

El Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico  
-CEDAIT- y la Unidad de Innovación invitan a:

Encuentros de innovación para el sector  
agropecuario

**La fotónica como tecnología  
habilitante de la agricultura 4.0**

**Fotónica como  
tecnología  
habilitante de  
la agricultura  
de precisión**

---

Grupo GITA- Línea de Fotónica y  
Comunicaciones ópticas

Jueves 6 de agosto de 2020

10:00 – 11:30 am

Virtuales

Sin costo con previa inscripción

An aerial photograph of a lush green agricultural field. A road with a line of trees runs diagonally across the field. The background shows a line of trees under a clear sky. A small orange horizontal bar is located in the top left corner of the slide.

# Agenda

---

- Introducción
- Iluminación para invernaderos (Prof. Ana Cárdenas)
- Sensado con Imágenes e Inteligencia Artificial (Prof. Jhon J. Granada)
- Sensado con Espectroscopia (Prof. Sully Mejía)
- Materiales en Fotónica (Prof. Juan Diego Zapata)
- Cierre



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería



# Introducción

Prof. Ana Cárdenas



# Contexto

- Entre varias fuentes consultadas, resultan de mucha importancia las siguientes previsiones:
  - Competencia por recursos escasos, presión sobre los ecosistemas.
  - Impactos del cambio climático.
  - La crisis del empleo.
  - Concentración de la población en las urbes.
  - El crecimiento económico se mueve hacia Asia.
  - **Postcovid: "Economía de la vida" (Jacques Attali)**



Imágenes tomadas de internet





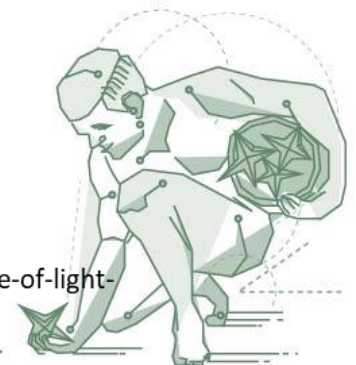
# Retos mundiales respecto a la seguridad alimentaria



Imágenes de Internet

- La agricultura es responsable por el consumo del 70% del agua en escala global.
- Del 24% de emisiones de gas de efecto invernadero, con fuerte degradación ambiental.
- Cerca de una tercera parte de todos los alimentos producidos se desperdicia durante su producción, proceso, distribución o punto de consumo.

<https://www.photonics21.org/download/ppp-services/photonics-downloads/Europes-age-of-light-Photonics-Roadmap-C1.pdf>





# Retos en Antioquia

- 74% de los alimentos que se producen en el Valle de Aburrá no se producen en Antioquia.
- Cadenas de abastecimiento largas que golpean al campesino por el carácter perecedero de su producción.
- 85% de los insumos para alimento animal es importado.
- Reducción en la oferta de agroquímicos, semillas y otros insumos utilizados en los cultivos, que en su mayoría se importan.





# Definición Agricultura de precisión

- La agricultura de precisión, es un concepto **moderno de gestión agrícola utilizando técnicas digitales** para monitorear y optimizar los procesos de producción agrícola:
  - El objetivo es ahorrar costos, reducir impacto ambiental y producir más y mejores alimentos.
  - Los métodos de AP dependen principalmente **de una combinación de nuevas tecnologías de sensores, navegación por satélite y tecnología de posicionamiento, e Internet de las cosas.**

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf)



## Fotónica: Algunos conceptos previos

---

- La Fotónica es la ciencia de la generación, control y detección de fotones.

- La Fotónica tiene un mercado global que creció de €228.000 millones en 2005 a €447.000 millones en 2015 y se espera crezca a €615.000 millones in 2020. Provee empleo directo a 300,000 personas en Europa.

$$E = hc/\lambda$$





# Fotónica en la agricultura de precisión



## Iluminación artificial

La luz controlada nos permite interferir en el proceso de crecimiento de las plantas.



Imágenes tomadas de internet

## Sensores

Gracias al LASER y dispositivos fotónicos podemos construir sensores cada vez más eficientes para detectar magnitudes físicas y/o químicas.



## Nuevos materiales

Gracias a la fotónica se logra capturar y utilizar la energía del Sol.



# Aportes de la fotónica a la agricultura de precisión

Urge la transformación digital en toda la cadena. La fotónica puede participar en esta transformación.



## CULTIVO Y COSECHA

- Desarrollo de sistema de sensores para monitoreo de humedad y nutrientes en suelos
- Desarrollo de sistemas de iluminación para mejorar el crecimiento de plantas
- Desarrollo de sistema para detección y control de plagas
- Diseño de sistemas adaptables a maquinaria para cosecha.
- Desarrollo de sistema de control de cosecha a partir de características como tamaño y color de frutos



## CADENA DE SUMINISTRO

- Desarrollo de sistema de chequeo en dispositivo móvil de características de alimentos para consumidor final
- Diseño de sensores para detección de elementos contaminantes en alimentos en su etapa de distribución.
- Diseño de etiquetas inteligentes, para control de degradación de alimentos.



## TRANSFORMACIÓN

- Diseño de sistemas adaptables a maquinaria para selección de producto y procesamiento de alimentos.
- Asesoría en dispositivos y equipos para certificación de alimentos, tanto para consumo interno como para mercado internacional.





UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería



# Iluminación para control de crecimiento de plantas

Prof. Ana Cárdenas



A vertical farming system with multiple levels of plants. The top level shows green leafy plants under blue light. The bottom level shows red plants under red light. The system is supported by a metal frame with various pipes and components.

Cómo encarar la producción de alimentos de forma sostenible?

AGRICULTURA VERTICAL



# Gestión del Crecimiento de Plantas



temperature  
control



CO<sub>2</sub>  
control



relative  
humidity



lighting  
solution



fertilization



plant  
protection



irrigation

Tomado de EPIC 2020: Sanlight Solutions.

- Diversos factores afectan el crecimiento de las plantas
- Una adecuada medición y control de estas variables apuntan a una mayor productividad de los cultivos



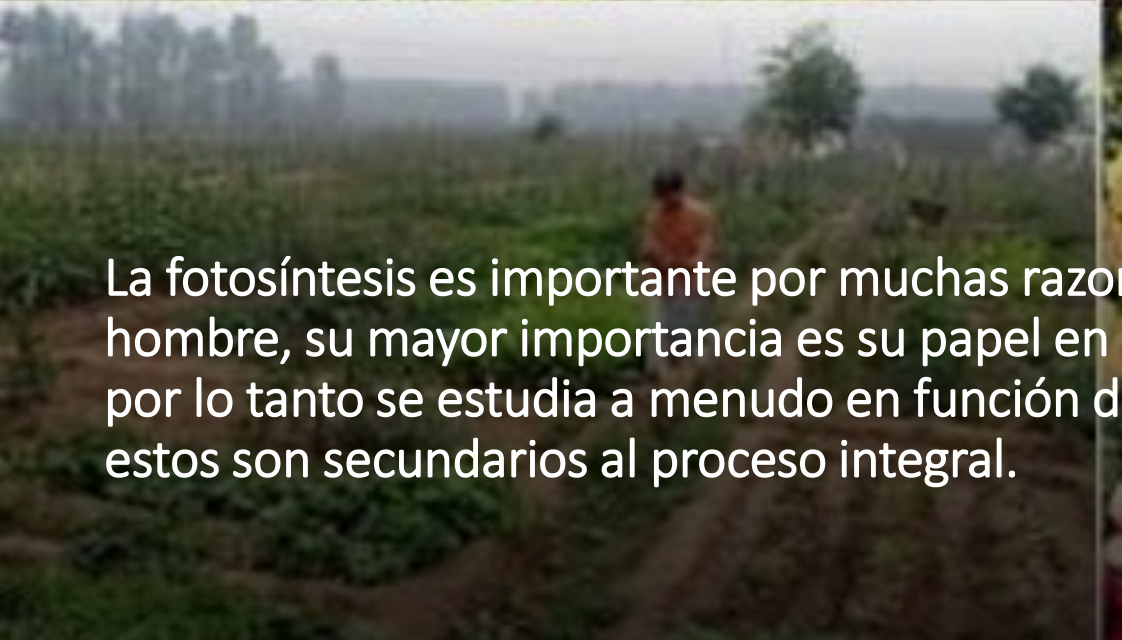


# FOTOSINTESIS

Conjunto de procesos metabólicos que ocurren como resultado directo de la absorción de luz en el aparato fotosintético vegetal.

Básicamente, la fotosíntesis es la absorción de energía lumínica y su conversión en potencial químico estable por la síntesis de compuestos orgánicos.

---



La fotosíntesis es importante por muchas razones. Desde el punto de vista del hombre, su mayor importancia es su papel en la producción de alimento y oxígeno; por lo tanto se estudia a menudo en función de sus productos finales. Sin embargo, estos son secundarios al proceso integral.

**Lo importante es el hecho de atrapar y transformar energía lumínica en química.**

# Espectro de absorción de los pigmentos



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

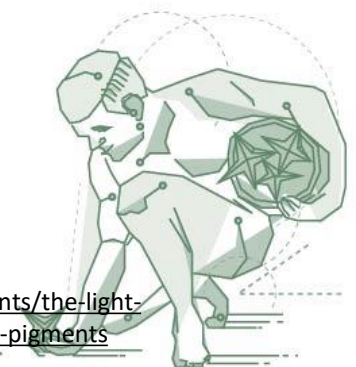
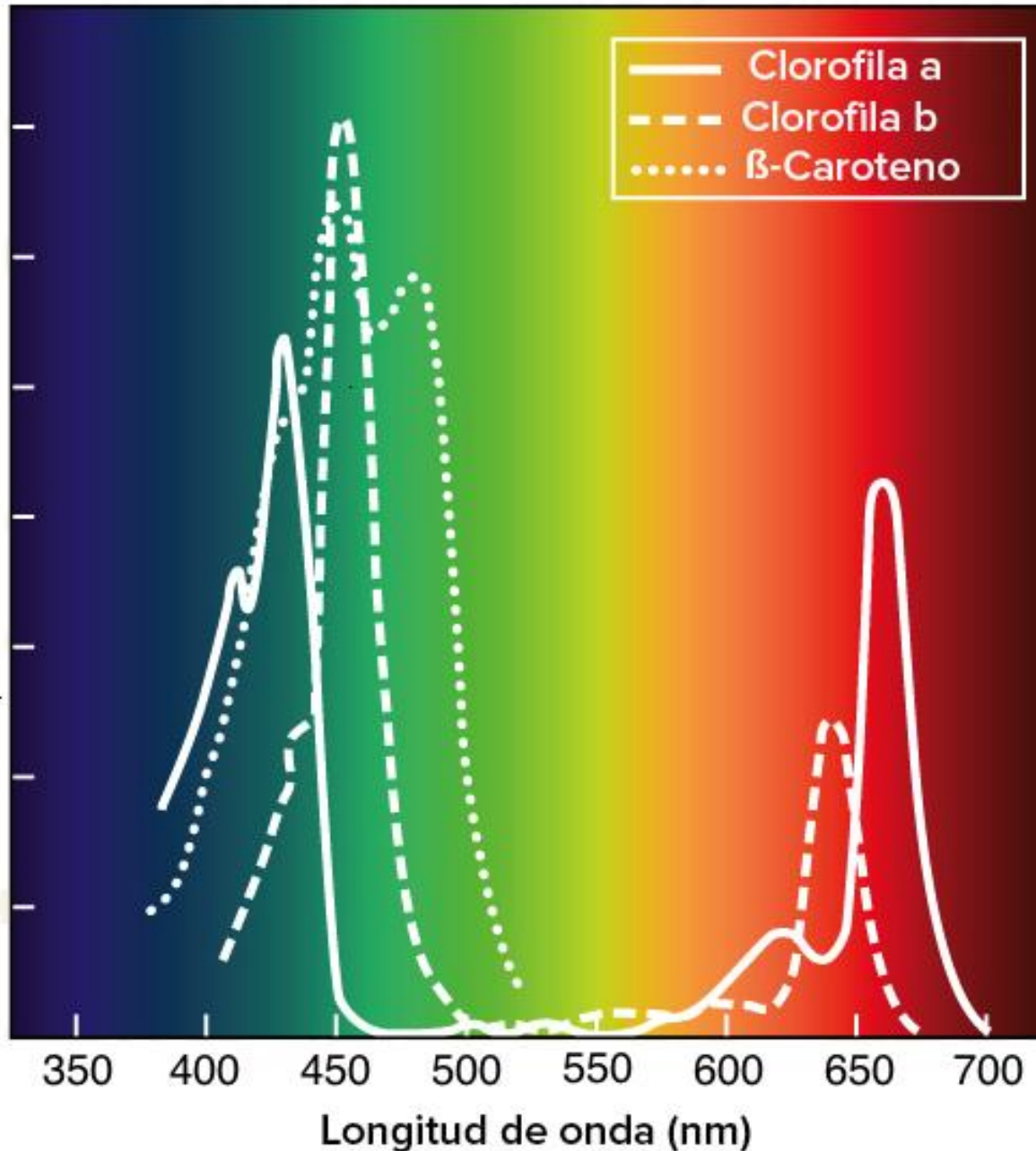
Facultad de Ingeniería



## Fotosíntesis

- La planta realiza la fotosíntesis en un rango entre 400 y 700 nm-PAR - rango de radiación fotosintéticamente activa.
- La clorofila es la responsable por absorber la energía en este rango de longitudes de onda. Tiene dos puntos críticos de absorción: rojo y azul.

Absorción de luz



<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>



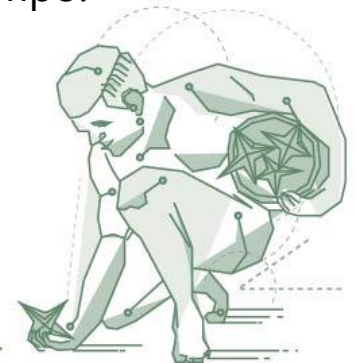


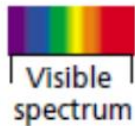
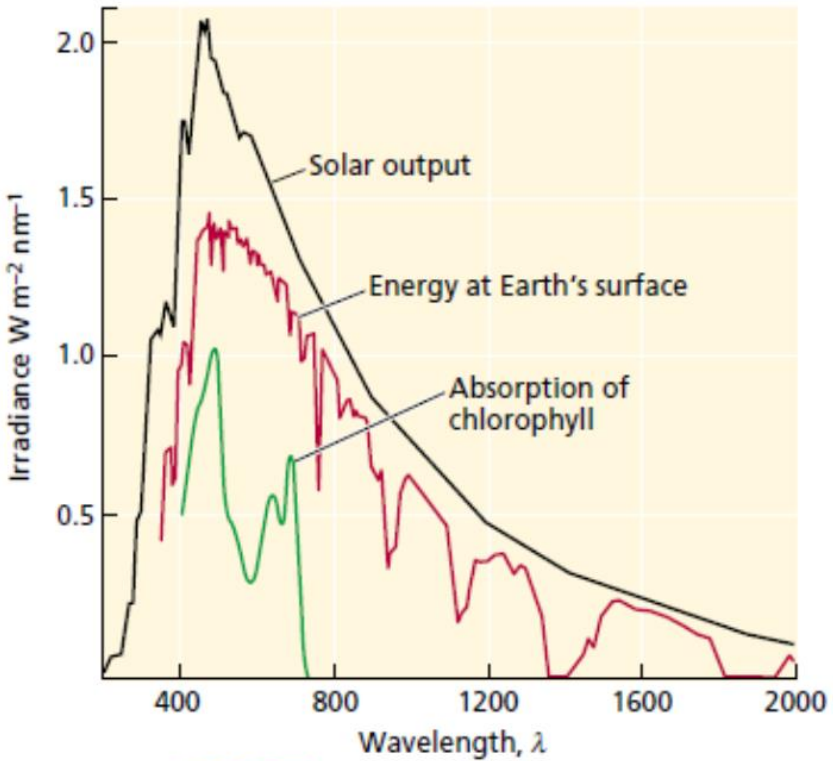
Imágenes tomadas de internet

**LA LUZ** puede ser manipulada con el fin de obtener mayores rendimientos en cuanto al **follaje, número de brotes, botones y/o acortamiento del ciclo de producción.**

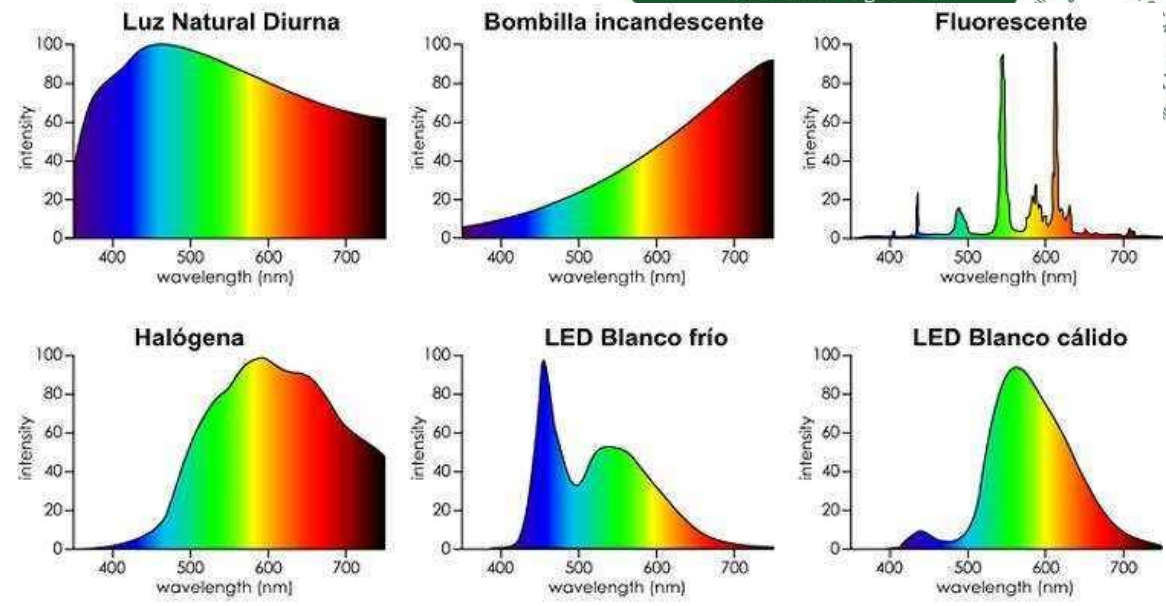
Tres principios de la luz que afectan el crecimiento de las plantas:

- **Calidad.** Color o suma de colores que componen la luz que irradia a las plantas.
- **Duración.** Foto-período. Número de horas de luz continua que recibe una planta en un periodo de 24 horas. Es decir el número de horas de luz solar. Puede ser modificado si se usan luces artificiales.
- **Cantidad.** Número de fotones capaces de disparar la actividad fotosintética en la superficie foliar de una planta. Esto se evalúa en un periodo de tiempo.





Taiz, L. and Zeiger, E. (2002). Plant Physiology. 3rd Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 623 p



<https://jardineriaplantasyflores.com/wp-content/uploads/2016/02/espectro-de-los-diferentes-tipos-de-luces.jpg>

# Tipos de lámparas



# Fotosíntesis



Imágenes tomadas de internet

- El azul (entre 400 y 500 nm), energía para el crecimiento vegetativo, tras germinar y hasta la floración.
- El rojo (entre 600 y 700 nm). Regula el florecimiento y producción de frutos. Ayuda a aumentar el diámetro del tallo y estimula la ramificación.
- El verde no es absorbido eficientemente por la planta y de ahí que sea el color que reflejan.



# Iluminación Artificial

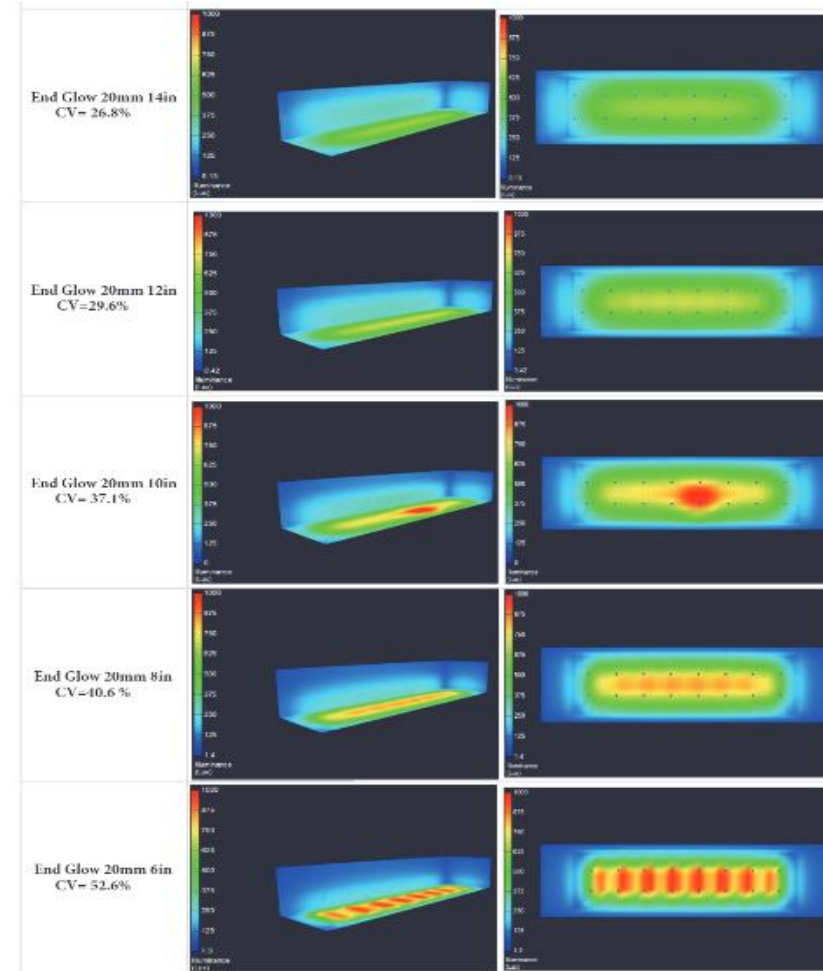
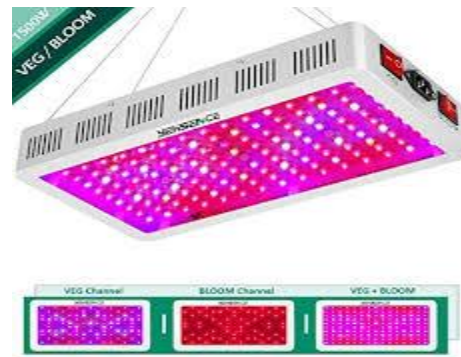
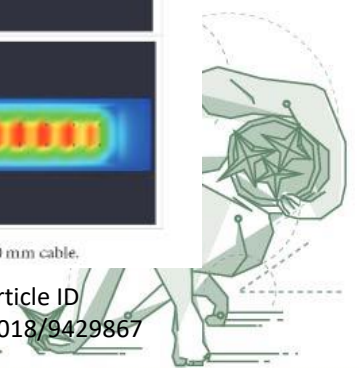
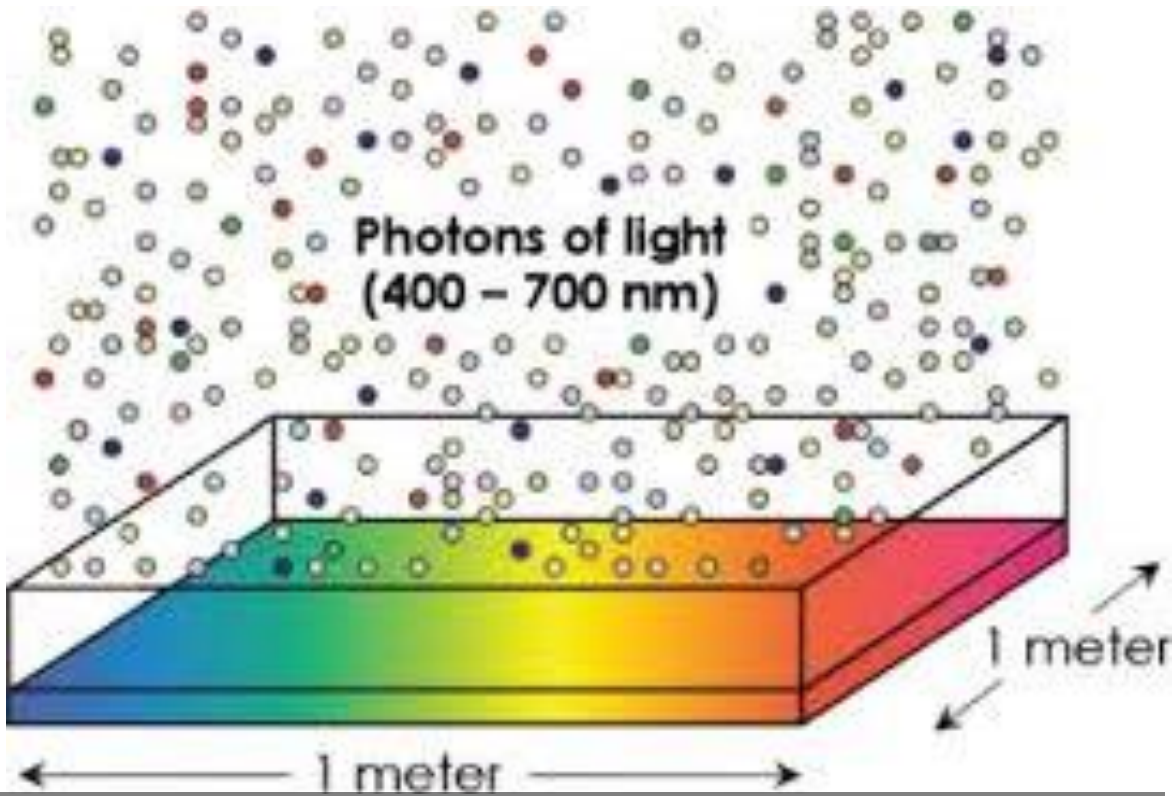


FIGURE 3: Results for the light distribution simulation for the end glow model 20 mm cable.

Imágenes tomadas de internet





Cada planta tiene sus propios requerimientos



<https://www.purdue.edu/hla/sites/cea/wp-content/uploads/sites/15/2017/04/Lettuce-DLI.png>

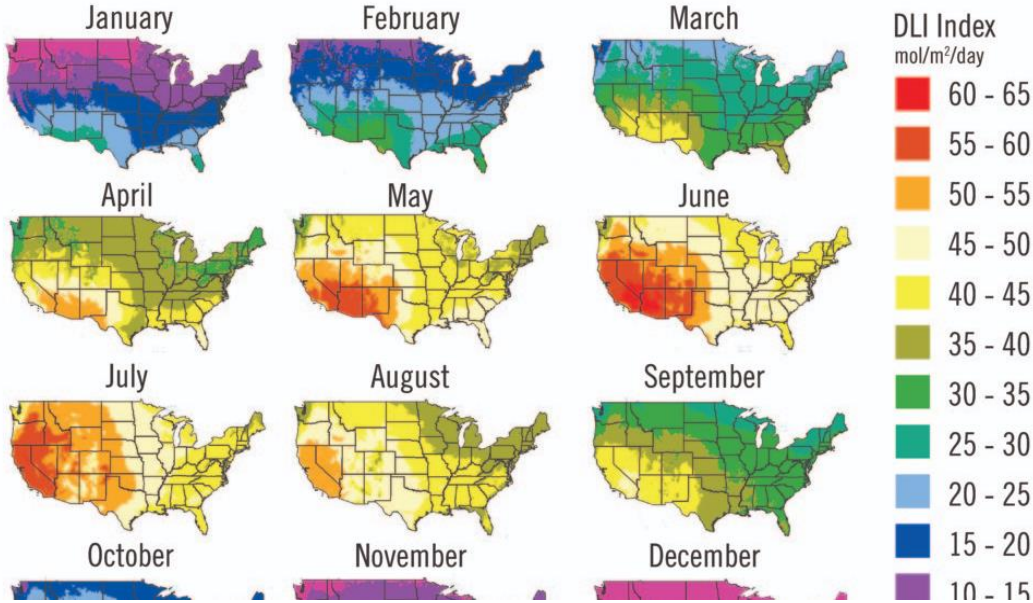
## DLI-Daily Light Integral

- Número de fotones activos fotosintéticos, en un rango de 400-700 nm. En un período de 24 horas.

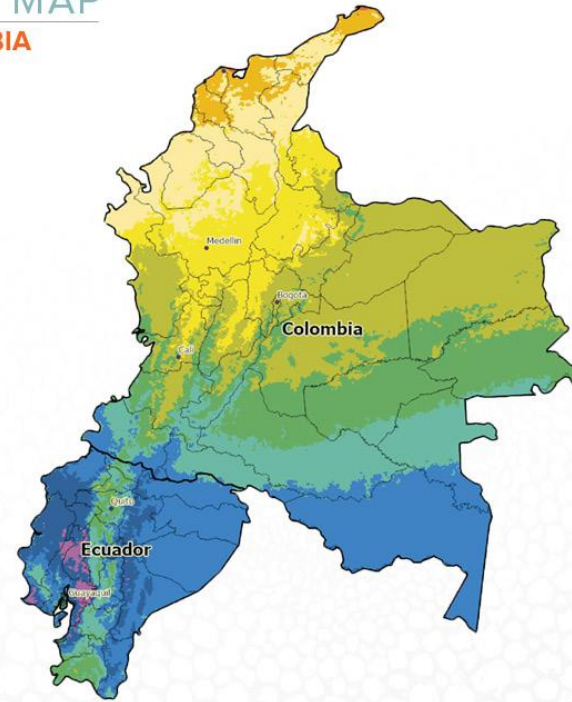


by James Faust and Joanne Logan

Daily Light Integral (DLI) represents the total photosynthetically active radiation accumulated over one day. Since plants are accumulators of solar radiation, this measurement is extremely useful for describing solar radiation as it affects plant growth. DLI has become a familiar measurement for plant scientists and commercial growers.



## ANNUAL DLI MAP ECUADOR/COLOMBIA



FLUENCE



## MAPAS DLI

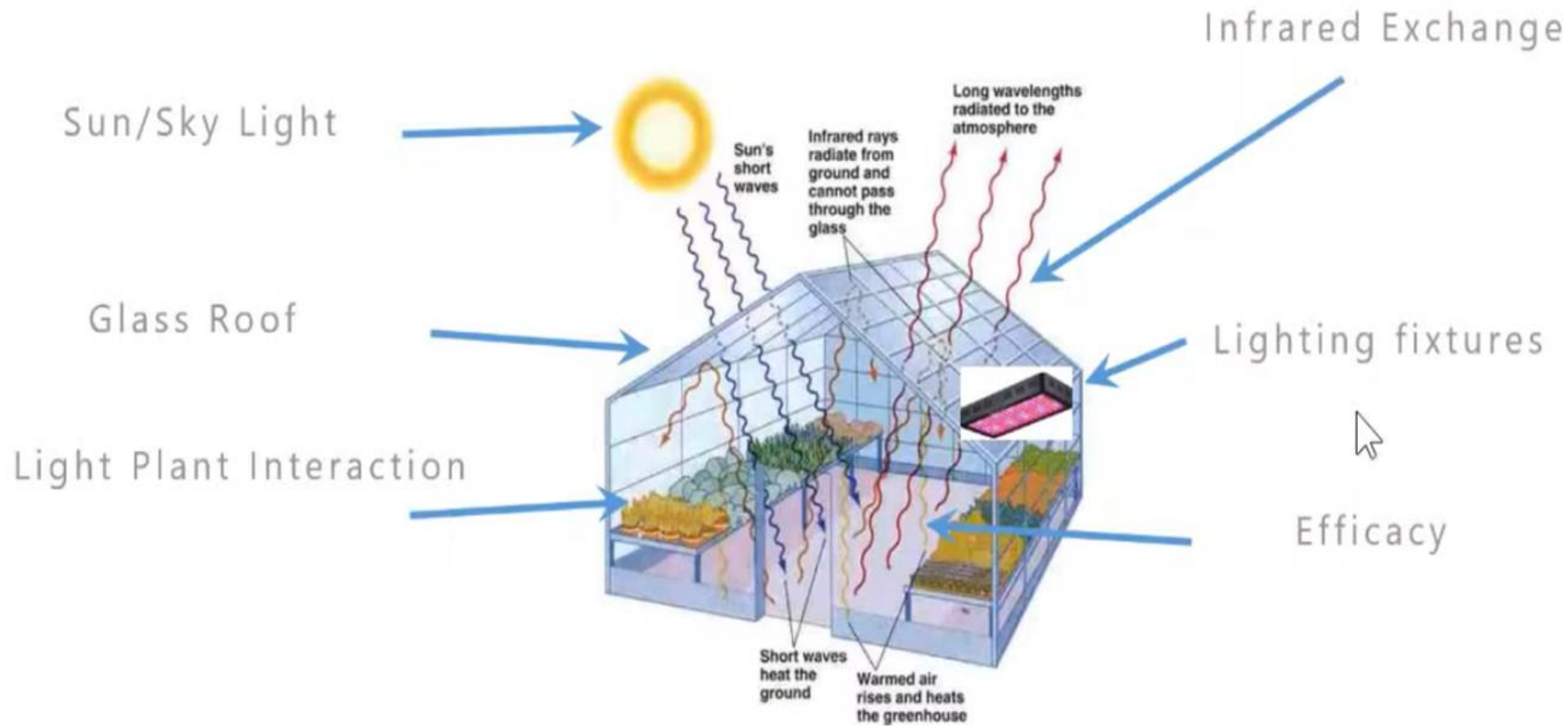
FIGURE 1

$$DLI = \frac{PPFD \text{ (X } \mu\text{mol/m}^2\text{/s)} \times 60 \text{ MINUTES/HOUR} \times 60 \text{ SECONDS/MINUTE} \times \text{PHOTOPERIOD (Hours)}}{1,000,000 \mu\text{mol/mol}}$$

PPFD(Photosynthetic Photon Flux Density) CON ESTA MEDIDA SE CULTIVA: son los PPF que caen sobre una planta en un área determinada.

PPF o flujo de fotones fotosintéticos es la medida que se utiliza para medir la cantidad de luz PAR que emite una lámpara por segundo. Se mide en micromoles por segundo (umol/s)





# Distintos factores modifican la radiación en invernaderos

Tomado de EPIC 2020: Light Tec.



# Áreas por trabajar

- Diseño de radiación para cultivos verticales e invernaderos.
- Combinación luz natural y radiación artificial para lograr balance calidad del alimento/consumo energético.

## Propósito

- Mayor éxito en germinación de semillas.
- Mayor productividad, al tener crecimiento más acelerado.
- Mejor calidad nutricional, conservando características organolépticas.







UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería



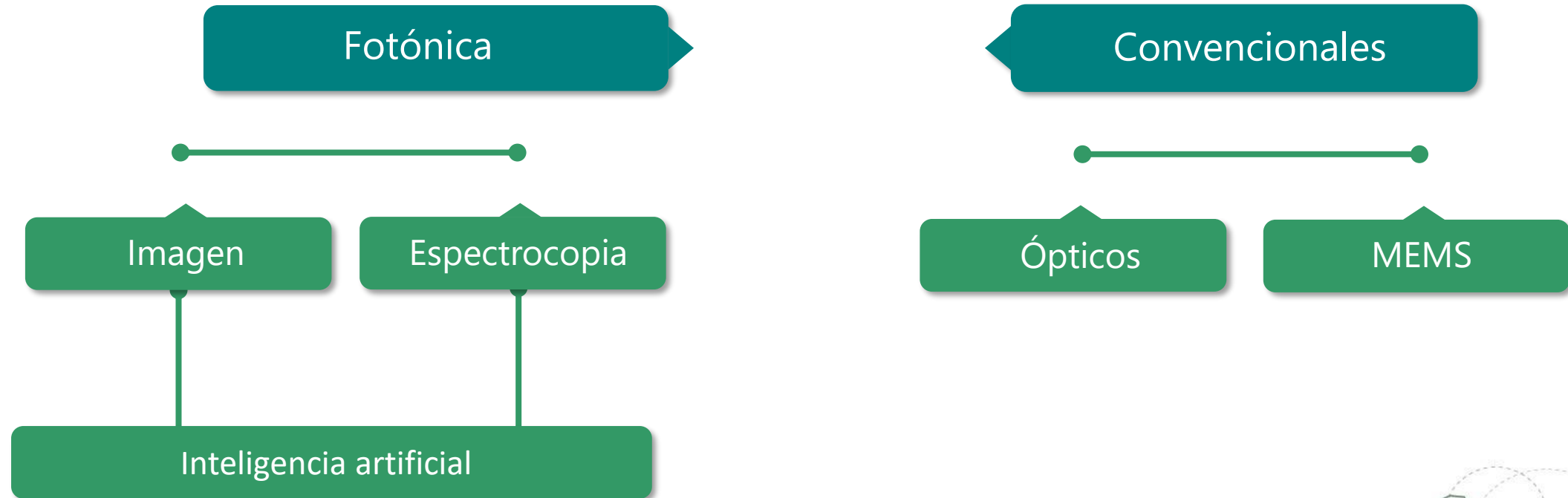
# Sensado en Agricultura: Imágenes e Inteligencia Artificial

Prof. Jhon J. Granada Torres



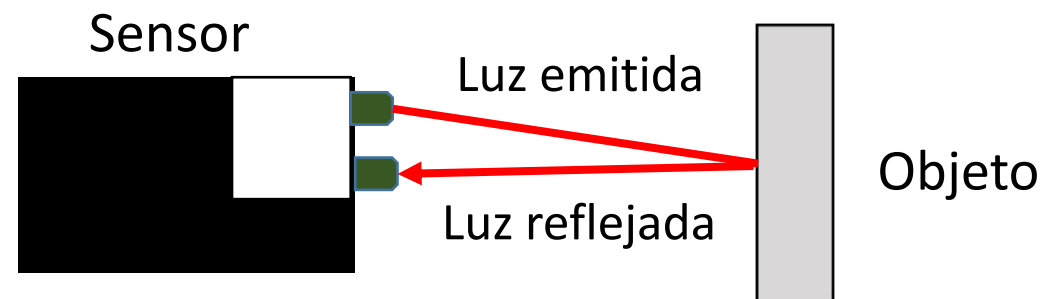


# Sensores en Agricultura



# Sensores en Agricultura

**Funcionamiento:** se genera una señal óptica guiada.... cuando una magnitud, como la presión, temperatura, flujo, etc. se aplica al sensor, los parámetros fundamentales de la luz, tales como la intensidad o longitud de onda, se modifican\*





# Sensores en Agricultura

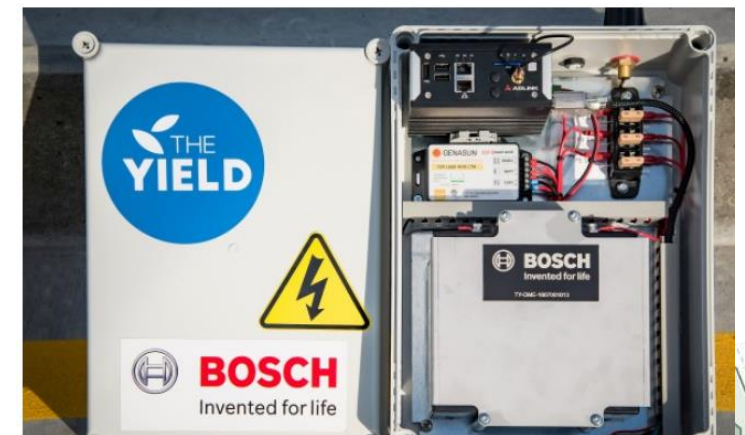
Sensores convencionales opto-mecánicos:

- Temperatura, distancias, PH, salinidad, presión atmosférica, profundidad
  - Inmunes a la interferencia electromagnética
  - Peso ligero
  - Alta resolución
  - Multiplexación de señales en la misma red de sensores



# Sensores en Agricultura

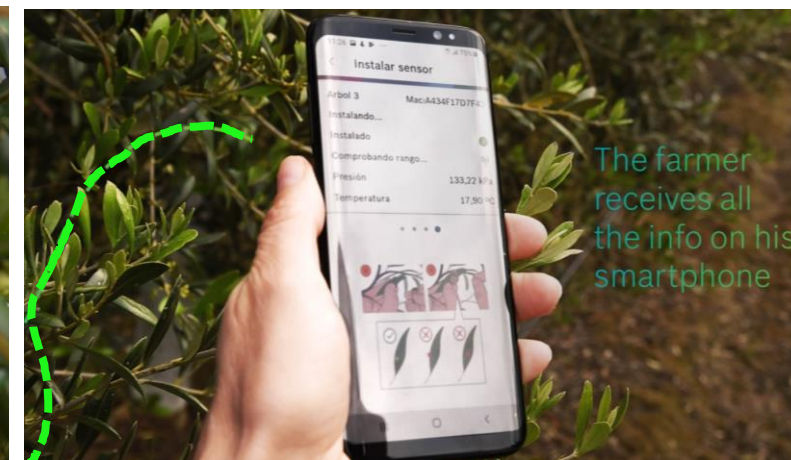
- Ejemplo: Cultivo de Ostras
  - Mejor época y condiciones climáticas para el cultivo, evitando contaminación





# Sensores en Agricultura

- Ejemplo de Sistema de irrigación



Plantación de 40.000 arboles de olive en Sevilla – Reducción de consumo de agua de 20%

30





# Sensado con Imágenes e Inteligencia Artificial



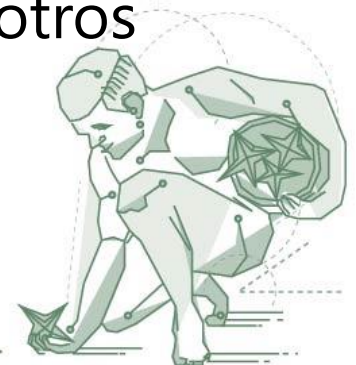
<https://www.cocopot.es/img/cms/articulos/enfermedades%20causadas%20por%20hongos%201.jpg>



<https://agriculturers.com/wp-content/uploads/2015/07/homemade-organic-pesticides.jpg>



Factores: enfermedades, hongos, bichos, pesticidas, crecimiento, entre otros



# Sensado con Imágenes e Inteligencia Artificial

- Control de plagas y enfermedades por reconocimiento de patrones



Adquisición de las imágenes

01



Dataset/Etiquetado

02



Pre-procesamiento Imágenes

03



Extracción de características

04



Clasificación

05



Aprendizaje Automático  
(Machine Learning)

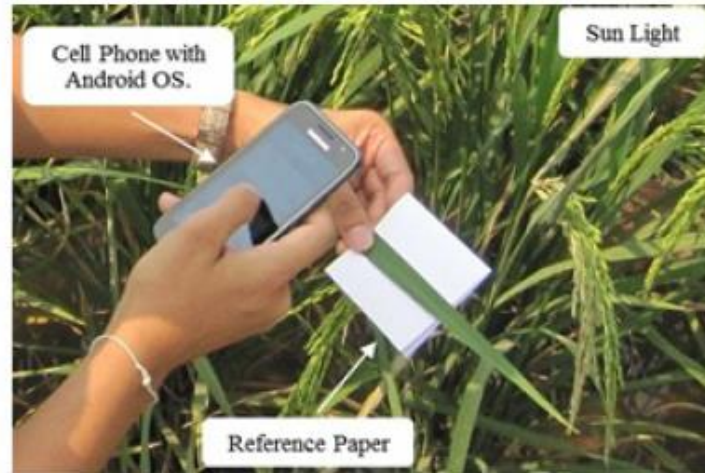




# Sensado con Imágenes e Inteligencia Artificial

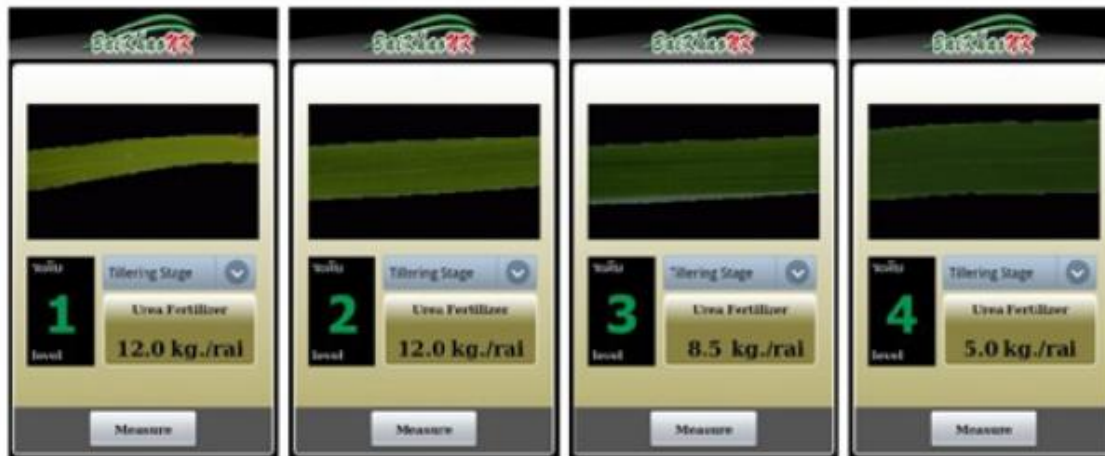


Análisis de la hoja de arroz



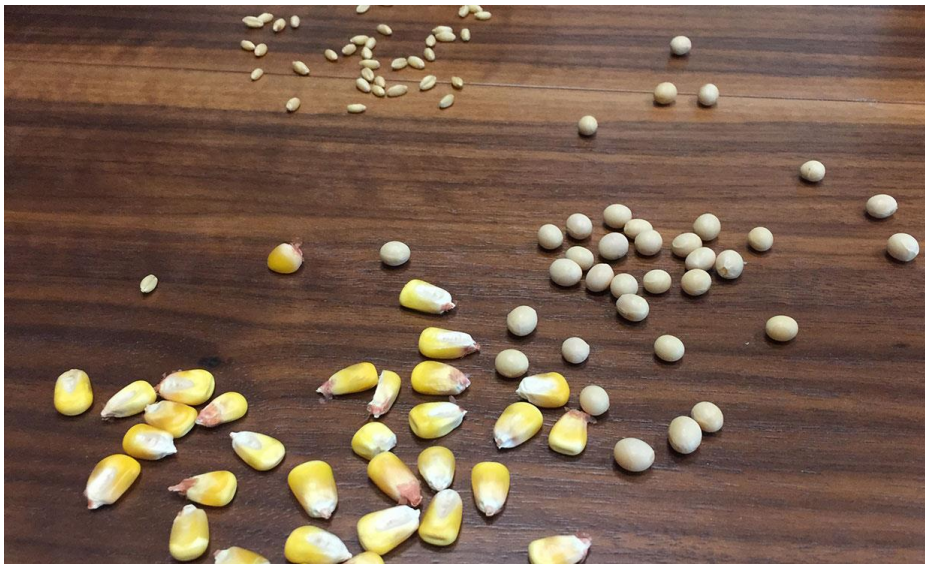
App para análisis de hojas enfocado en:

- Detección de anomalías
- Análisis de crecimiento



# Sensado con Imágenes e Inteligencia Artificial

- Un problema realmente desafiante para el aprendizaje automático (*Machine Learning*)? ¡Agricultura!: John Deere Labs\*



*Un algoritmo detecta el tipo de maíz en una región de Illinois...*

*Una milla más lejana se cultiva un maíz híbrido de un tono amarillento un poco diferente...*

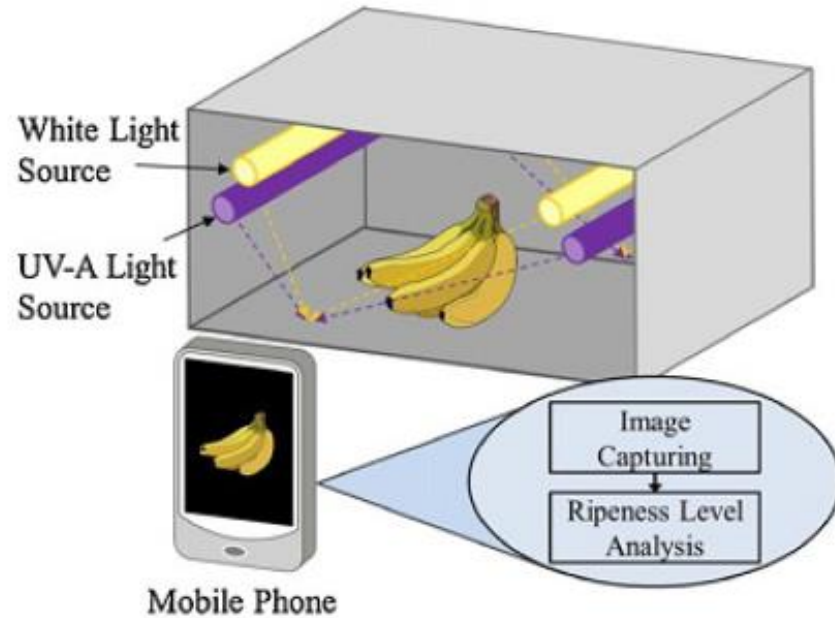
*Días después se cultiva el mismo maíz híbrido a 5 millas de distancia pero ya luce diferente...*

*“Es un reto de clasificación abrumador, y solo para el maíz, imaginémosnos otros granos....”*

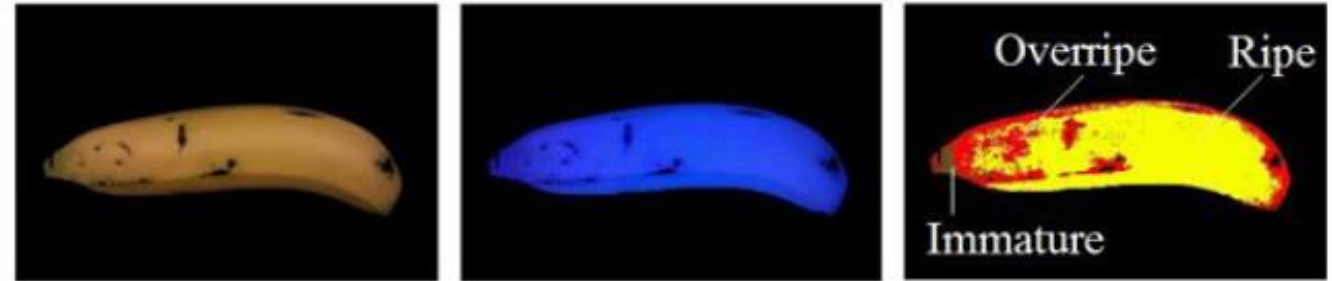


# Imágenes + Luz Artificial + Inteligencia Artificial

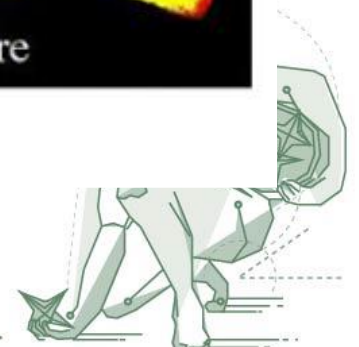
- Desarrollar caja de iluminación para ubicación de los productos posterior a su recolección
- Aplicación con Inteligencia Artificial para móvil, para detección de anomalías y/o clasificación



(a)



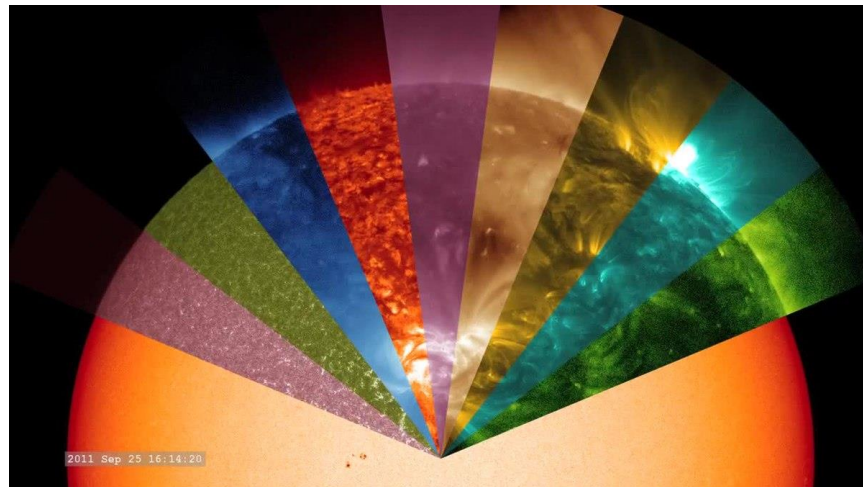
(b)



# Imágenes Multiespectrales



<https://mundogeo.com/wp-content/uploads/2018/03/micasense.jpg>



Valores de longitudes de onda típicas:

- Azul (475 nm BW: 20 nm),
- Verde (560 nm BW: 20 nm)
- Rojo (668 nm centro, BW: 10 nm)
- Borde rojo (717 nm BW:10 nm)
- Infrarrojo cercano (840 nm BW:40 nm)

\*BW= ancho de banda





# Imágenes Multiespectrales

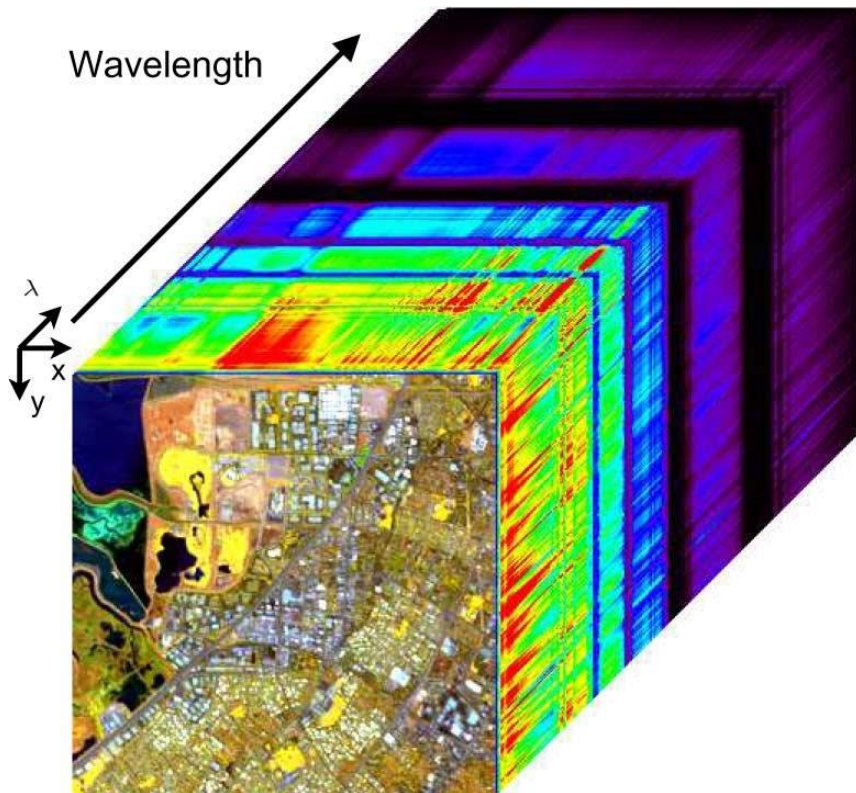


NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada,

\*Estimación de la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja



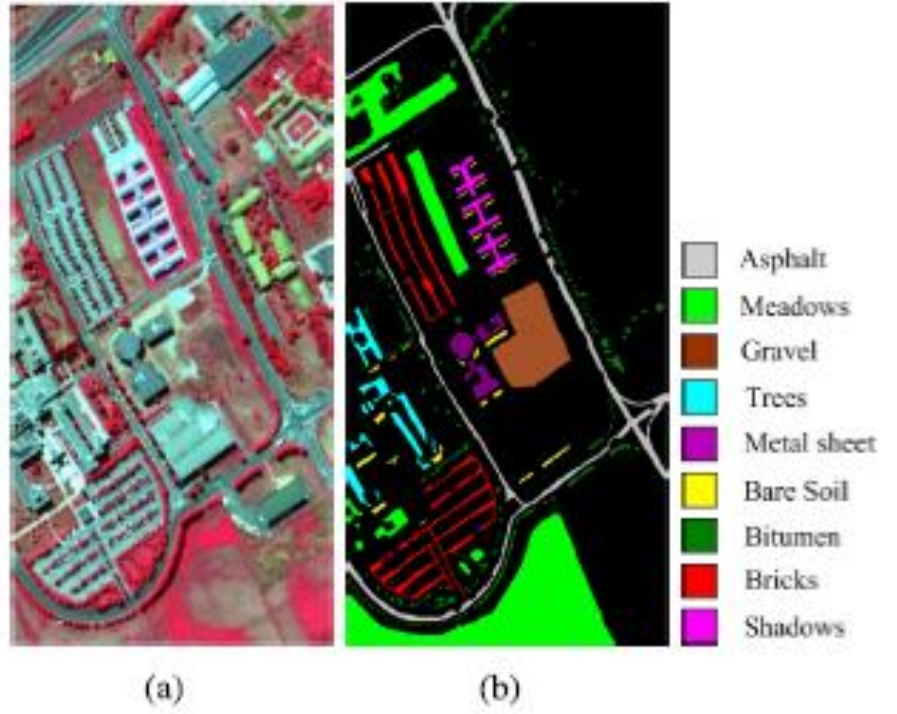
# Imágenes Hiperespectrales



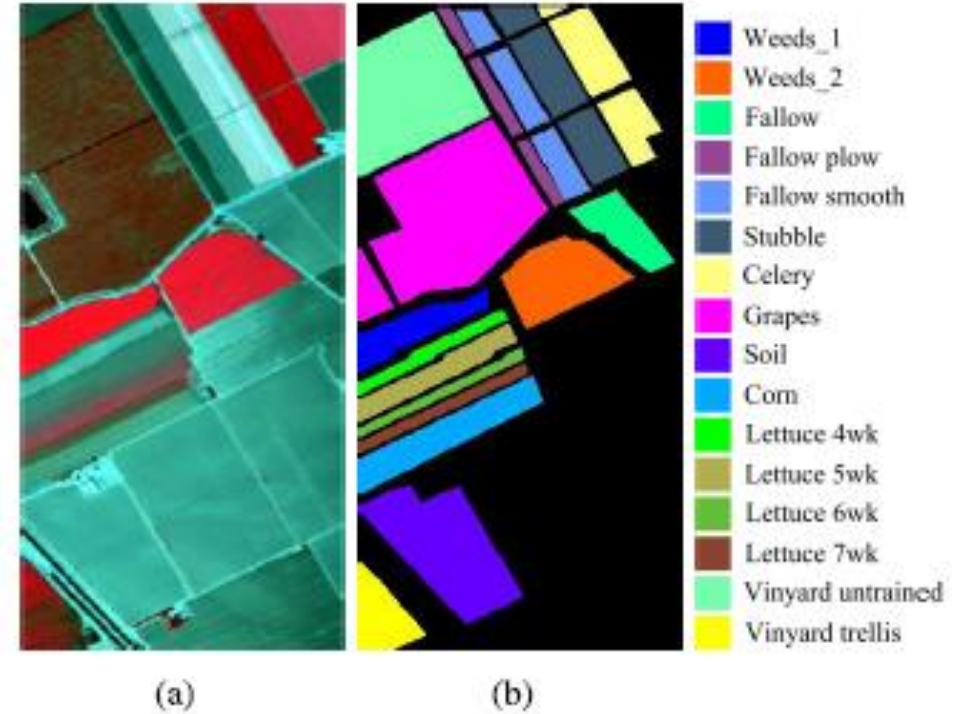
- Técnica importante en sensado remoto
  - Rango espectral entre el visible y el infrarrojo cercano
- Cada pixel puede ser visto como un vector multidimensional cuyas entradas corresponden al espectro de reflectancia en una longitud de onda específica



# Imágenes Hiperespectrales + Inteligencia Artificial



University of Pavia data set.  
(a) Three-band false color composite. (b) Ground reference data and color code.



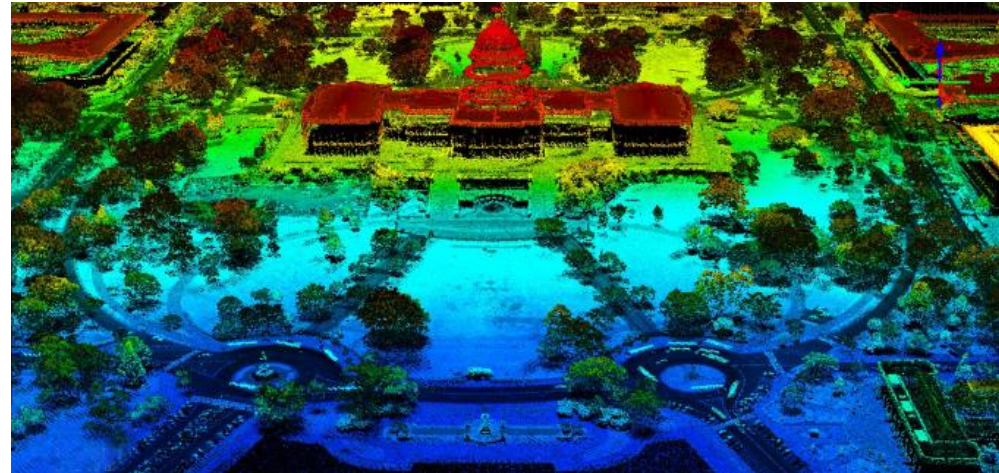
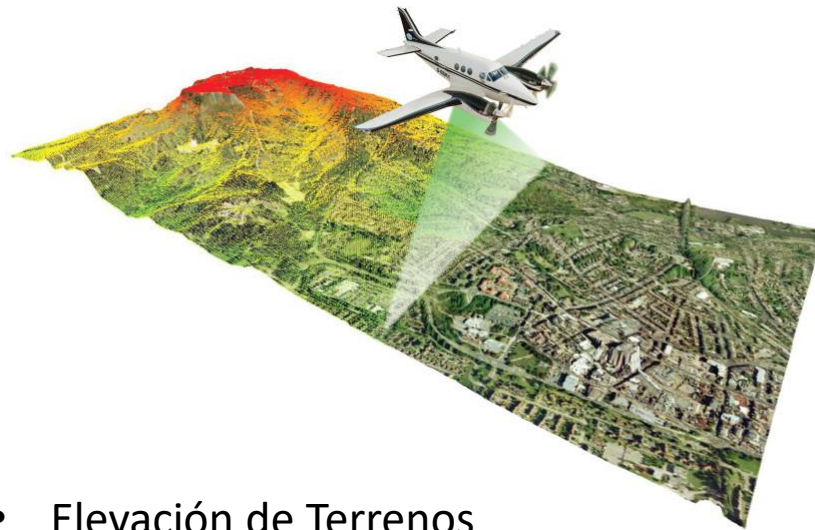
Salinas data set.  
(a) Three-band false color composite. (b) Ground reference data and color code.



S. Li, W. Song, L. Fang, Y. Chen, P. Ghamisi and J. A. Benediktsson, "Deep Learning for Hyperspectral Image Classification: An Overview," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 57, no. 9, pp. 6690-6709, Sept. 2019.

# Sensado Remoto usando LIDAR

- LIDAR (*Light Detection and Ranging* or *Laser Imaging Detection and Ranging*)

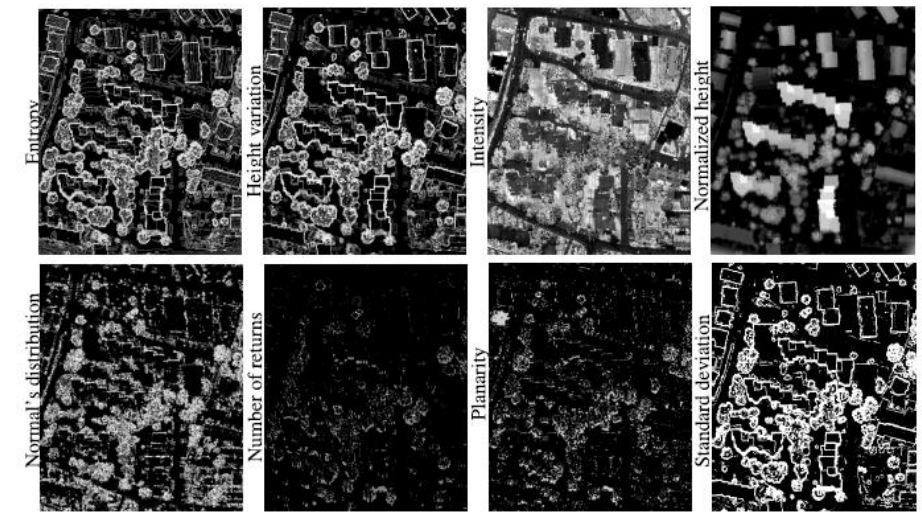
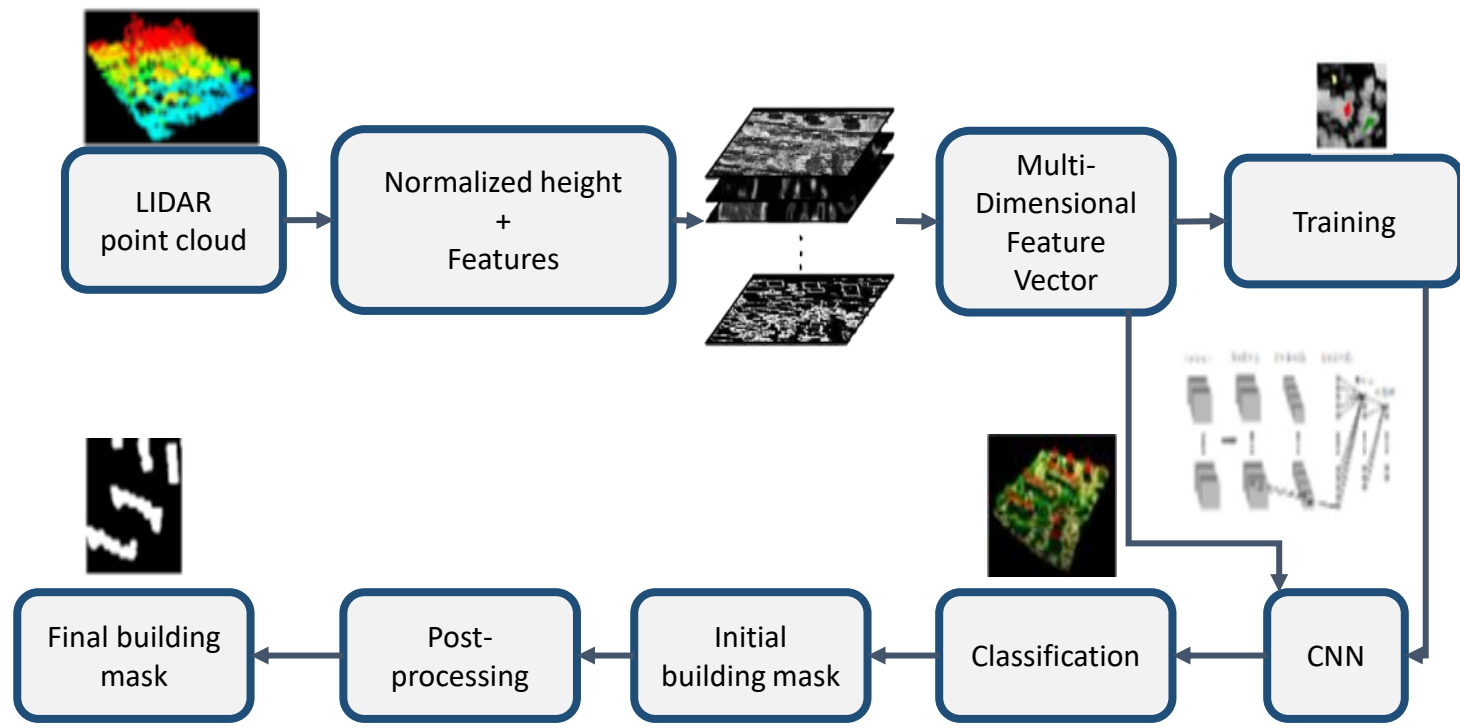


- Elevación de Terrenos
- Exploración de cultivos
- Dispersión de semillas
- Objetivos militares
- Oceanografía



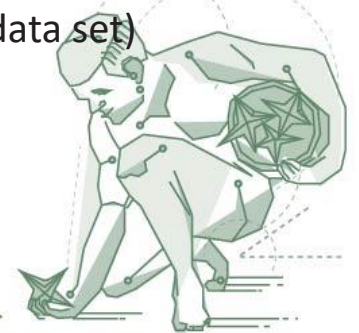


# Imágenes Hiperespectrales usando LIDAR + Inteligencia Artificial

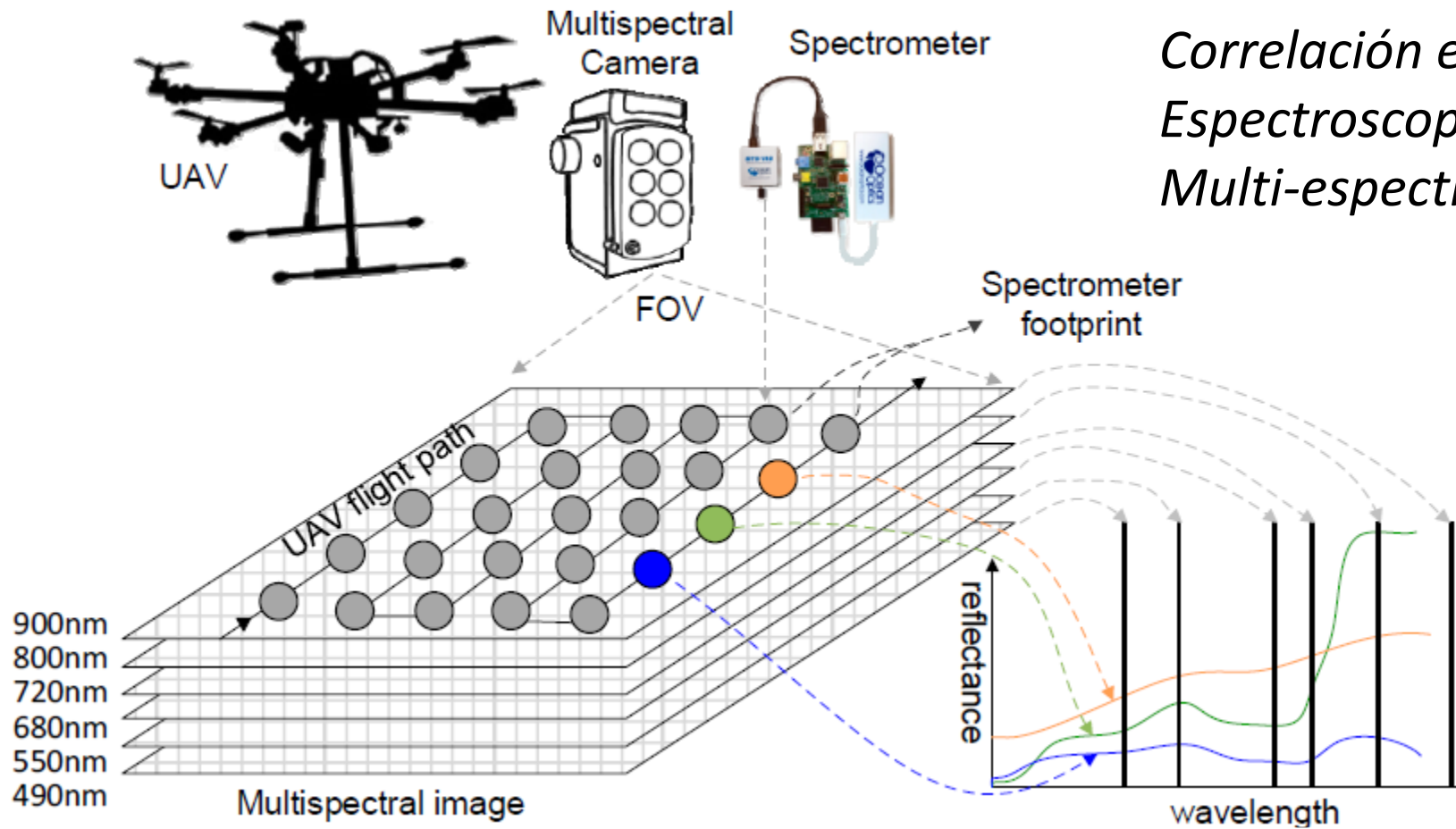


Visualization of the selected features (Area 2 of the Vaihingen data set)

Aprendizaje Profundo (Deep Learning)



# Espectroscopía + Imágenes Multiespectrales



*Correlación entre Espectroscopía e Imágenes Multi-espectrales*





UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería



# Espectroscopia

Prof. Sully Mejia



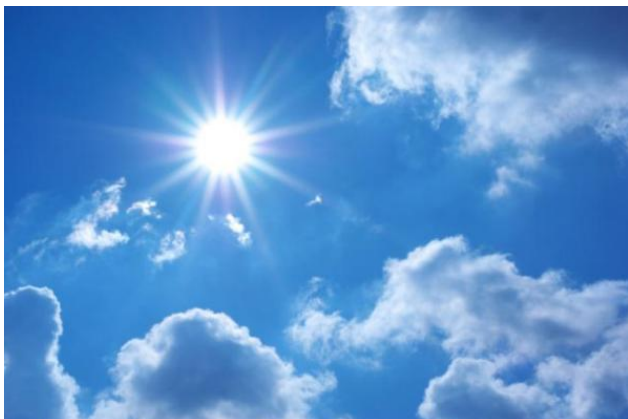
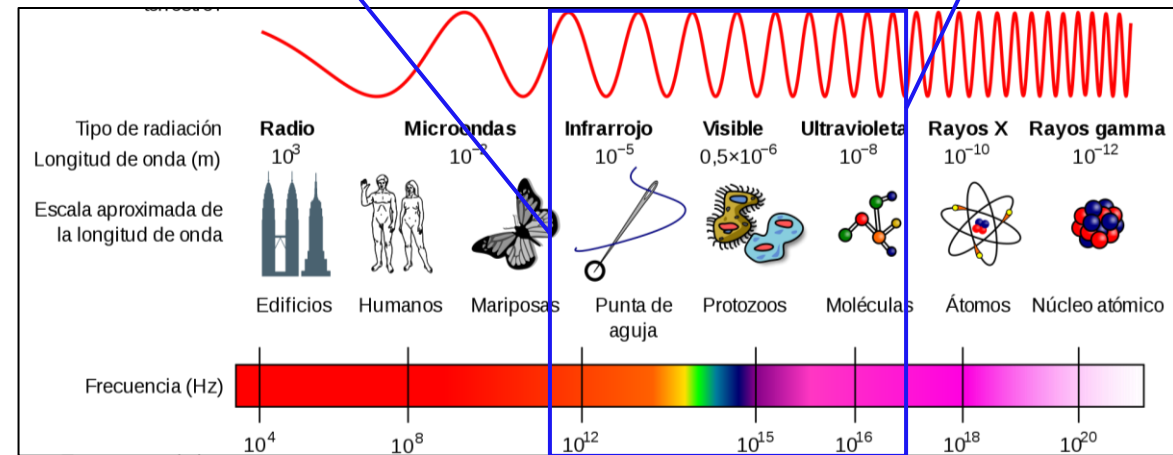
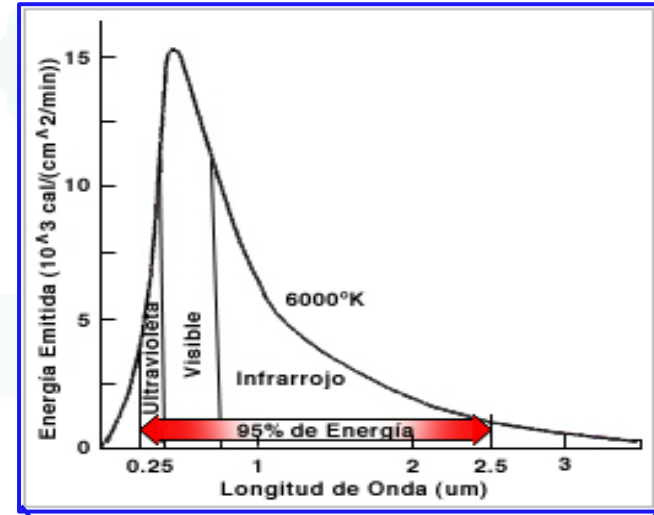
# Sensores + Agricultura

Fotónica

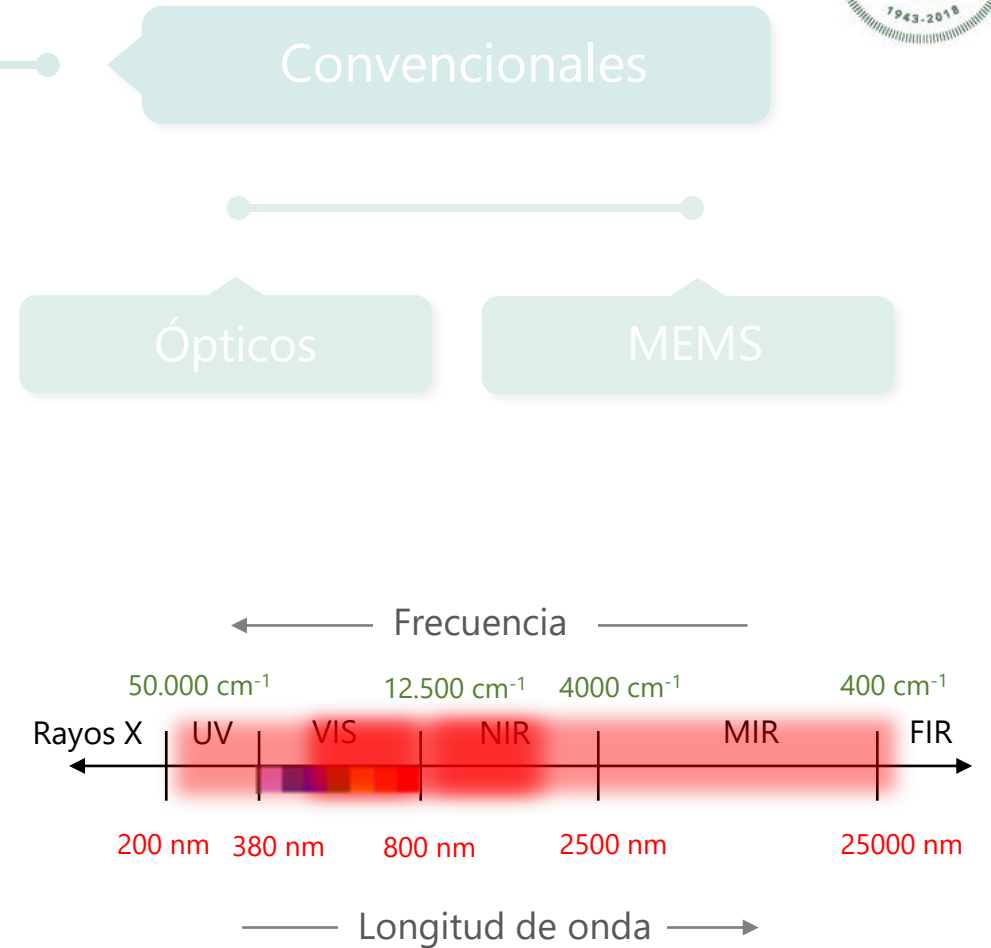
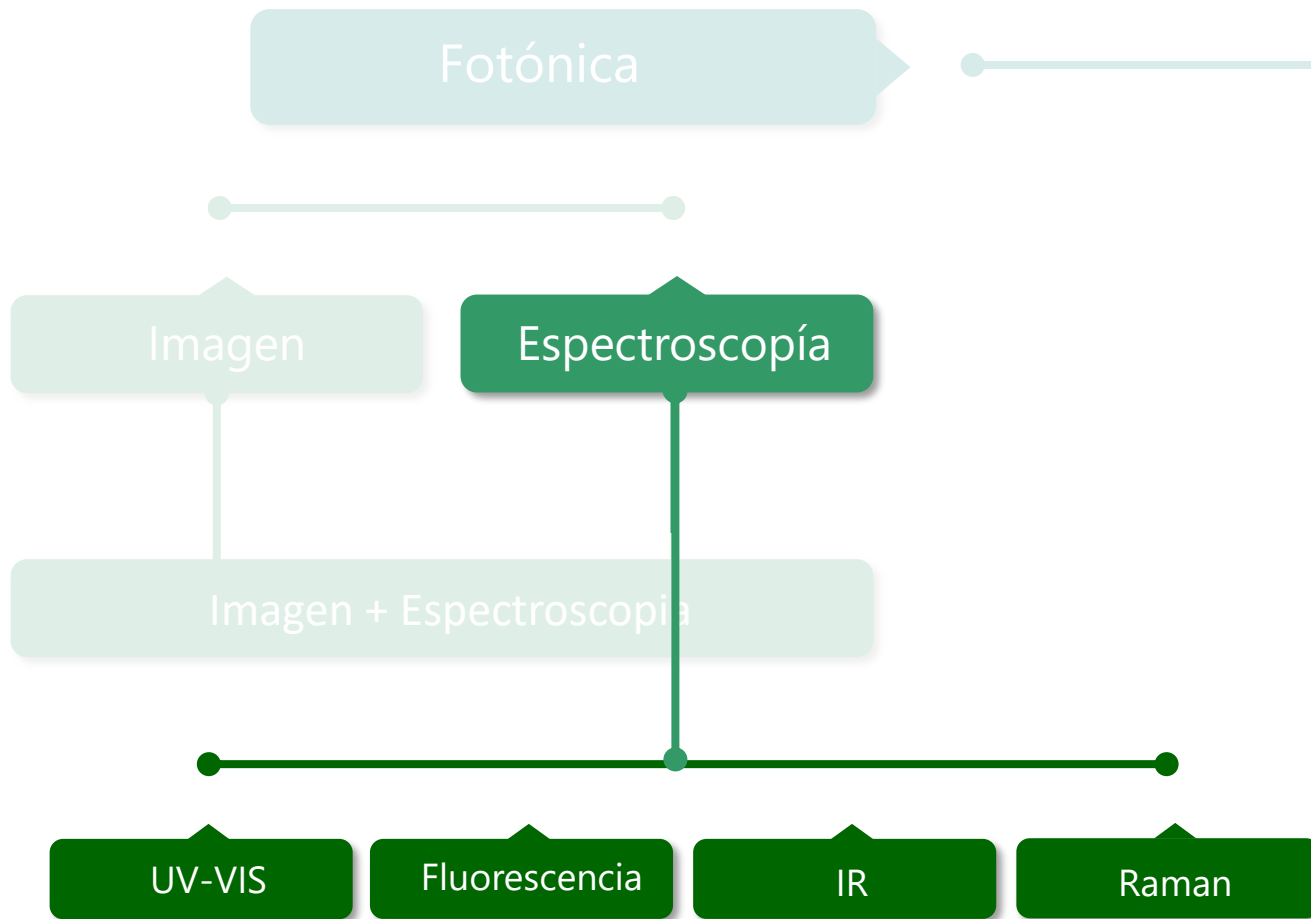
Imagen

Espectroscopía

La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, con absorción o emisión de energía radiante.

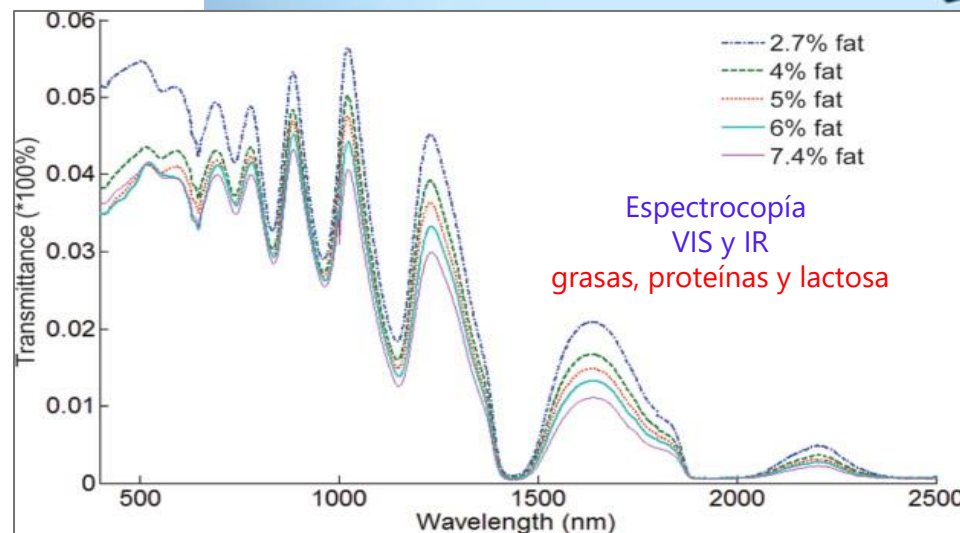
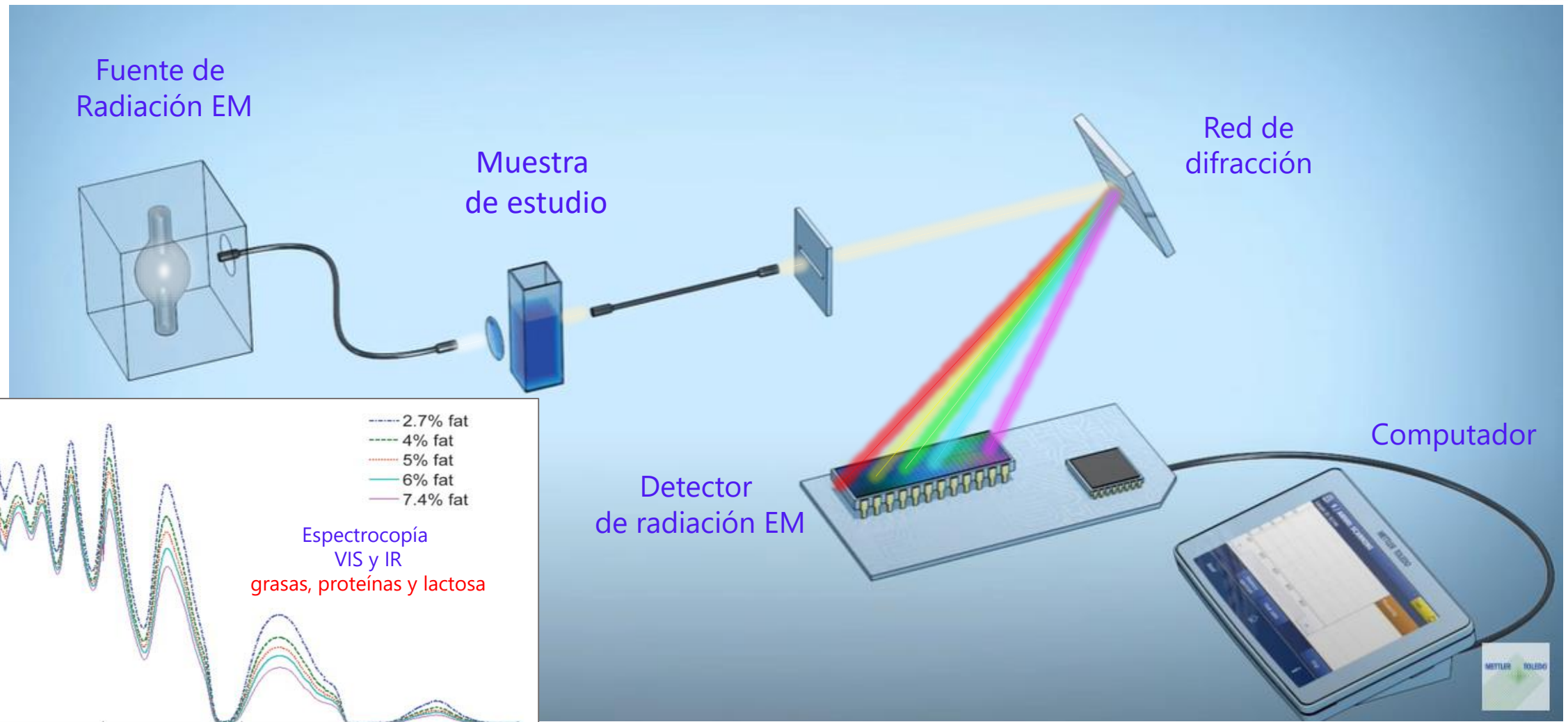


# Sensores + Agricultura

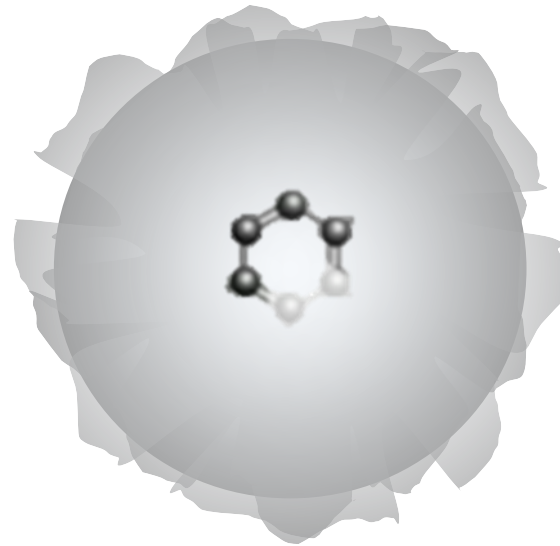
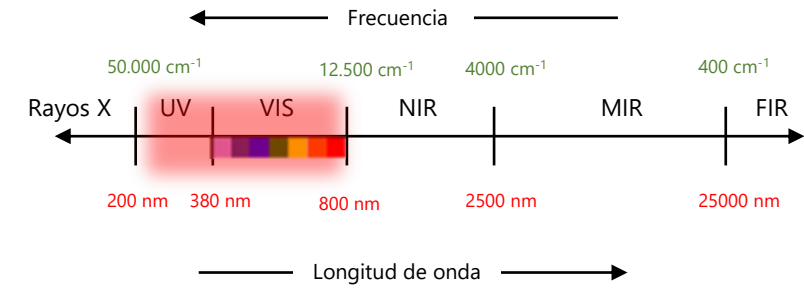


La espectroscopia se aplica ampliamente para inspeccionar cualidades internas que son externamente invisibles

# Esquema general de una medida



# Principio de operación UV-VIS



**Aplicación:** Cuantificación de contaminación de huevos

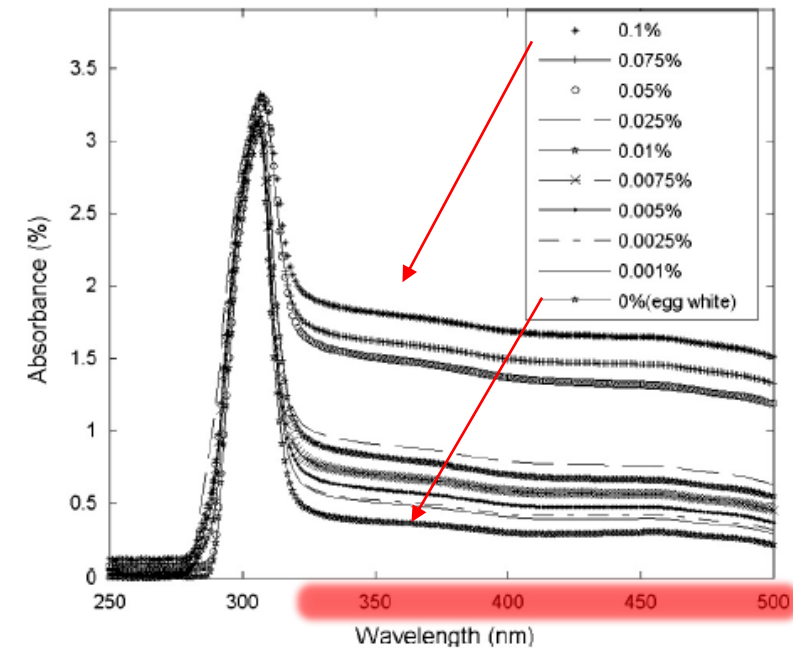
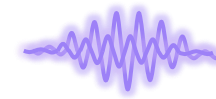
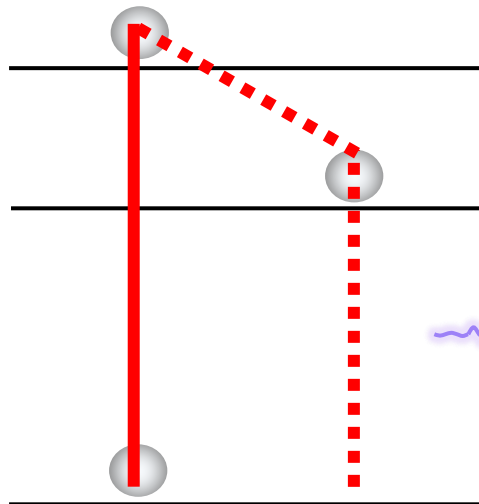
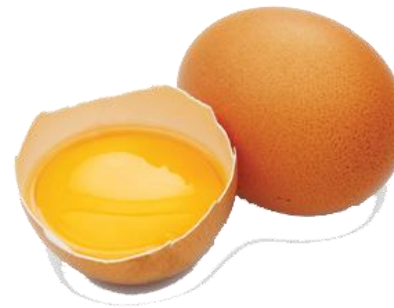
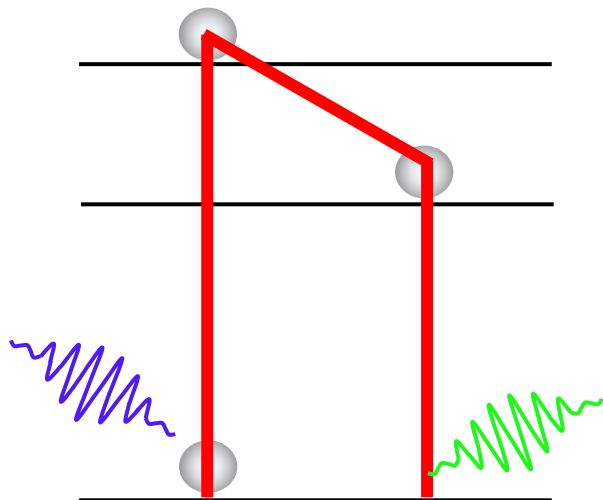
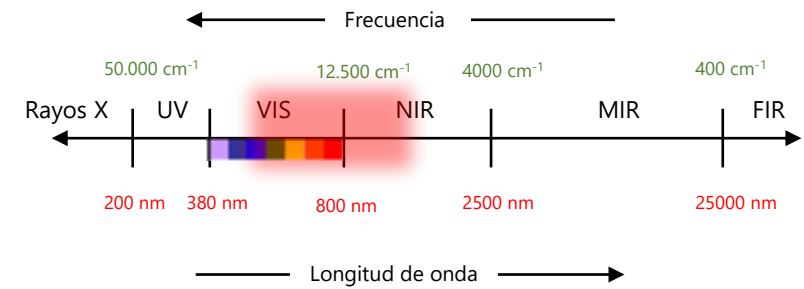
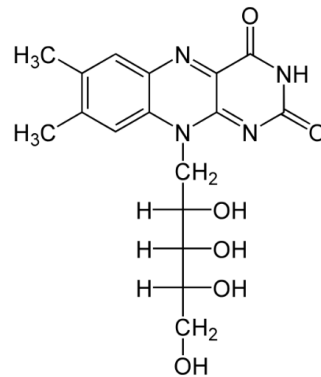


Fig. 2. UV-Vis spectra of egg white with various yolk contamination concentration (%w/w, results shown are averaged over three replicates).

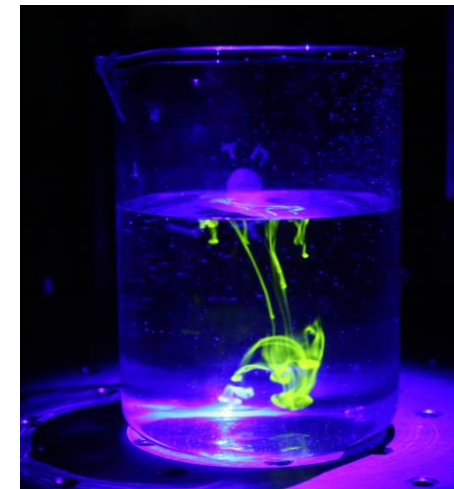
# Principio de operación **Fluorescencia**



**Aplicación:** Cuantificación de riboflavina (**vitamina B2**) en productos lácteos

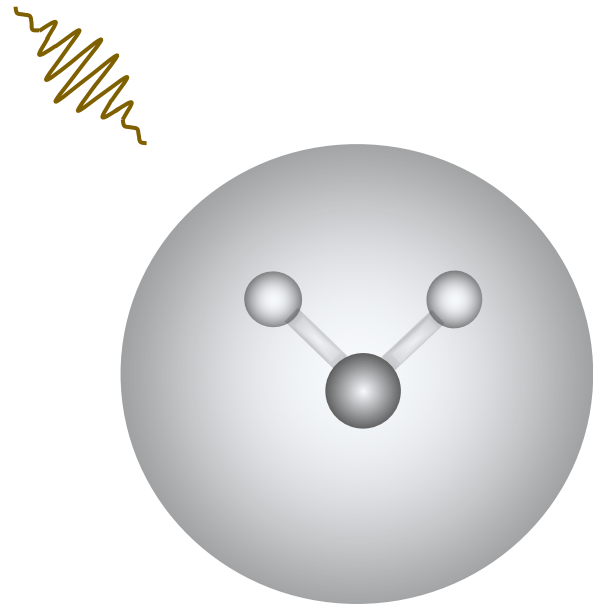
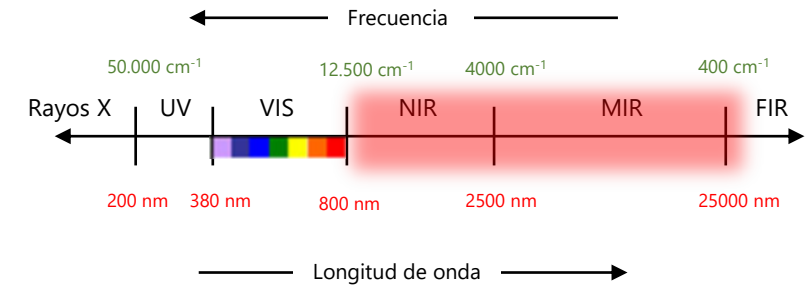


Pertenece al grupo de pigmentos amarillos fluorescentes llamados flavinas

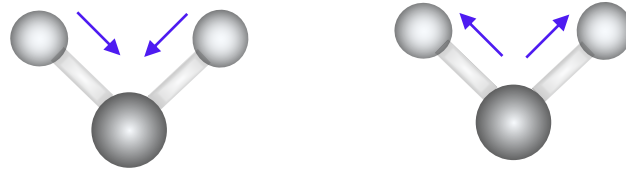




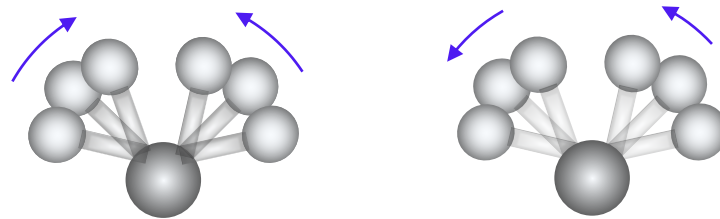
# Principio de operación Infrarrojo



Vibraciones de tensión

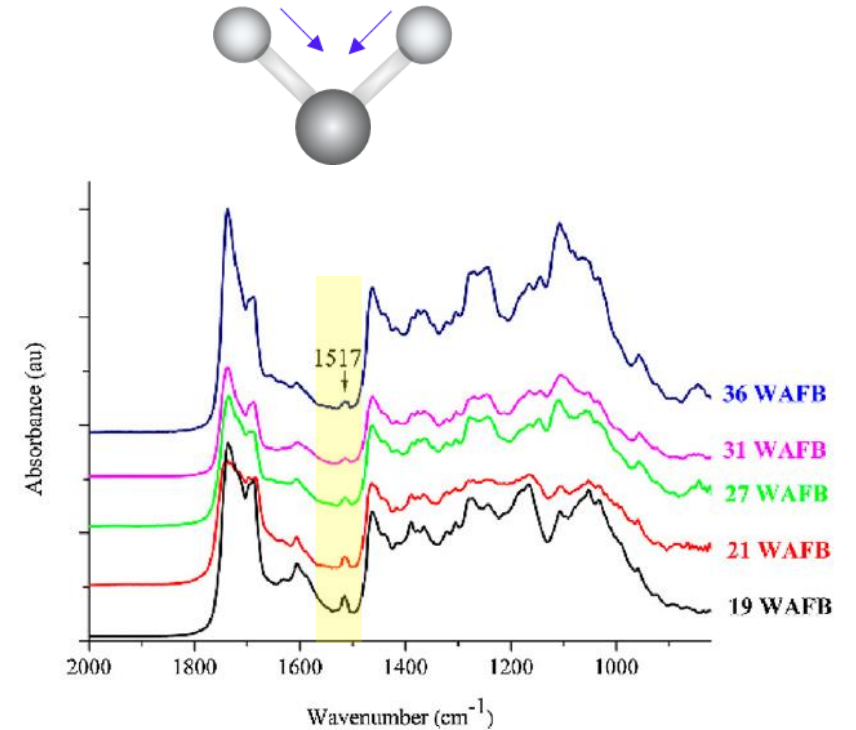


Vibraciones de flexión

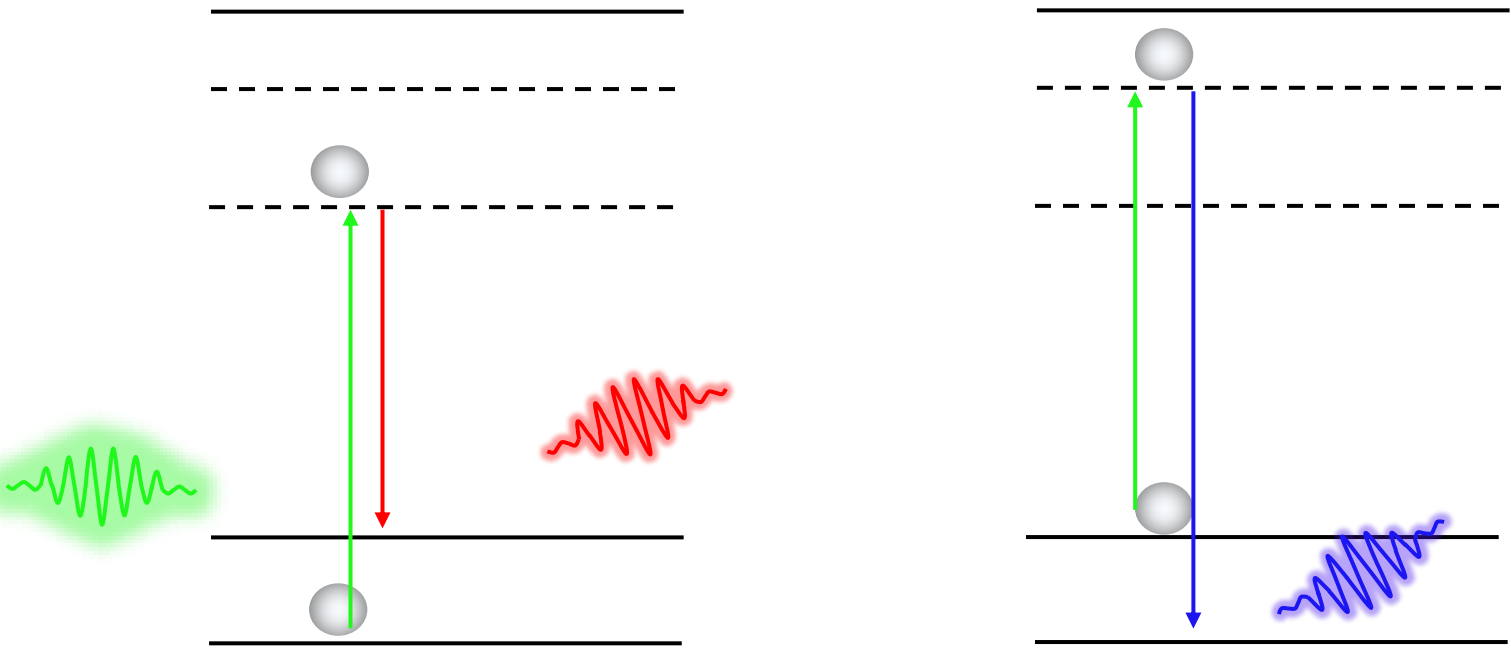
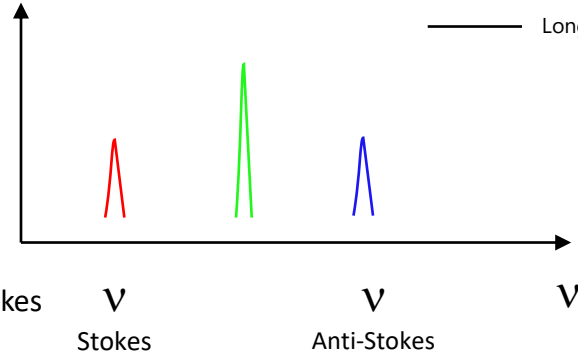
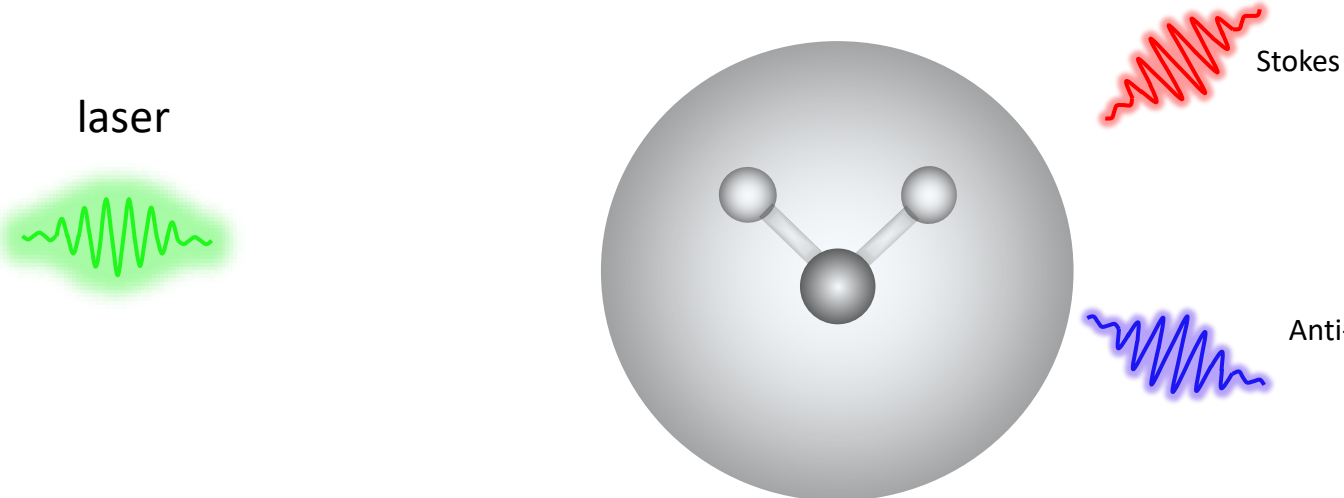
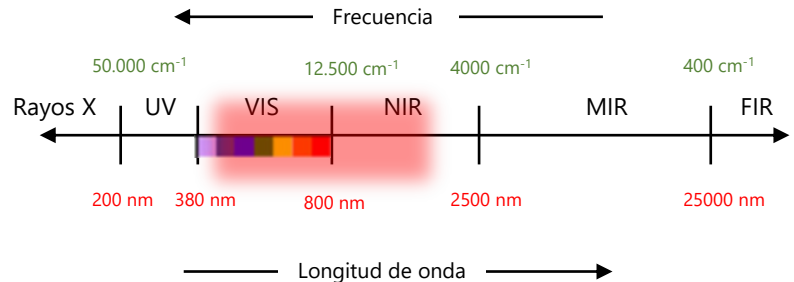


**Aplicación:** Estudio de el grado de maduración de olivas usando FTIR

la intensidad del pico 1517 cm<sup>-1</sup> presento una disminución en función del grado de madurez de las olivas



# Principio de operación Raman



**Aplicación:** Identificación de aceites, pesticidas

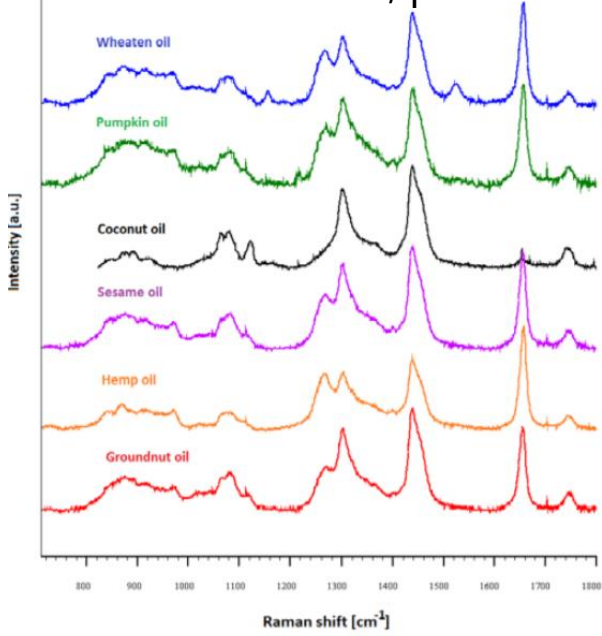


Fig. 3 Raman spectra of six different oils: wheaten, pumpkin, coconut, sesame, hemp and groundnut.

# Aplicaciones de espectroscopía

inspeccionar cualidades internas que son externamente invisibles

## Frutas

Product	Application	Method
Apple	Pigment content change during ripening	UV-VIS-NIR
Apple	Soluble solid content detection	VIS-NIR
Apple	Pesticide residue detection	Raman
Pear	Brown core and soluble solid content detection	UV-VIS-NIR
Mango	Maturity evaluation	NIR
Peach	Peach variety identification	NIR
Wax jambu	Quality inspection	NIR
Grape leaf	Water content estimation	UV-VIS-NIR

## Vegetales

Product	Application	Method
Carrot	Carotenoid, fructose, glucose, sucrose and sugar content detection	NIR
Potato	Bruise detection	UV-VIS-NIR
Potato	Protein, fructose, glucose, starch and sucrose content detection	NIR
Onion	Soluble solid content detection	VIS-NIR
Oilseed rape leaf	Aspartic acid content detection	NIR
Sugar beet seeds	Quality control	Time-domain spectroscopy
Mushroom	Moisture content detection	VIS-NIR

# Aplicaciones de espectroscopía

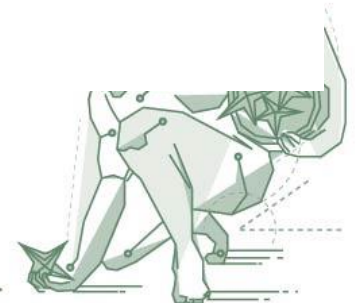
inspeccionar cualidades internas que son externamente invisibles

## Granos

Product	Application	Method
Corn seed	Viability evaluation	NIR Raman
Almond	Internal defect detection	VIS-NIR
Maize	Identification of transgenic ingredients	THz spectral
Rice, maize and peanut	Germination and growth of crop	UV-VIS FTIR

## Carne + Leche + Aceite

Product	Application	Method
Beef	Thermal change inspection	Fluorescence
Beef	Adulteration detection	NIR-MIR
Frozen fish	Freshness evaluation	Fluorescence
Egg	Contamination detection	UV-VIS-NIR
Goat milk	Fatty acid content detection	VIS-NIR
Edible oil	Stability analysis	NMR
Olive oil	Adulteration detection	Fluorescence
Ocimum essential oil	Antioxidant property identification	NIR-MIR



# Aplicaciones de espectroscopía

inspeccionar cualidades internas que son externamente invisibles

## Bebidas

Product	Application	Method
Tea leaf	Tea polyphenol level detection	UV-VIS-NIR
Green tea leaf	Caffeine and catechins content detection	VIS-NIR
Coffee	Geographic and genotypic origin identification	NIR
Coffee	Roasting degree and blend composition detection	NIR
Tomato juice	Quality inspection	NIR-MIR
Apple wine	Volatile compound detection	NIR
Rice wine	Fermentation monitoring	NIR-MIR

## Comercial

Product	Application	Method
Cotton fibre	Cotton fibre micronaire measurement	VIS-NIR
Natural rubber	Protein and lipid content detection	NIR-MIR
Natural rubber	Chemical interaction during vulcanizing process	NIR-MIR Raman
Natural rubber	Rubber silane reaction	NMR
Natural rubber	Moisture content detection	VIS-NIR
Natural rubber	Vulcanization system effect	Dielectric NMR
Neem leaf	Pest control	UV-VIS FTIR XRD

# Aplicaciones de espectroscopía

inspeccionar cualidades internas que son externamente invisibles



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ingeniería



## Plantaciones agrícolas

Product	Application	Method
Soil	Quality inspection	NIR
Soil	Nitrogen content detection	NIR
Soil	Chemical and physical property estimation	NIR-MIR
Soil	Nitrogen detection	NIR
Soil	Nitrogen detection	NIR
Soil and water	Contaminant detection	VIS-NIR
Water hyacinth	Pollutant concentration detection	Dielectric Fluorescence
Soybean straw	Detection of biomass	Near infrared spectroscopy
Flower	Plant type identification	VIS





# **Materiales en Fotónica: el mundo nano en la agricultura**

*Prof. Juan Diego Zapata Caro*

*Email: [juan.zapata@udea.edu.co](mailto:juan.zapata@udea.edu.co)*

*Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*

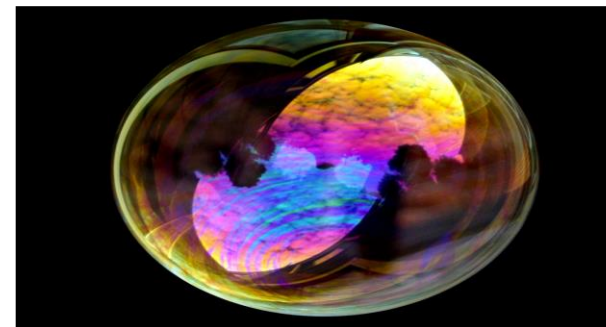
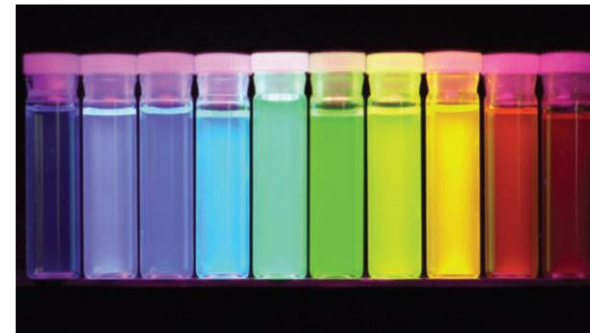
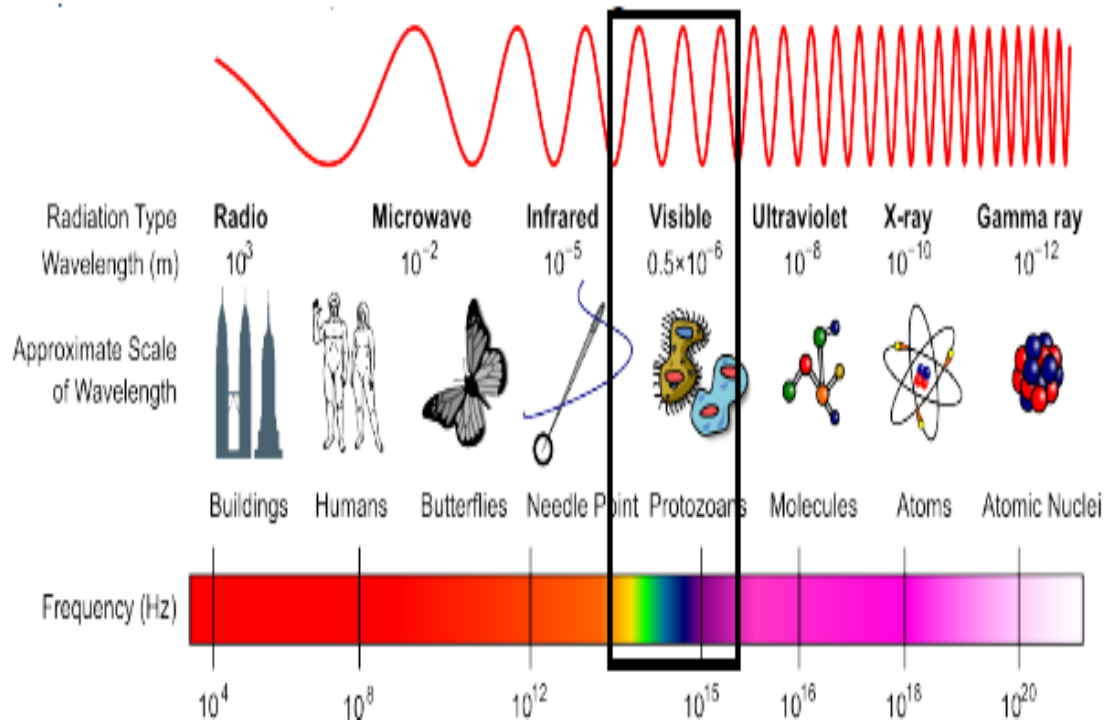
*Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Aplicadas GITA*

*Línea de Comunicaciones ópticas y fotónica*



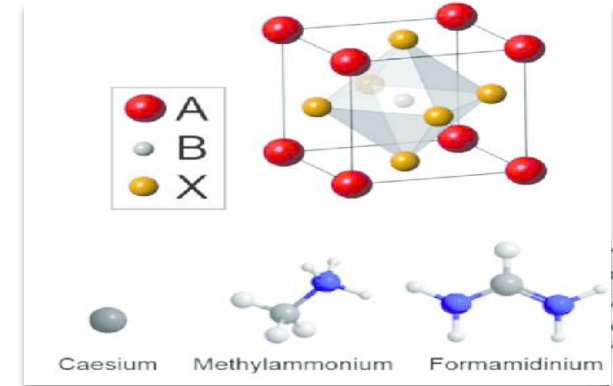
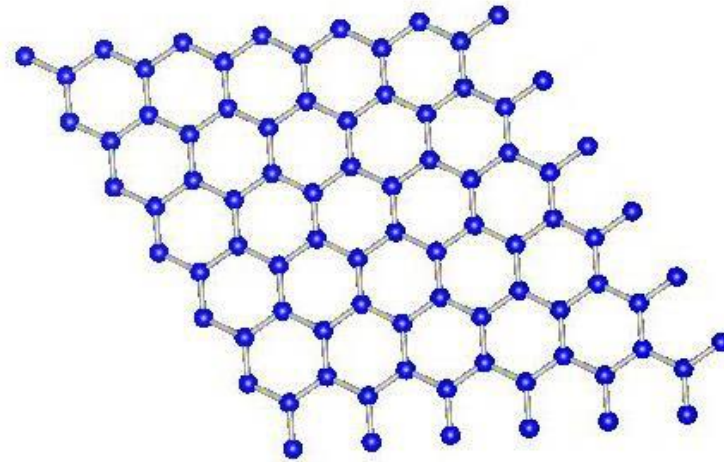
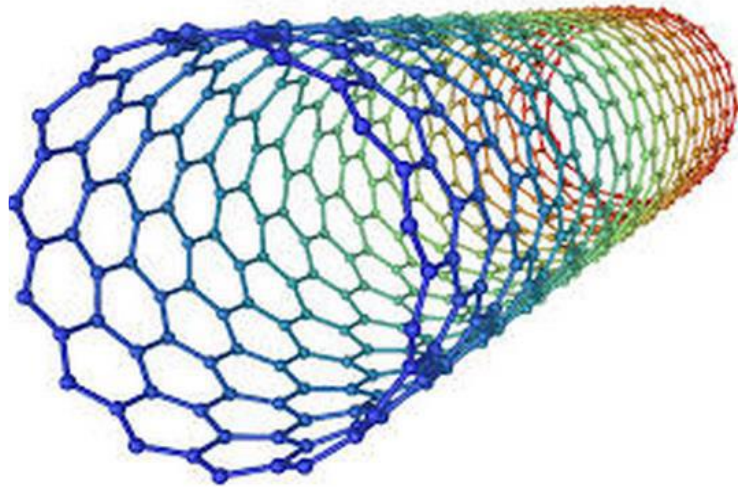
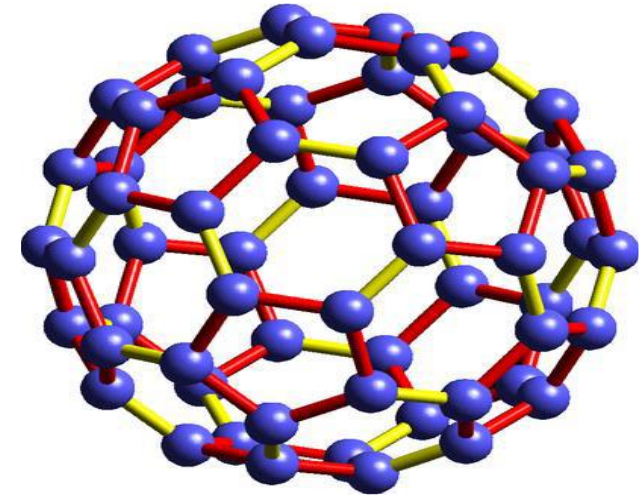
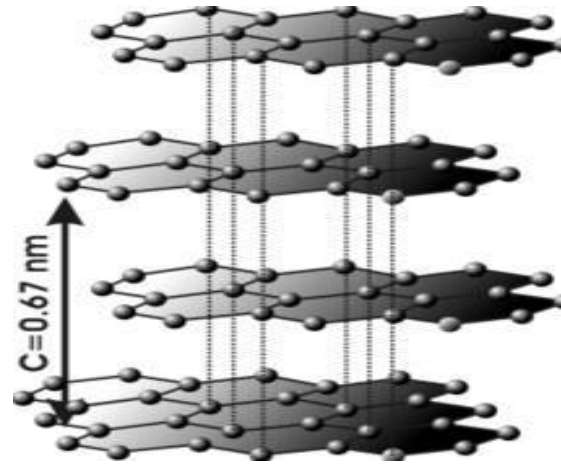


# El mundo Nano en la Agricultura: Por qué es importante los materiales a escala Nanométrica

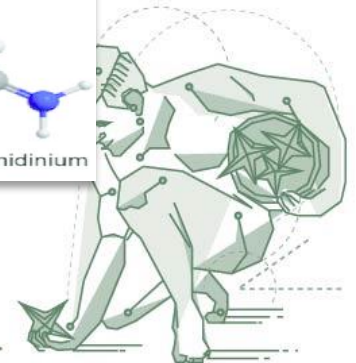




# El mundo Nano en la Agricultura: Materiales 2D



Bonaccorso F, Sun Z, Hasan T, Ferrari A C. Graphene photonics and optoelectronics. *Nat. Photonics* 2010; 4: 611-22.



# Propiedades de algunos Materiales 2D

## Thickness

One atom thick (2D) about 0,335 nm



## Impermeability

Even to helium atoms



## Electrical resistivity

$1 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  at room temperature

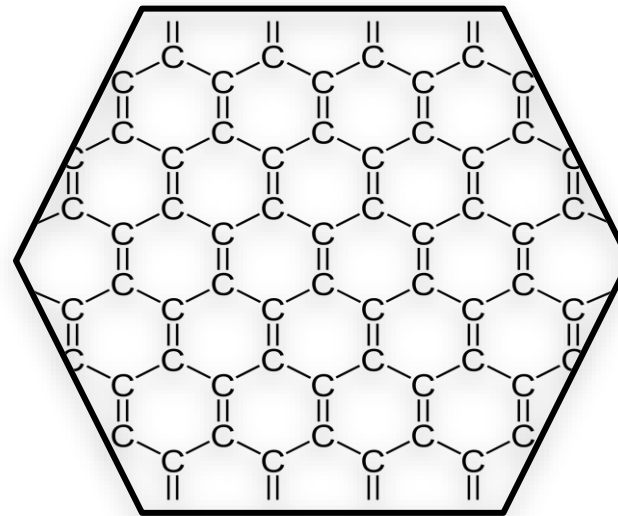


## Thermal conductivity

$(10^3 \text{ W/m}\cdot\text{K})$  at room temperature



Graphene



## Stiffness

Young's modulus of 1 Tpa in a defect-free sheet



## High surface area

$2630 \text{ cm}^2/\text{g}$



## Electron mobility

$(2 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s})$



## Transparency

Absorbs  $\sim 2,3\%$  from IR to UV

# Un mundo de aplicaciones para Materiales 2D

## Composites & coating

- Ultra-high permeation barrier film
- Lightweight composites
- Corrosion protection

## Energy harvesting & Storage

- Solar cells
- Super capacitors
- batteries

## Membranes

- Water flow control
- membranes
- Gas barriers for food packaging
- Water purification



## Sensors

- Explosive detection
- Biosensor for Parkinson's disease
- Environmental monitoring

## Electronics

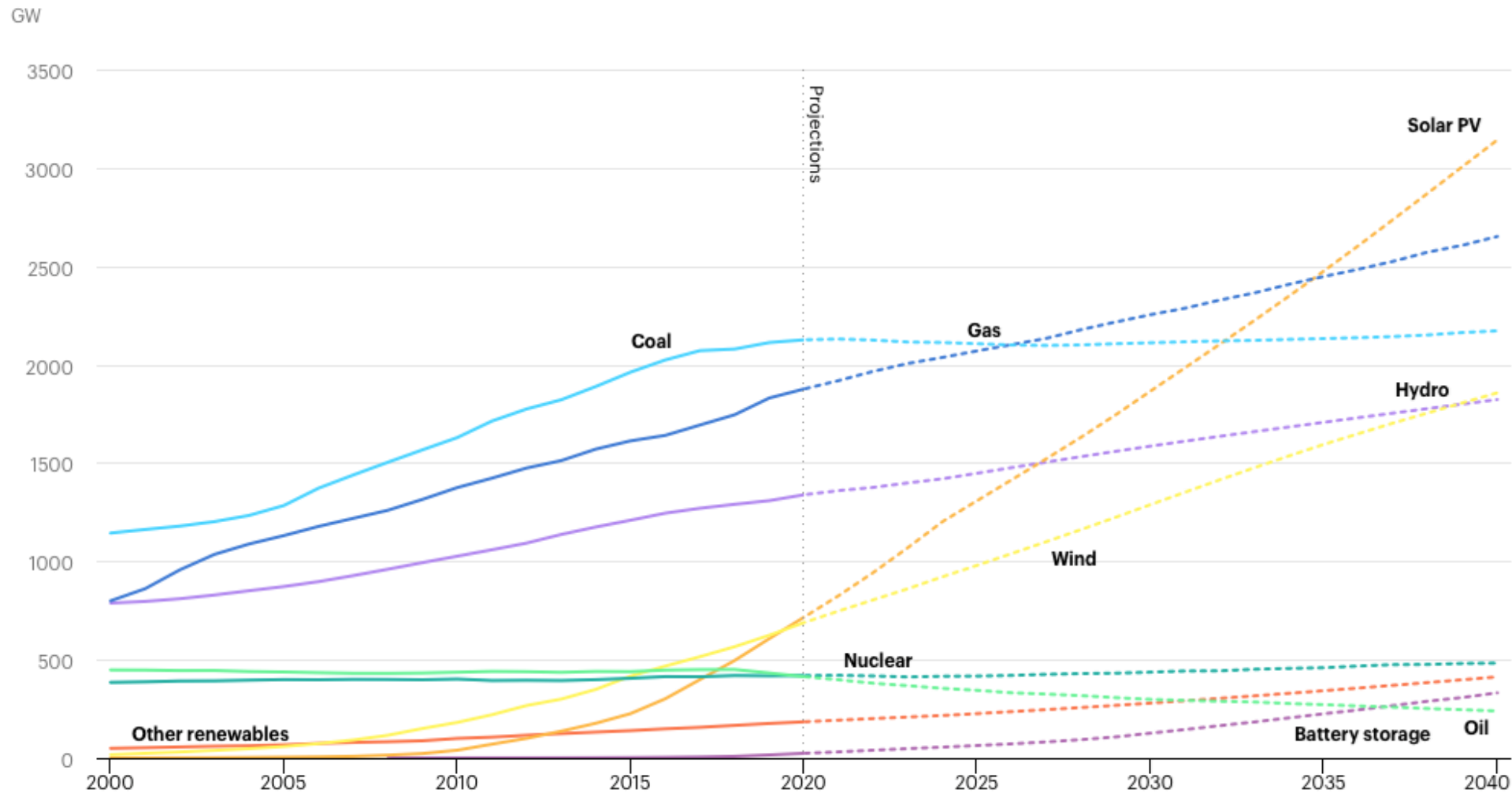
- Flexible, stretchable and foldable devices
- High-performance transistors

## Biomedical

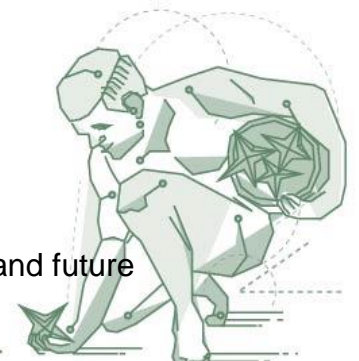
- Bioelectronics
- Thermal ablation of highly resistant cancer cells



# Aplicación a energía Materiales 2D

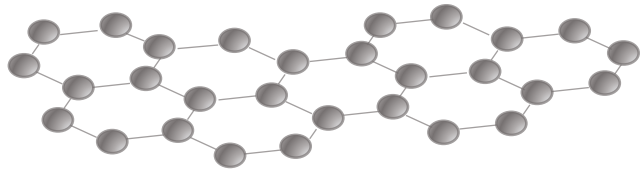


C. H. A. Tsang, H. Huang, J. Xuan, H. Wang, and D. Y. C. Leung, "Graphene materials in green energy applications: Recent development and future perspective," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 120, no. July 2019, p. 109656, 2020, doi: 10.1016/j.rser.2019.109656.





# Celdas solares de tercera generación Materiales 2D



Transparent  
Conductive  
Oxide (TCO)

Glass  
Electron  
Conductor

Electrode

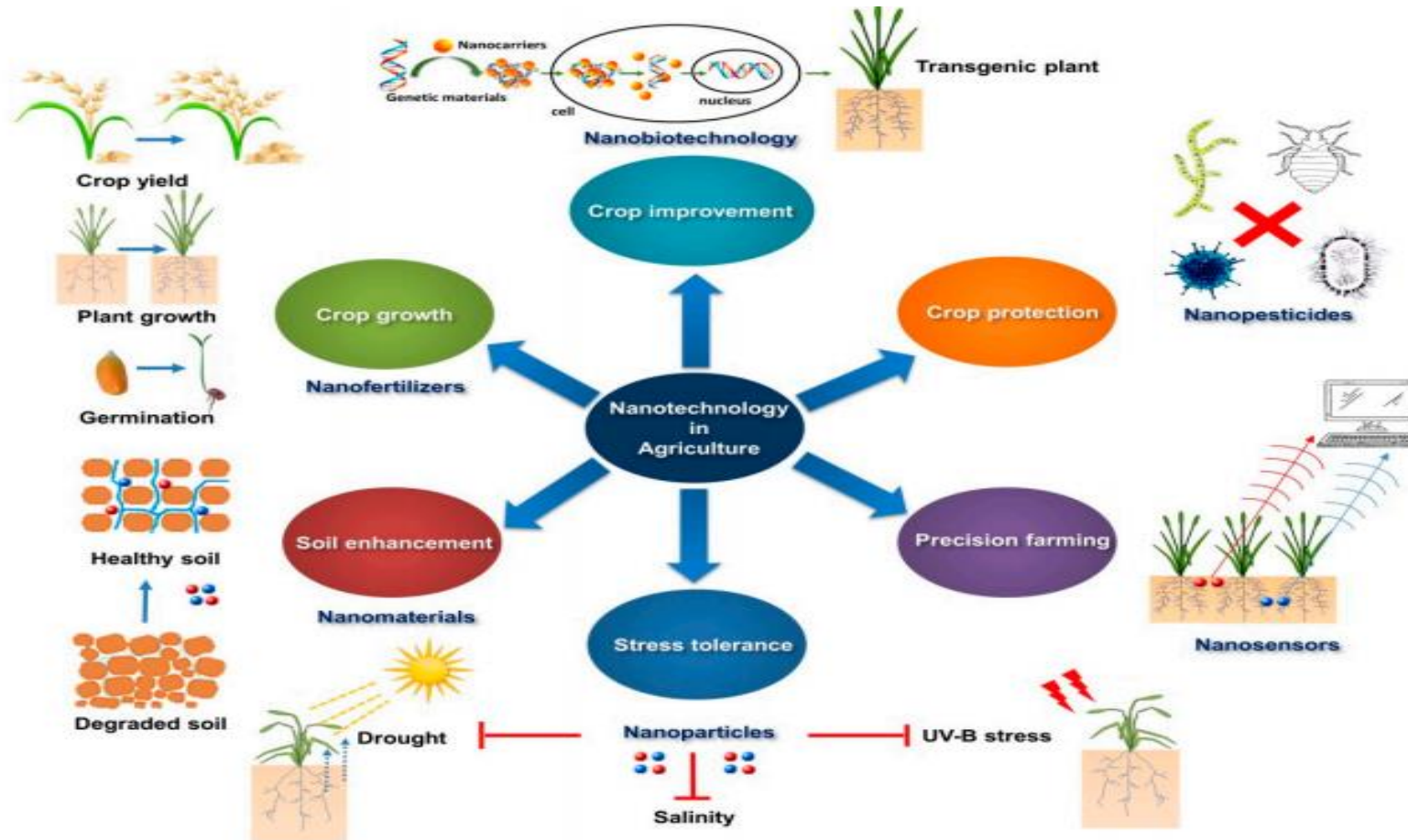
Hole conductor

PEROVSKITE



. H. A. Tsang, H. Huang, J. Xuan, H. Wang, and D. Y. C. Leung, "Graphene materials in green energy applications: Recent development and future perspective," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 120, no. July 2019, p. 109656, 2020, doi: 10.1016/j.rser.2019.109656. **C**

# Posibles aplicaciones en Agricultura: Materiales 2D



Applications of Nanotechnology in Plant Growth and Crop Protection: A Review Yifen Shang 1,† , Md. Kamrul Hasan 1,2,† , Golam Jalal Ahammed 3,\* , Mengqi Li 4 , Hanqin Yin 4 and Jie Zhou 1,





# ¿Qué podríamos lograr?

- Control/seguimiento del crecimiento (planta/fruto)
- Detección/control enfermedades de planta/fruto
- Evaluación nutricional (planta/frutos/suelos)
- Control/evaluación productos orgánicos (contaminantes/pesticidas)
- Control uso adecuado de fertilizantes/Pesticidas

## Efecto

- Aumento en la productividad
- Productos de alta calidad
- Mayores ingresos por venta unitaria





# GRACIAS

Contactos : Línea de Comunicaciones ópticas y Fotónica Grupo GITA  
Facultad de Ingeniería :

Profesora: Ana María Cárdenas Soto [ana.cardenas@udea.edu.co](mailto:ana.cardenas@udea.edu.co)

Profesora: Sully Milena Quintero: [sully.mejia@udea.edu.co](mailto:sully.mejia@udea.edu.co)

Profesor: Jhon James Granada : [jhon.granada@udea.edu.co](mailto:jhon.granada@udea.edu.co)

Profesor: Juan Diego Zapata : [juan.zapata@udea.edu.co](mailto:juan.zapata@udea.edu.co)

