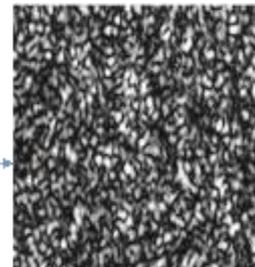
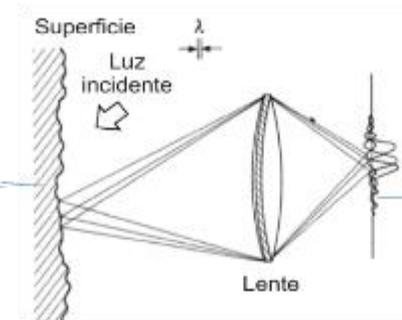


Utilización de un método de inspección óptica de bajo costo para la detección de la calidad superficial de frutas y verduras durante el proceso poscosecha, almacenaje y comercialización



Información General del proyecto

- En este proyecto se desarrollará un Método de Inspección Óptica de bajo costo para la detección de la calidad superficial de frutas, verduras u otros productos durante el proceso poscosecha, almacenaje y comercialización.
- Específicamente, el Biospeckle es un método no invasivo para la evaluación de tejidos vivos. Este método se ha aplicado a la medicina, la agricultura, la microbiología y a los procesos relacionados con el movimiento de partículas de material vivo.
- Recientemente, este método se ha utilizado ampliamente para la evaluación de la calidad de los cultivos agrícolas.

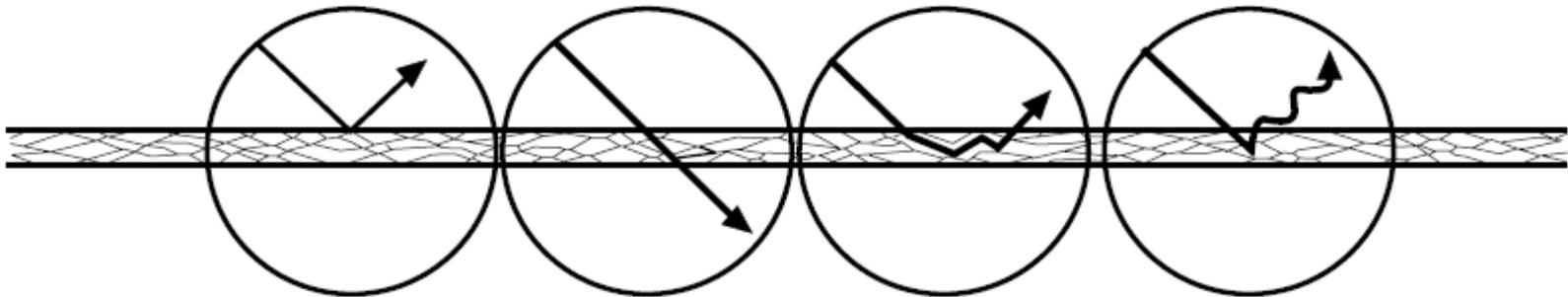
Información General del proyecto

- En los procesos biológicos tales como cyclosis, el crecimiento, el transporte, entre otras, el Biospeckle como Método de Inspección Óptico, se ha aplicado para la supervisión del envejecimiento y maduración de las muestras de tejidos, tales como el desarrollo de órganos, la detección y desarrollo de defectos y enfermedades.
- Desarrollar investigación aplicada, permitiendo implementar un nuevo modelo, que permita incorporar técnicas robustas de procesamiento de imágenes digitales para la evaluación de las propiedades superficiales durante el proceso de maduración de frutas, verduras desde la cosecha, almacenaje y comercialización, lo cual será lo original y novedoso del proyecto.

¿Qué es Biospeckle?

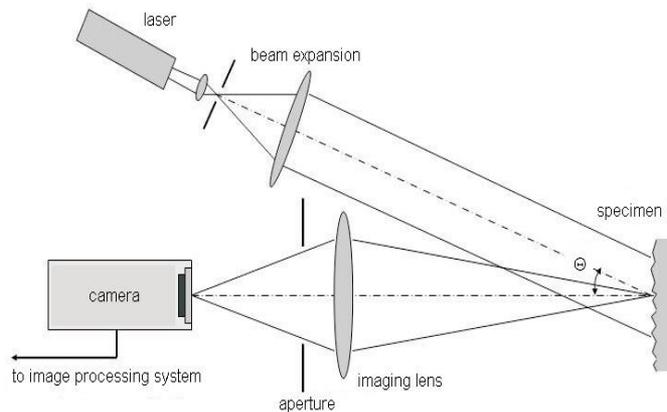
La actividad de Biospeckle es el resultado del movimiento físico de las partículas dentro de las células y se ve afectada por la variación de la absorción de luz por pigmentos.

Sin embargo, a nivel de los tejidos, la actividad de Biospeckle puede proporcionar información acerca de varios procesos que ocurren dentro y fuera de una célula, tales reflexión, refracción, transmisión y absorción de la luz, entre otros.

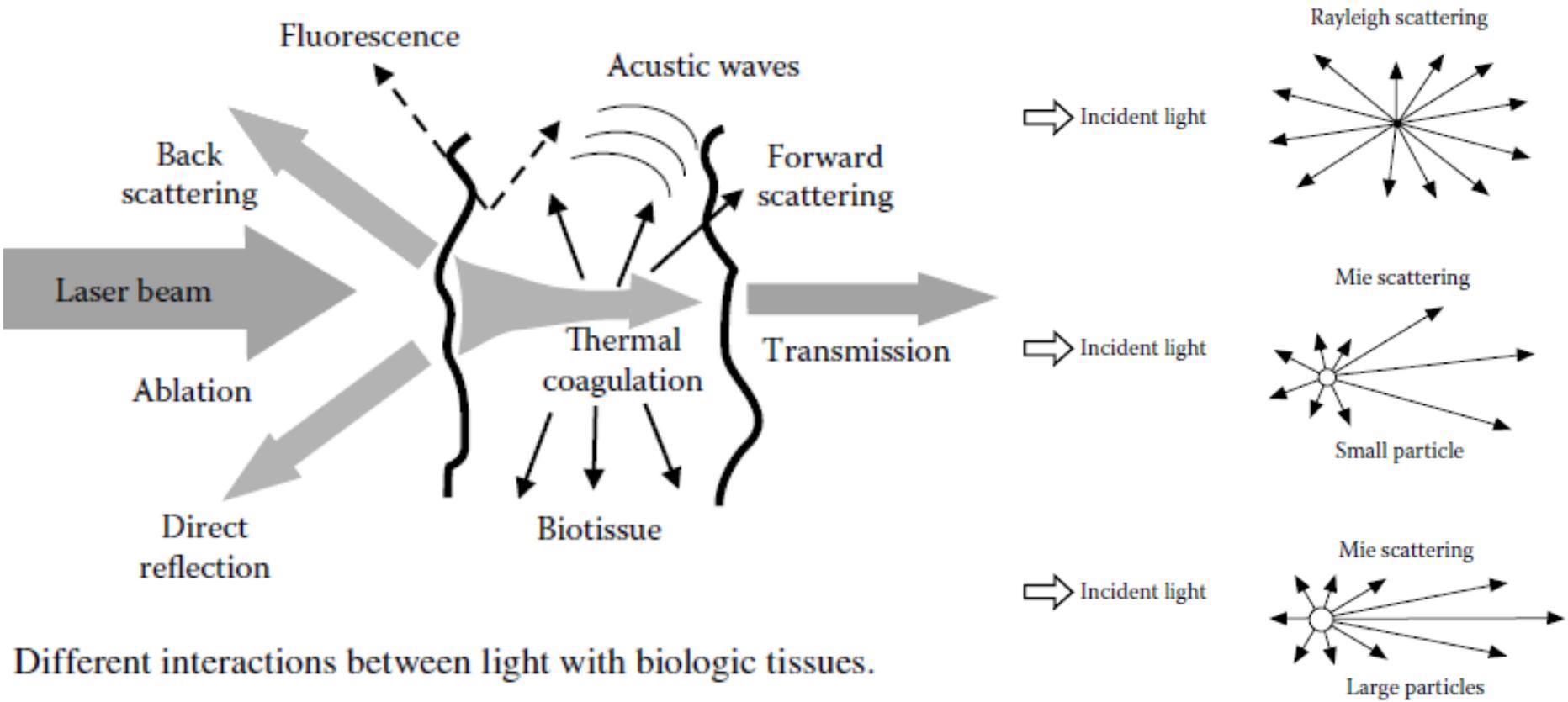


¿Qué es Biospeckle?

Cuando los materiales u objetos son iluminados con una fuente de luz altamente coherente, como la luz láser, adquieren un aspecto granular denominado patrón de Speckle. Si la superficie iluminada es ópticamente rugosa, este patrón evoluciona en el tiempo, y la luz dispersada da lugar a un patrón dinámico de Speckle y su variación en su Intensidad depende de la actividad de la muestra.

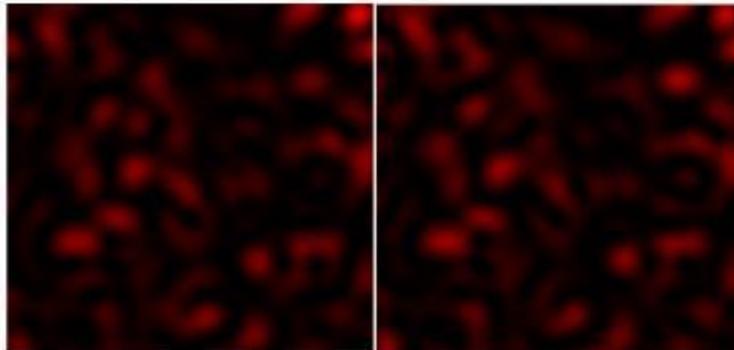


¿Qué es Biospeckle?



Different interactions between light with biologic tissues.

Dynamic speckle in image forming systems: basic principles



Static speckle

Moving speckle pattern

$$K = \frac{\sigma_I}{\langle I \rangle}$$

$$K(r) = \frac{\sigma(r)}{\mu(r)} \sim \sqrt{\frac{\tau_c}{T}}$$

- If the scattering medium changes with time, the speckle pattern also evolves: time-varying speckle or dynamic speckle.
- The speckle fluctuates in intensity.
- The level of blurring is quantified by the speckle contrast. The formulation depends on whether the speckle is static or dynamic.

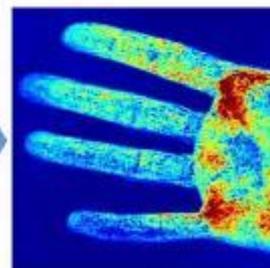
τ_c : speckle autocorrelation time. T : exposure time.
And:

$$V(r) \sim \frac{1}{TK(r)^2}$$

The contrast variable can be utilized to infer information about velocity of the dynamic medium.

Applications: Fluctuations provide information about the motion. The speckle pattern is imaged with an exposure time longer than the shortest speckle fluctuation time scale: $T \gg \tau_c$

Technique: Flowmetry



Example of mapping: from speckle image to perfusion map through Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI).



Source: G. Satat, 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL PHOTOGRAPHY (ICCP)

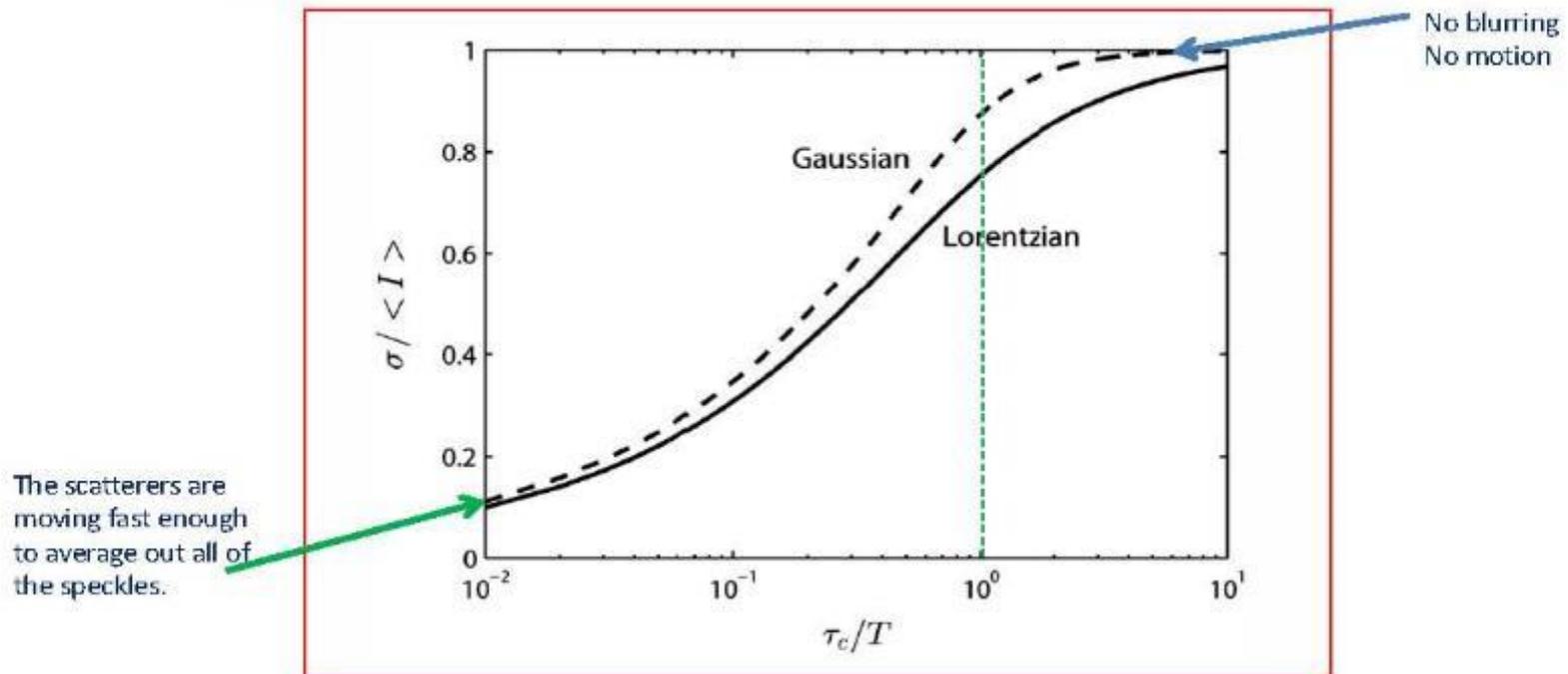
Movie courtesy: <https://www.perimed-instruments.com/laser-speckle-contrast-imaging>

Maria L. Calvo Lecture Notes, Winter College "Advanced Optical Techniques for Biomedicine", ICTP, Trieste, 13-24 February, 2017

Dynamic speckle contrast function

Assuming all photons Doppler-shifted and a Lorentzian velocity distribution

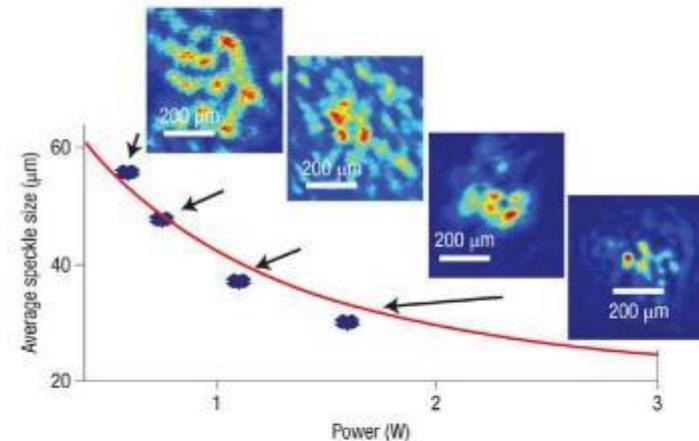
$$K = \frac{\sigma}{\langle I \rangle} = \left(\beta \left\{ \frac{\tau_c}{T} + \frac{\tau_c^2}{2T^2} \left[\exp\left(\frac{-2T}{\tau_c}\right) - 1 \right] \right\} \right)^{\frac{1}{2}},$$



Some phenomena equivalent to speckle in non-linear media: incoherent optical spatial solitons

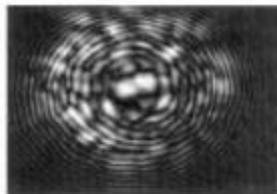
Main foundations:

- Incoherent beams are multimode entities whose structures vary randomly in time. These beams can self-trap, forming an incoherent spatial soliton.
- Monochromatic spatially incoherent light can be modelled as a sequence of coherent multimode (speckled) beams.
- Self trapping of optical beams for speckle observation.

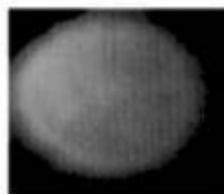


Average speckle size of the incoherent soliton as a function of the total power of the beam

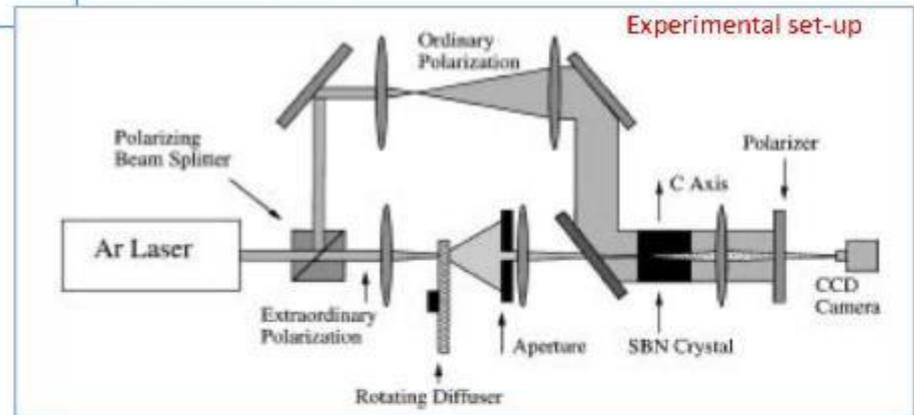
Interference Patterns



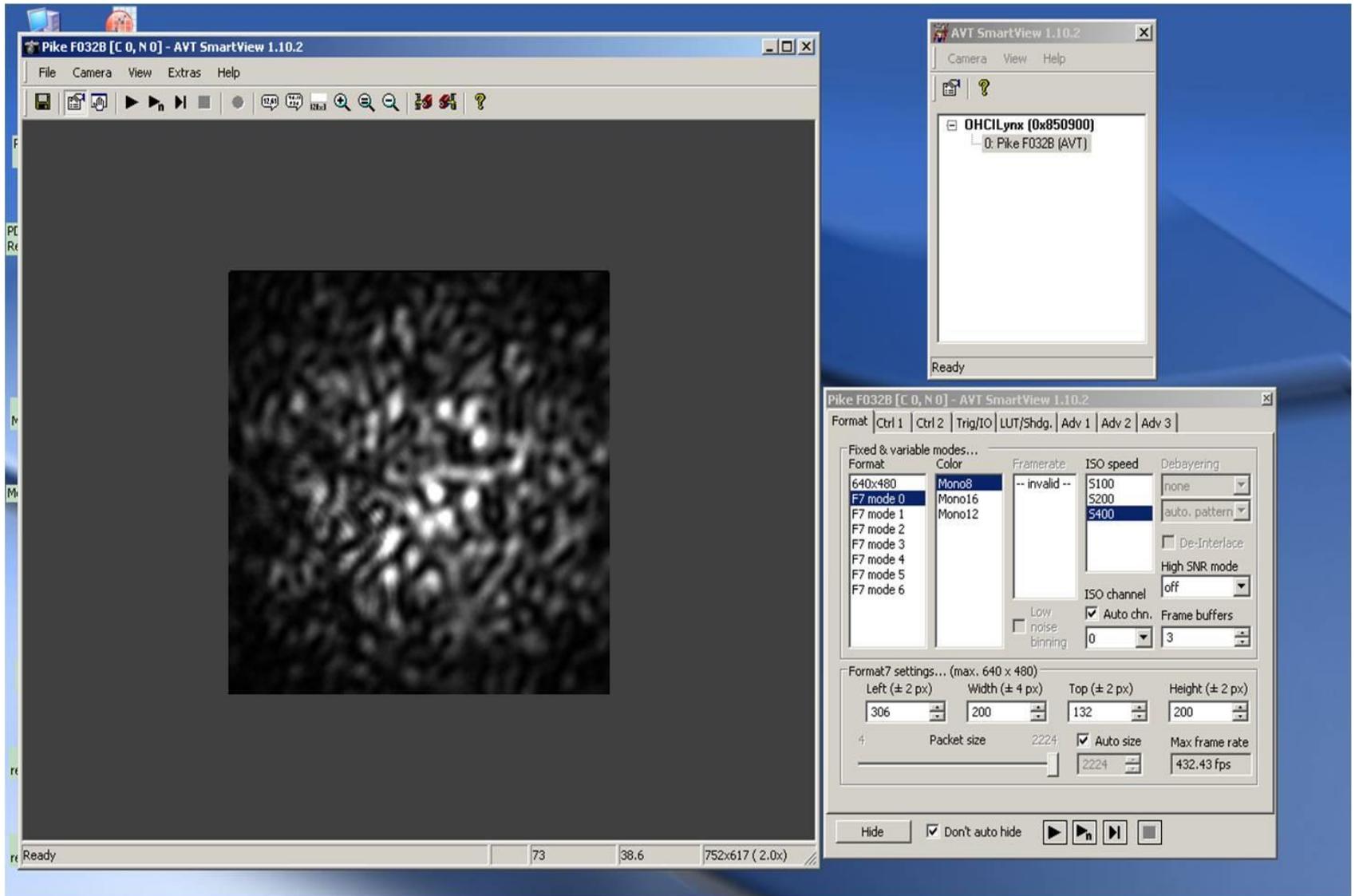
(a) Diffuser stationary



(b) Diffuser rotating



Sistema de captura de imágenes



Sistema de captura de imágenes

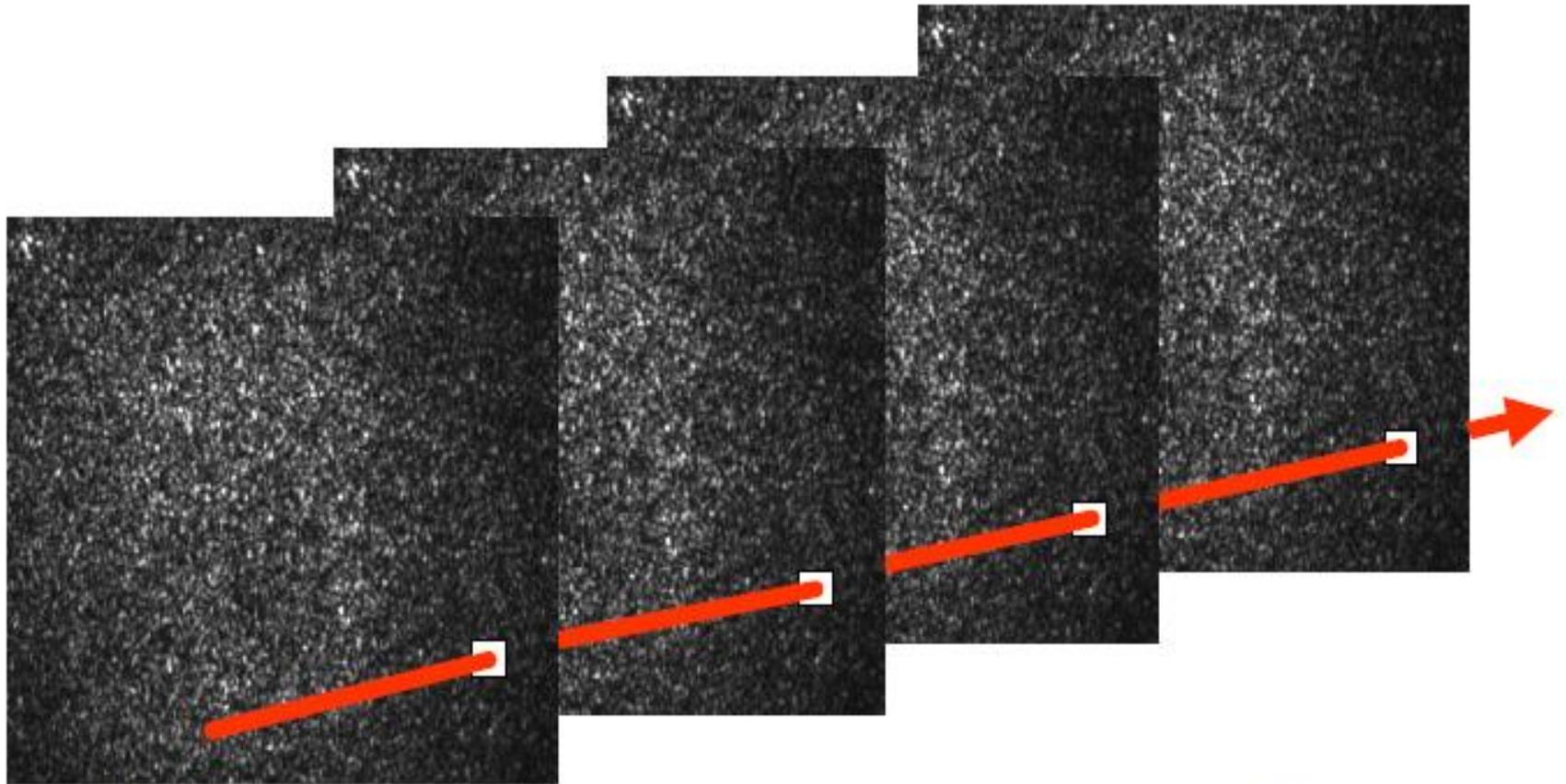
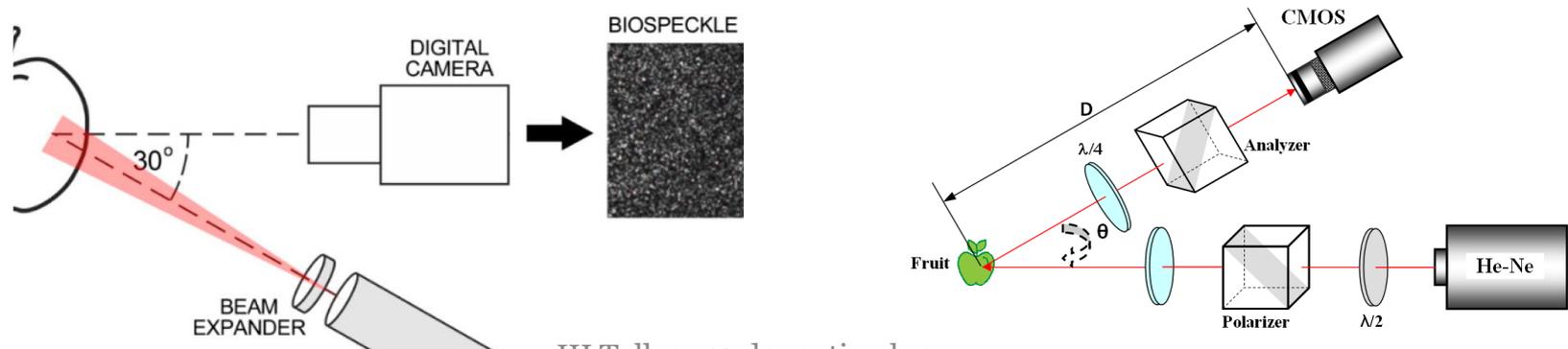
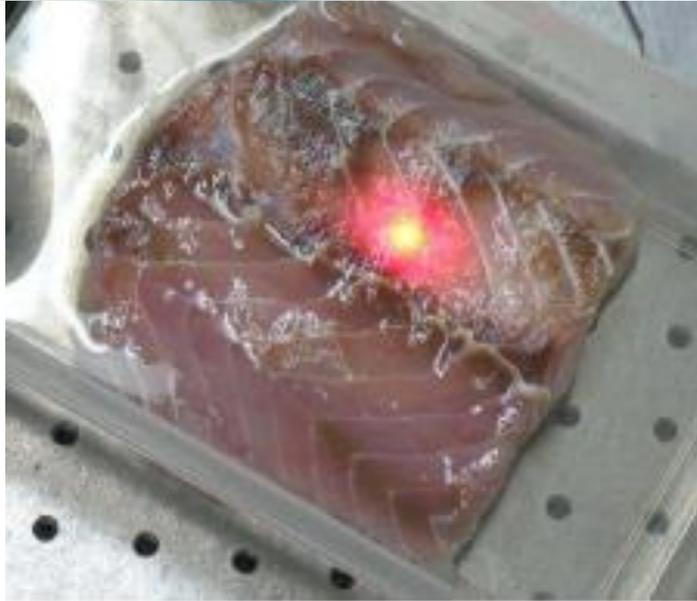


Fig. 3.1.4. Secuencias de imágenes completas de biospeckle. La flecha indica la dirección de evolución de la secuencia y el diseño del arreglo 3D

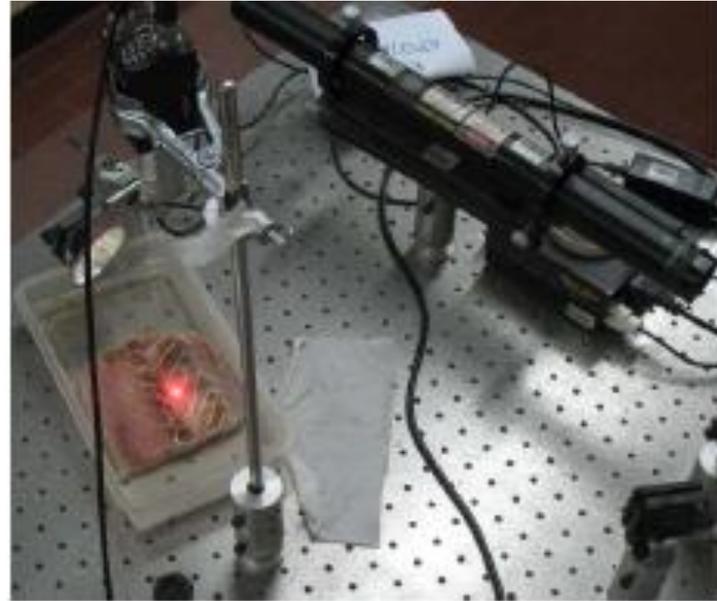
¿Qué es Biospeckle?

- Durante la cosecha y poscosecha la manipulación y almacenaje de los productos vegetales (frutas, verduras y hortalizas) sufren daños superficiales que afectan la calidad de los mismos debido a deterioro fisiológico y microbiológico.
- El contar con herramientas ópticas que permitan obtener parámetros de color y textura durante el proceso de maduración ayudará a minimizar las grandes pérdidas y garantizará productos de calidad que sean competitivos en el mercado nacional e internacional.

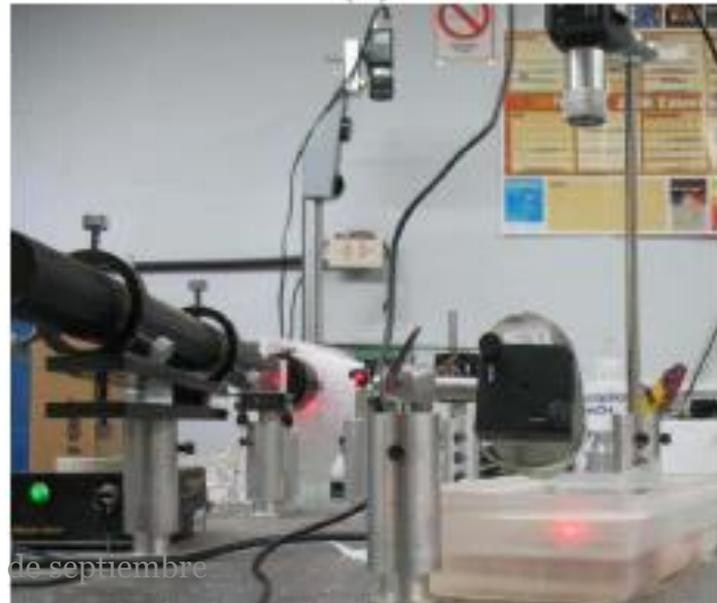




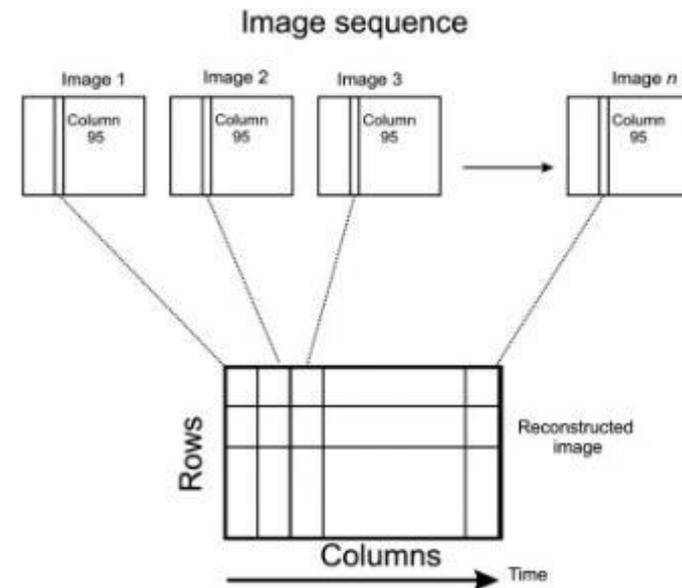
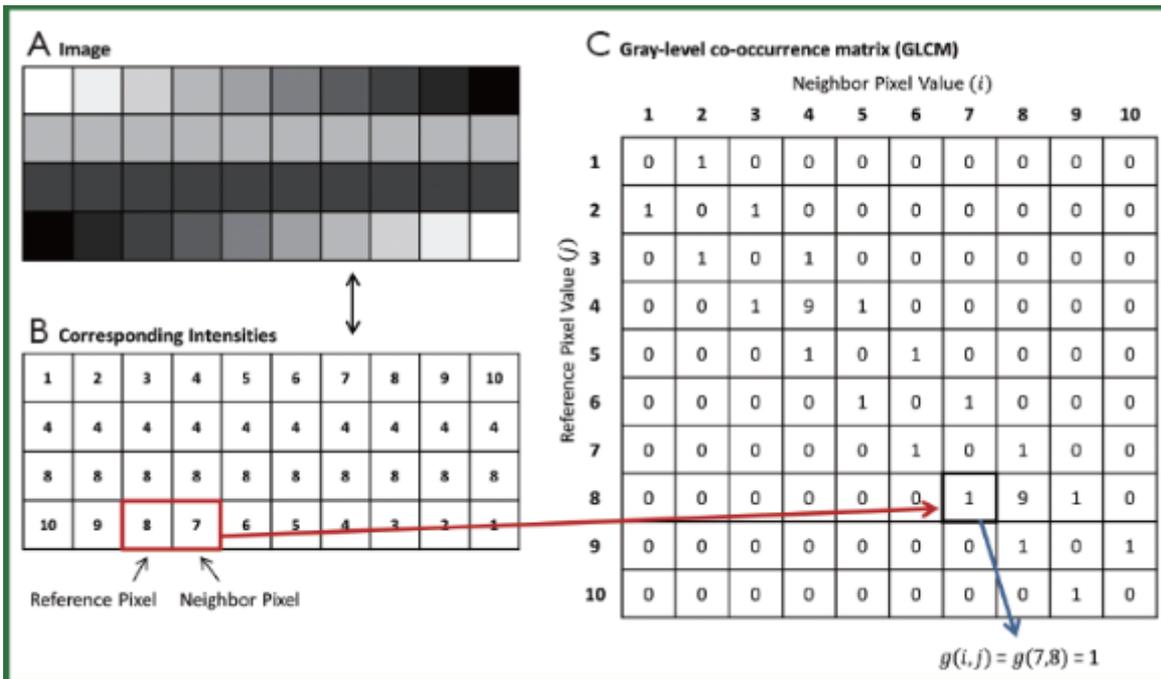
(a)



(b)



Metodología Aplicada



Metodología Aplicada

La Dinámica de la variación de los patrones de Speckle se monitorizó utilizando estadísticas de segundo orden, construyendo las matrices del patrón de speckle del historial de tiempo (THSP) y la matriz de co-ocurrencia (COM) utilizando una selección de puntos aleatorios en la imagen principal para crear el THSP. De la COM, obtuvimos el método de los valores absolutos de diferencias (AVD), expresado en la Ecuación:

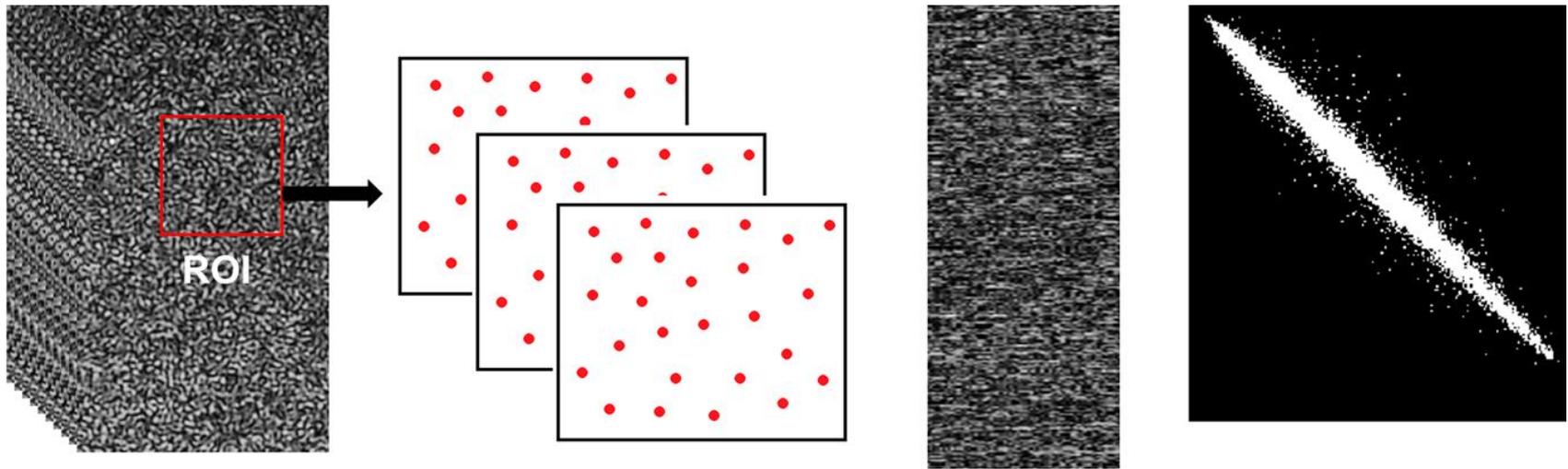
$$AVD = \sum_{ij} COM_{ij} |i - j|$$

Donde COM es la matriz de coocurrencia relacionada con el THSP, y las variables i y j representan la línea i y la columna j de cada punto de la matriz COM:

$$COM = [N_{ij}]$$

Las entradas son el número de ocurrencias (N) de un determinado valor de intensidad “ i ” que es seguido inmediatamente por un valor de intensidad “ j ”.

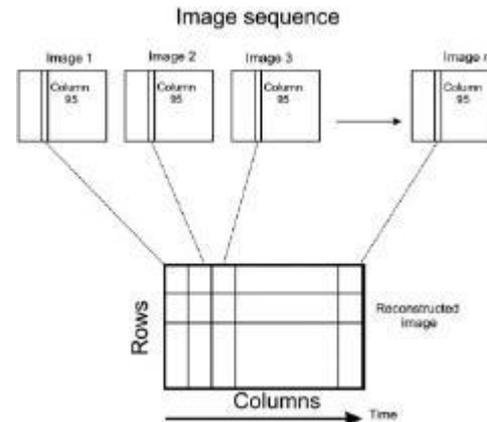
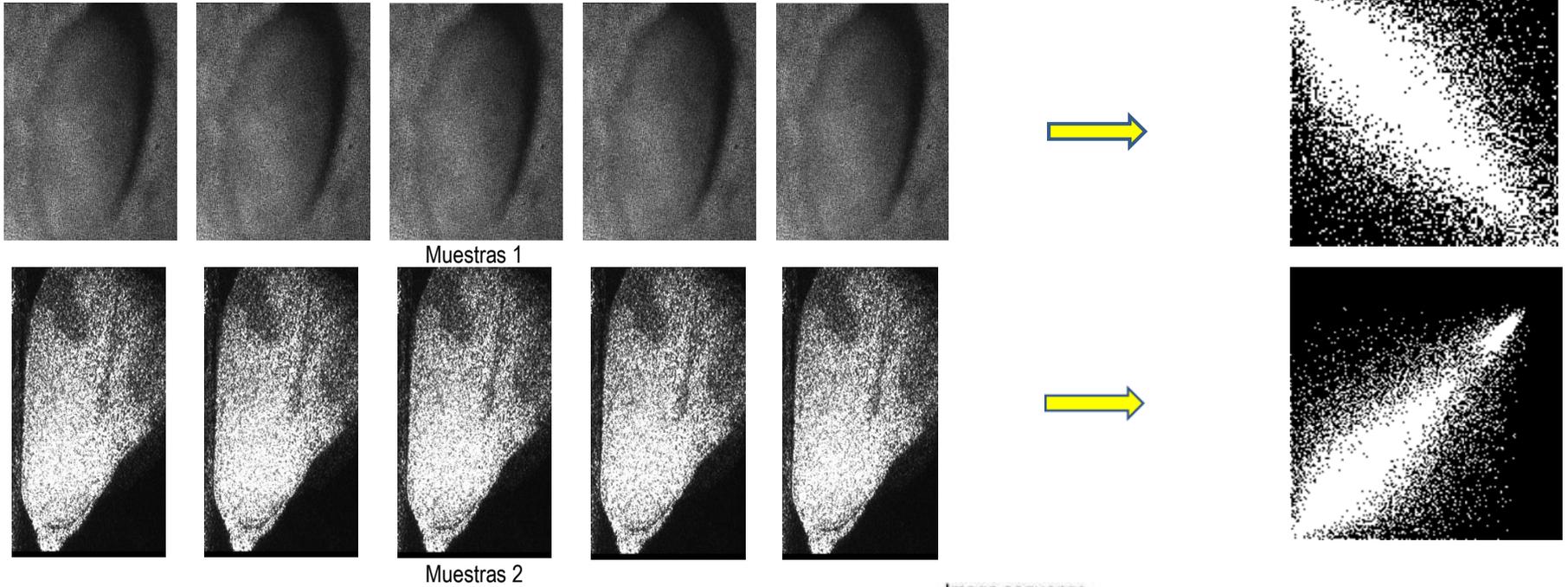
Metodología Aplicada



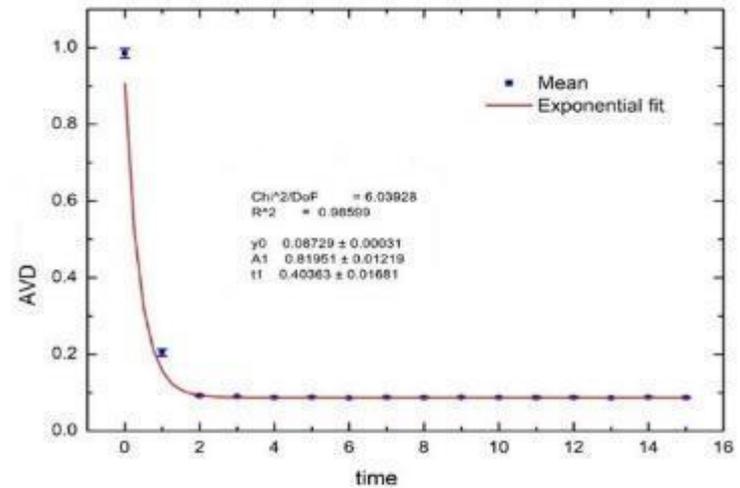
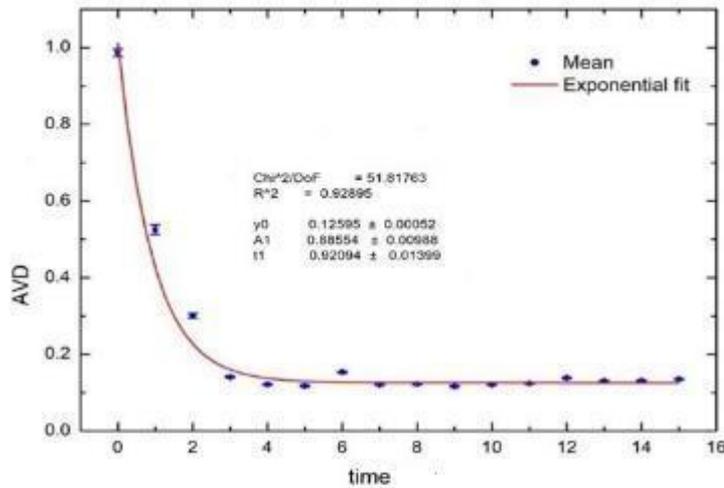
Esquema de la construcción de los THSP y COM utilizando píxeles aleatorios

- En la Figura, es posible ver el THSP creado, en lugar de usar puntos aleatorios en la imagen principal en el ROI (Región de interés) seleccionado.
- Debido a que el conjunto de píxeles para calcular la AVD se elige al azar, se calculó un índice AVD promediando los valores AVD de diez conjuntos de píxeles. Las barras de error que aparecen en las figuras representan las desviaciones estándar de esos valores.
- El índice AVD se utiliza como una medida de la dispersión de la luz que puede asociarse generalmente con la actividad dinámica del patrón. La actividad se atribuye a los numerosos fenómenos presentes durante los procesos de la interacción de las muestras con la temperatura, humedad entre otros.

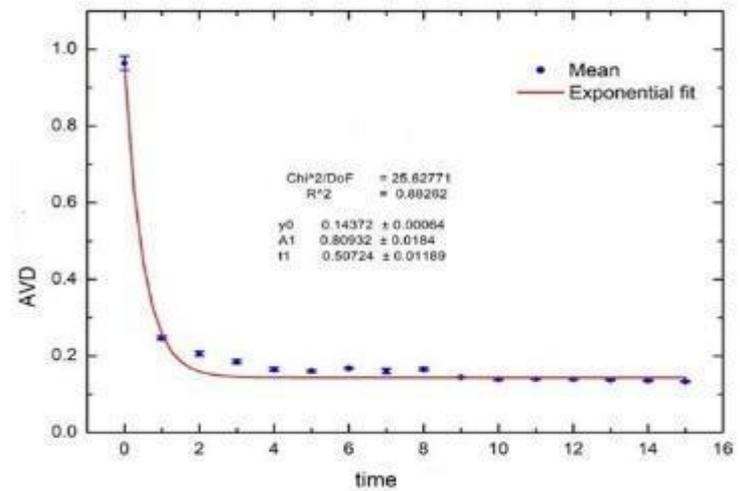
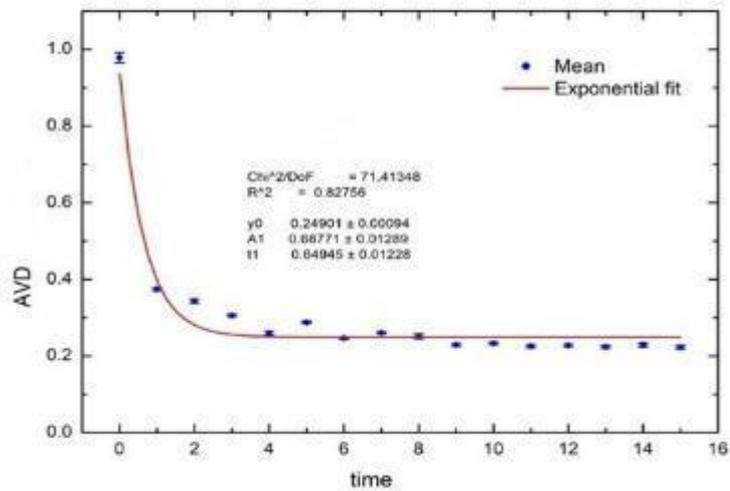
Procesamiento de las imágenes de los patrones



Resultados



Muestras 1



Muestras 2

Resultados

- Lo cual podemos resaltar una función general dada por la exponencial negativa:

$$y = y_0 + A_1 e^{-\left(\frac{x}{t_1}\right)}$$

- Esta es la función propia del ajuste conseguido, y nos brinda el comportamiento que poseen los patrones de speckle completamente desarrollado tal como aparece en la literatura que aparece en la sección bibliográfica.

Justificación

- Proponemos que los Métodos Inspección Óptico, permitirán el uso de tecnología no invasiva, es decir, no se realiza por contacto con la superficie, es totalmente limpia y las muestras dependiendo de su constitución pueden ser reutilizadas.
- De igual forma, en la actualidad casi todos los productos agrícolas en los países desarrollados son comercializados en base a estándares oficiales establecidos por leyes nacionales o internacionales.
- El papel que desempeñan los estándares oficiales es de especial importancia en el caso de productos perecibles como frutas y hortalizas frescas.

Impacto esperado

- Podemos afirmar que los sistemas de inspección de no contacto utilizados en el sector, se están convirtiendo en un campo de investigación activa debido a la variedad de aplicaciones que se pueden desarrollar y a las necesidades actuales de la industria agroalimentaria por mejorar sus estándares de calidad.
- Las nuevas técnicas mejoran la productividad, el control de calidad, y proporcionan ventajas a las empresas que utilizan esta tecnología.
- Estos factores hacen que, hoy en día, se estén incorporando y desarrollando numerosos sistemas, para la solución de problemas tales como el de la calidad en la cosecha, la calidad de la maduración, entre otros.

Beneficiarios

- Realizar investigación aplicada en el sector agroindustrial traerá importantes beneficios a futuro cercano.
- Ya que reemplazar los métodos y los equipos que actualmente son utilizados en el sector, por tecnología no invasiva, y cuya velocidad de procesamiento de la información obtenida sea más rápida, es un nuevo desafío que debe afrontar el sector empresarial panameño para el éxito en la mejora de la calidad de los productos del sector agroalimentario.
- Al final de la segunda fase se pretende desarrollar de un “prototipo” para la inspección en tiempo real en las líneas de producción de la industria alimentaria.

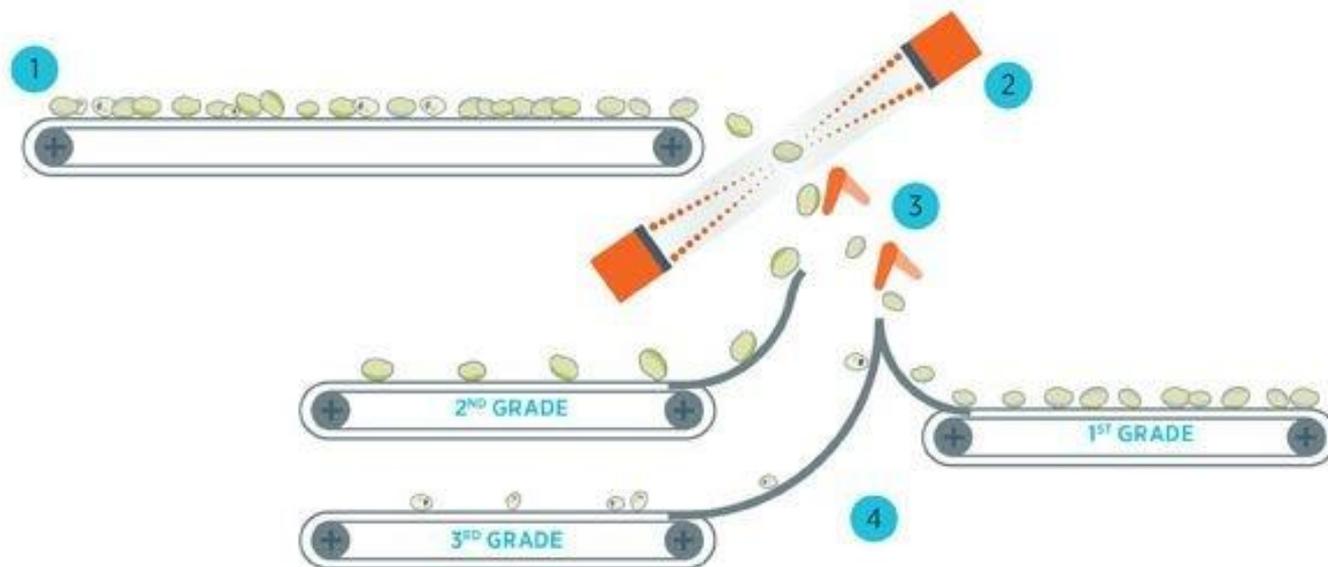
Jornadas de capacitación



Dependencias y recursos



Mirar hacia adelante



- 1 Infeed belt (unsorted)
- 2 Full width LED, CCD camera and NIR sensors (both sides viewed)
- 3 Intelligent finger ejectors
- 4 Separate streams/grade



Muchas Gracias por
su atención