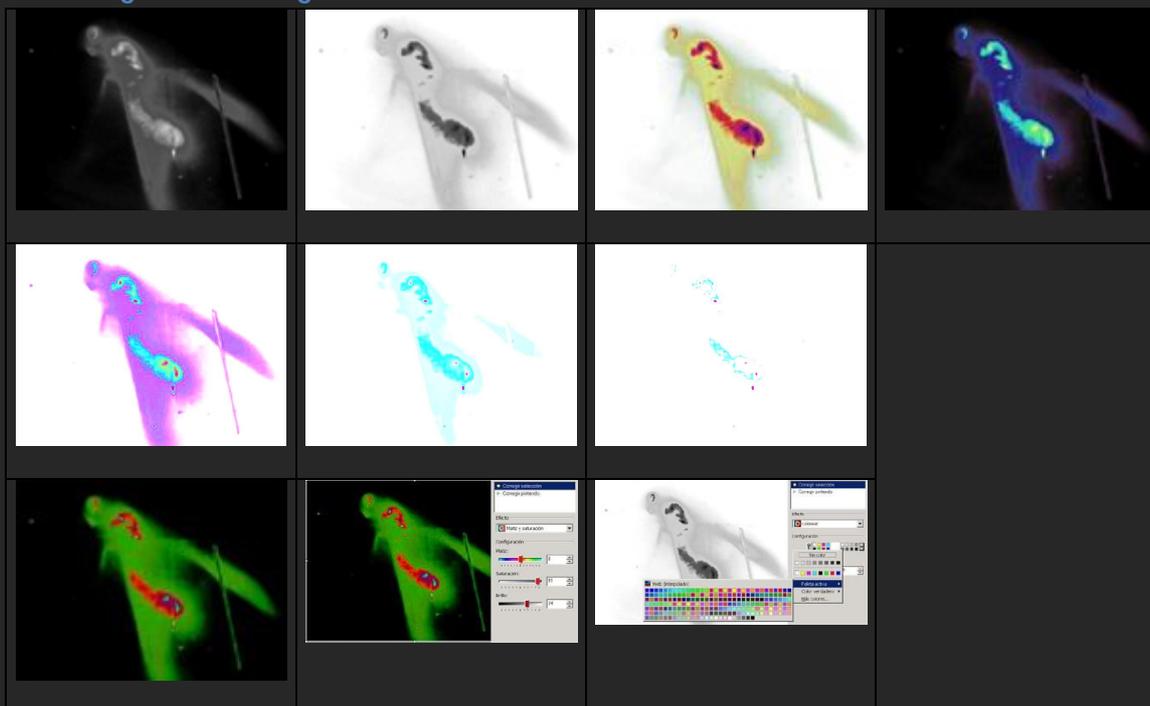
El efecto relieve transforma las diferencias de densidad en imágenes con aspecto de relieve. Se consiguen extraordinarios efectos es realizando el estudio selectivo de zonas en las que se aplica el relieve a partir de una determinada densidad a la vez que se asocia con magnificación de imagen y con estudios en color específicos. Los resultados de esta asociación de métodos son impresionantes a nivel de exactitud, precisión y belleza de las imágenes y permite ver con extraordinaria precisión los contornos de las formaciones radiografiadas. de Utilidad en radiología tricológica y bacteriana.

El estudio selectivo de densidades es probablemente, tras la magnificación el método más importante de que disponemos. Asociado, como hemos dicho, con el efecto relieve y con paleta selectiva de colores consigue impresionantes imágenes.

RESUMEN

Se presenta el primer trabajo de una serie que estudia las posibilidades del estudio de las radiografías a objetos de pequeño tamaño y de escasa densidad, añadiéndole la mejoría mediante digitalización indirecta combinada con el uso de programas informáticos que permite una mayor valoración de las densidades en el estudio microrradiológico. Se describen las distintas técnicas que permiten mejorar la imagen digitalizada: magnificación, inversión, potenciación de contrastes, refuerzo de bordes, efecto relieve y estudio individualizado de densidades, especialmente aplicado a determinar la forma y consistencia de las microdensidades .

Radiología entomológica

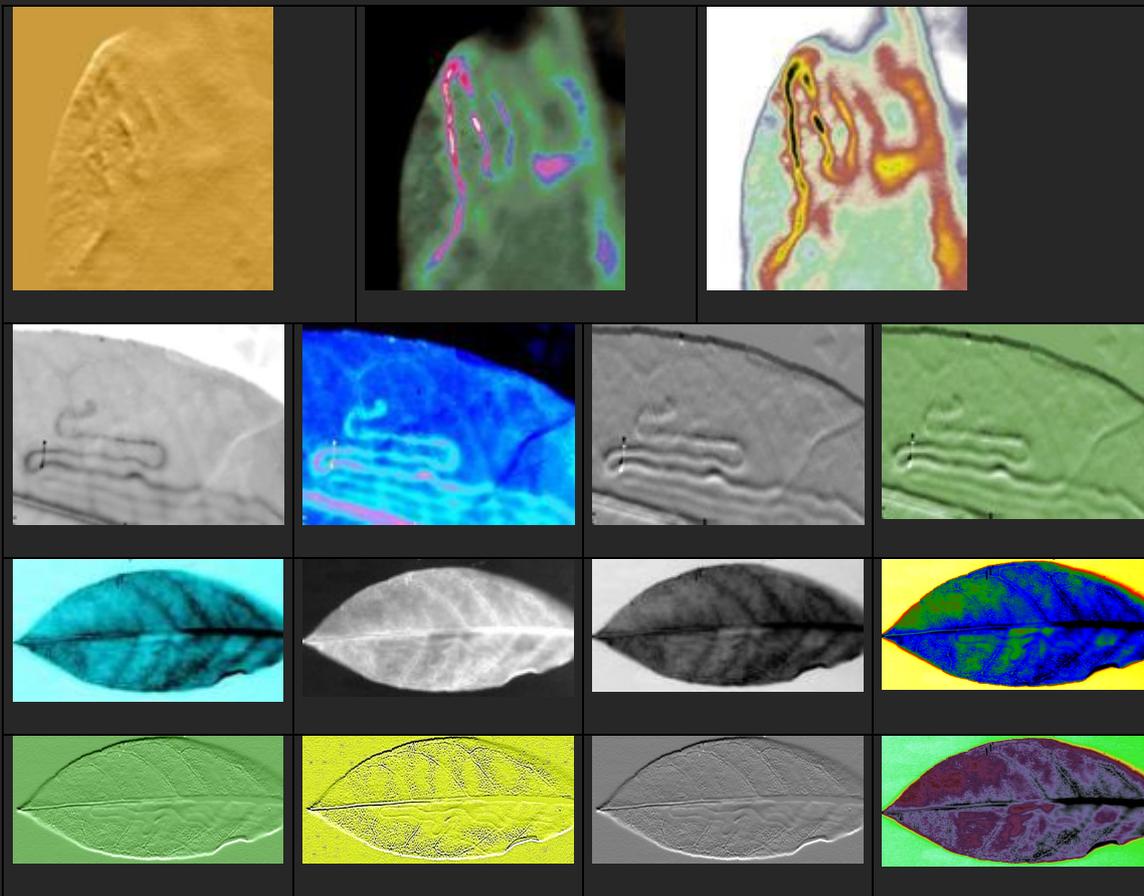


Los insectos pueden ser estudiados, bien a lupa o bien a microscopio. Nuestra aportación se basa en poder ver las distintas densidades del tubo digestivo, Como ejemplo vemos la avistas que ha sido alimentada con caldo azucarado y un contraste radiológico, lo que permite con unas radiografías seriadas el poder observar el tiempo que tarda en realizar la digestión. Otro estudio radiológico que podría tener futuro sería las densidades que presenta la venación alar.

Radiología vegetal

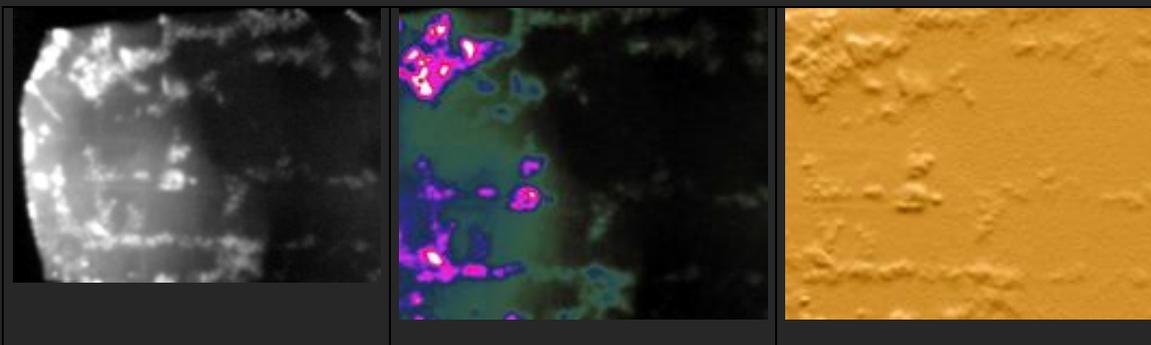
Hasta ahora solamente la hemos realizado en hojas de cítricos contaminadas por la larva minadora, pudiendo distinguir las distintas densidades del excremento que deja en su recorrido. Puede tener otras aplicaciones.





Radiología bacteriana

La radiología bacteriana es por si ya un logro poder radiografiar un cultivo porque toda él tiene menos densidad que una gota de agua. Sin embargo consideramos que si la radiografiáramos y posteriormente la digitalizáramos, podríamos, por medio de una seriada, observar en el histograma su percentil de crecimiento.



Radiología tricológica

Es una posibilidad el haber podido radiografiar los pelos. Puede aportarnos conocimiento del tema al radiografiar todas las muestras de pelos de un individuo como: orificios naturales, barba, bigote, axilas, pubis, piernas, etc y realizar un estudio comparativo de las densidades de cada zona. De utilidad en policía científica.

