



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

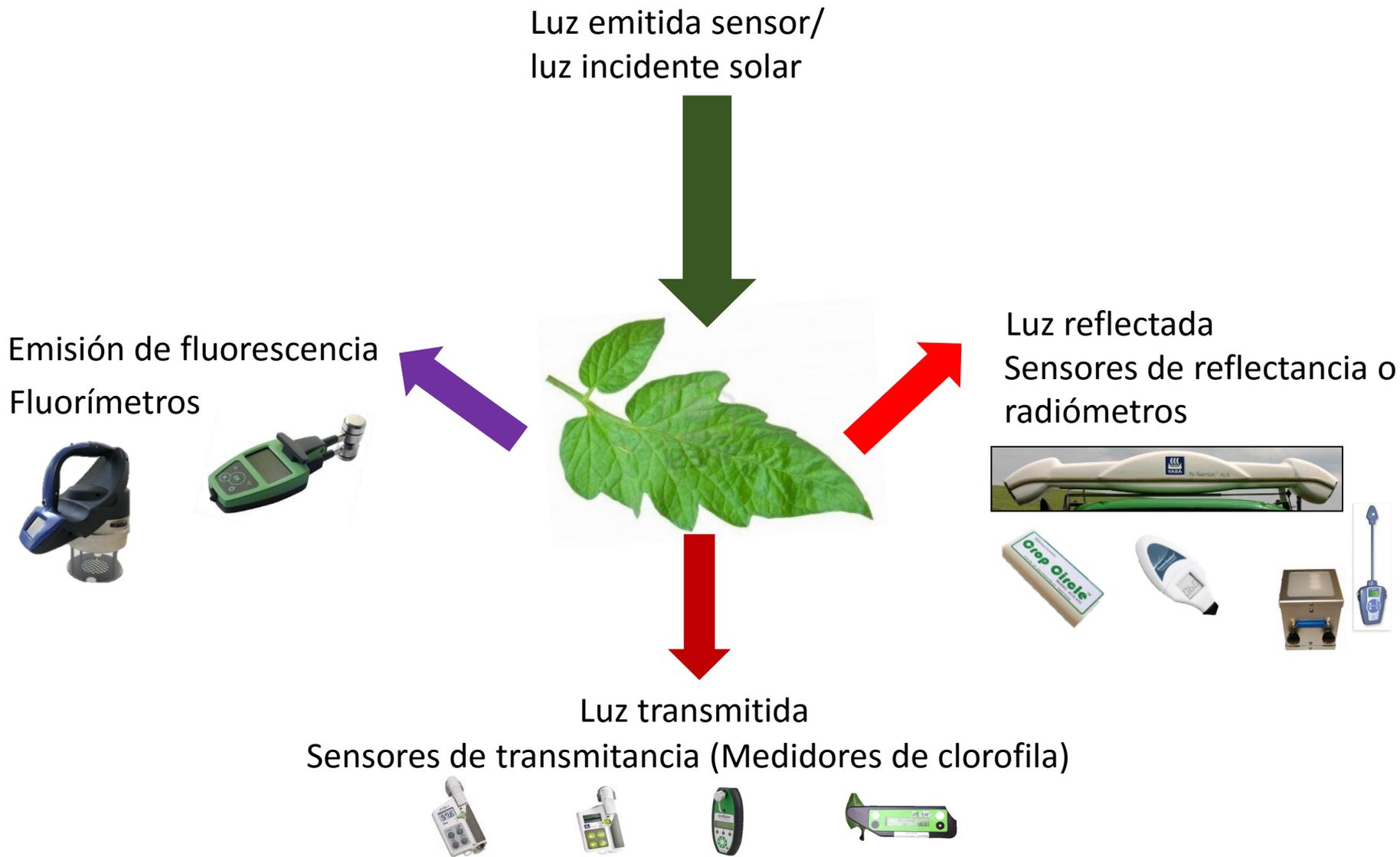
Medida del estado de N del cultivo mediante sensores ópticos proximales

Francisco M. Padilla

¿Qué son los sensores ópticos?

- Sensores que miden propiedades ópticas de las plantas (transmitancia, reflectancia, fluorescencia) que son muy sensibles a la cantidad de N del cultivo
- Las medidas de los sensores ópticos están estrechamente relacionadas con la cantidad real de N del cultivo, por lo que pueden proporcionar una estimación fiable del estado de N
- Medidas en contacto con la hoja o a pocos centímetros (*p. ej.* 60 cm) de la planta en intervalos de tiempo regulares o en momentos críticos
- Resultados obtenibles directamente en campo con poco o nulo procesamiento de datos
- Uso principalmente en cultivos de trigo y maíz en EE.UU. y norte de Europa, pero con muy poca aplicación en cultivos hortícolas
- Amplio rango de sensores disponibles, con grandes variaciones en el tipo de medida y el nivel de sofisticación y coste (desde instrumentación científica a sensores *low-cost*)

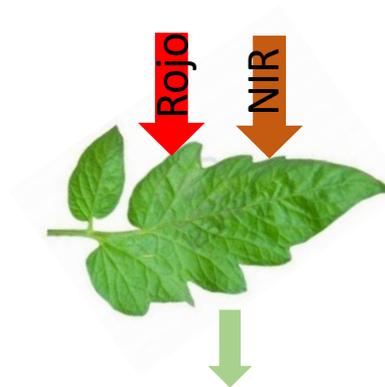
Sensores ópticos y propiedades ópticas de las plantas



Medidores de clorofila y N



- ¿Por qué medir la cantidad de clorofila para manejar el N?
 - Relación directa entre contenido de N y cantidad de clorofila en hoja



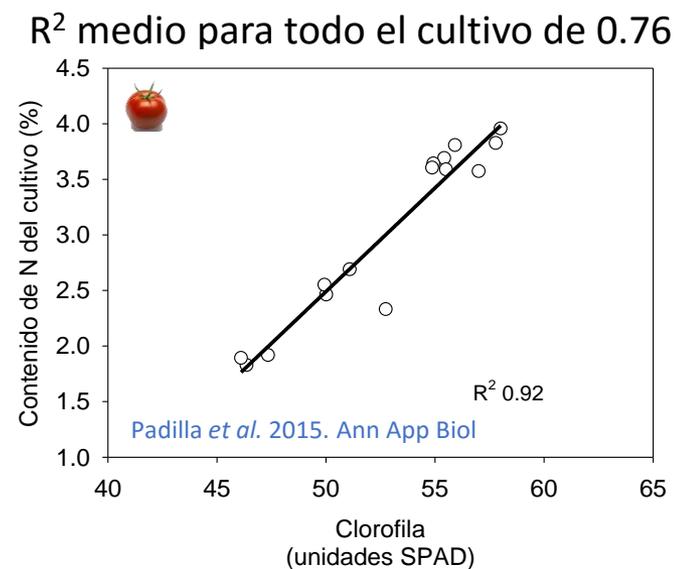
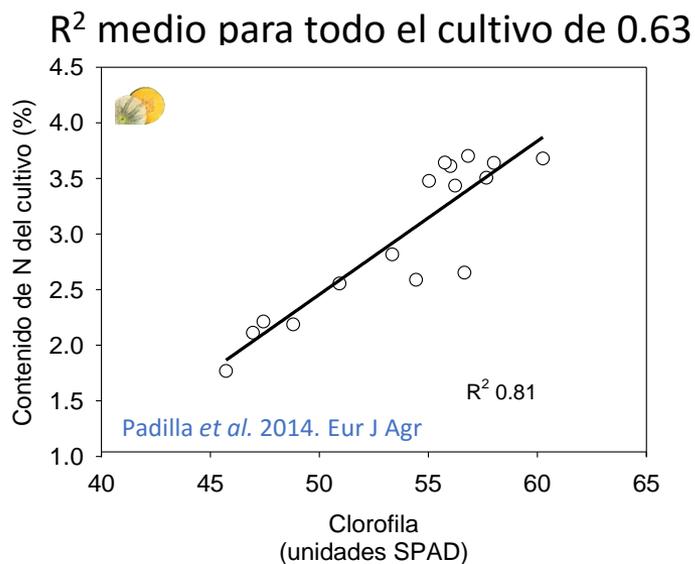
La clorofila absorbe la luz roja y transmite gran parte de la NIR

- ❖ Mayor cantidad de N en la planta, más clorofila: absorbe más rojo (transmite menos rojo)
- ❖ Menor cantidad de N en la planta, menos clorofila: absorbe menos rojo (transmite más rojo)

Evaluación de un medidor de clorofila como indicador del contenido de N del cultivo



- Relaciones con alto R^2 durante la mayor parte del cultivo de melón y tomate



- Las medidas del sensor de clorofila son indicadoras del contenido de N real del cultivo

Consideraciones de los medidores de clorofila y N

- Aportan una medida adimensional (índice) de la cantidad de clorofila
- Medidas en una superficie muy pequeña de la hoja (varios mm²) → Alta replicación para reducir la variabilidad (¿cuántas plantas?)
- Protocolo de medida consistente en cuanto a hojas seleccionadas y posición en la hoja
- Ausencia de una relación única entre medidas de clorofila y cantidad de nitrógeno en hoja, aplicable a todos los cultivos y fases fenológicas
- Coste económico, pero hay sensores de bajo coste



Sensor: SPAD-502

Precio aproximado: 2,000€



N-tester

2,000€



Apogee

2,900€



atLeaf+

260€

Sensores de reflectancia



- Las plantas absorben y reflejan luz visible y NIR según su contenido de N

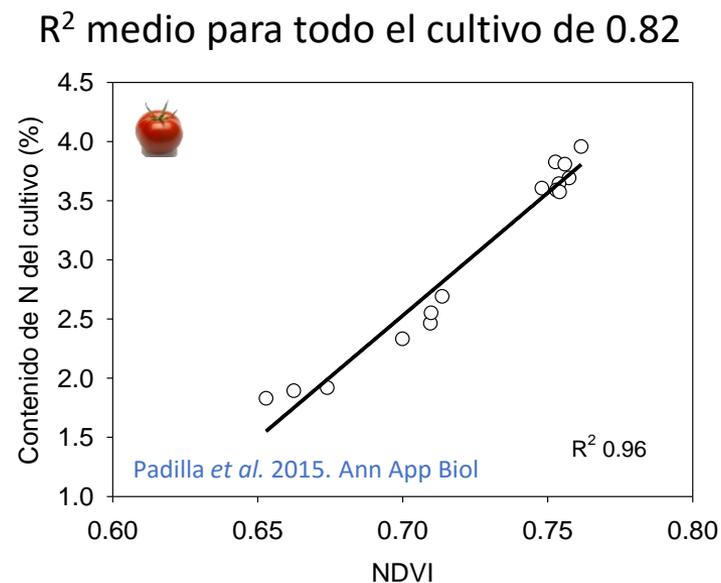
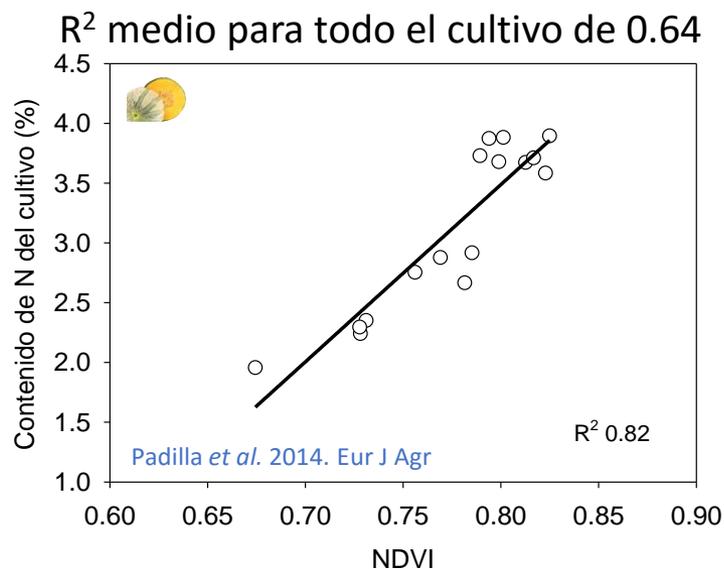


- ❖ A mayor N en planta, más biomasa y clorofila: más absorción del visible (menor reflectancia)
- ❖ A menor N en planta, menos biomasa y clorofila: menor absorción del visible (mas reflectancia)

Evaluación de medidas de reflectancia como indicadores del contenido de N del cultivo



- Relaciones con alto R^2 durante la mayor parte del cultivo de melón y tomate



- Las medidas de reflectancia son buenos indicadores del contenido de N

Consideraciones de los sensores de reflectancia

- Proporcionan índices de vegetación a partir de medidas de reflectancia de luz visible (rojo, verde, rojo lejano) y NIR
 - Índices de vegetación = Ecuaciones matemáticas: NDVI, RENDVI, RVI, GVI
 - NDVI es el índice más usado
- Sensores proximales (medidas a varios cm o m). Campo de visión mas amplio
- Protocolo de medida consistente (ángulo y distancia al cultivo)
- Ausencia de una relación única entre índices de vegetación y cantidad de N, aplicable a todos los cultivos y fases fenológicas
- Coste económico, pero hay algunos sensores de bajo coste



Sensor:

Crop Circle ACS470

Precio aproximado:

6,500€



GreenSeeker

690€

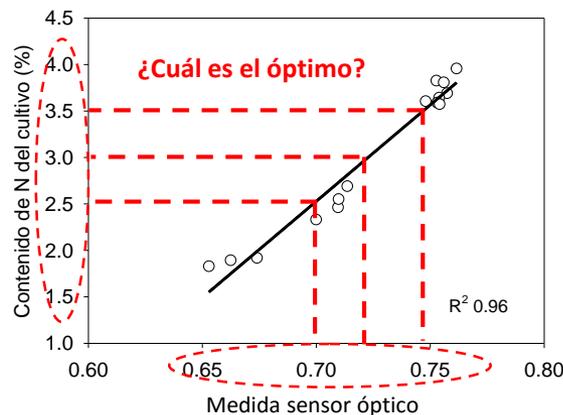
Sensores de reflectancia en el mundo real



Yara N-Sensor®, más de 800 unidades (hasta 2009). Fuente: Yara Electronic Products (M. Gomes)

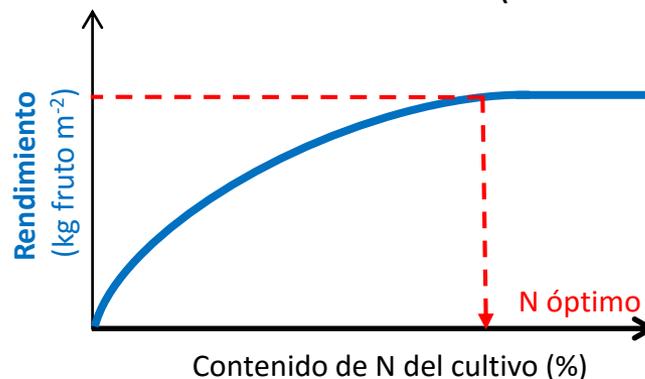
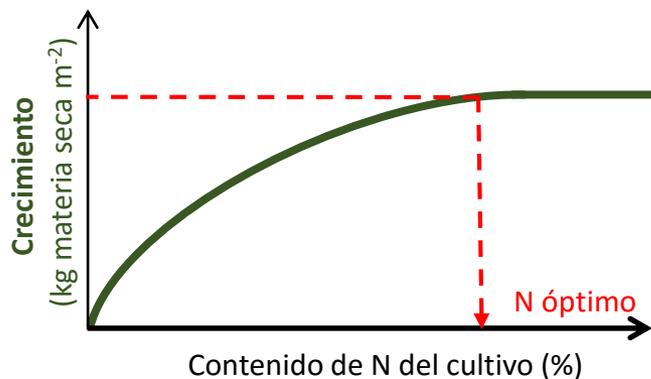
¿Qué valores de los sensores ópticos corresponden a un N óptimo?

- Los sensores ópticos son buenos indicadores del contenido real de N de los cultivos pero son de poca ayuda si no sabemos qué valores corresponden a un contenido de N óptimo



- ¿Cuál es el nivel de N óptimo o crítico de un cultivo?

- Máximo crecimiento (fruto + hoja + tallo)
- Máximo rendimiento (solo fruto)

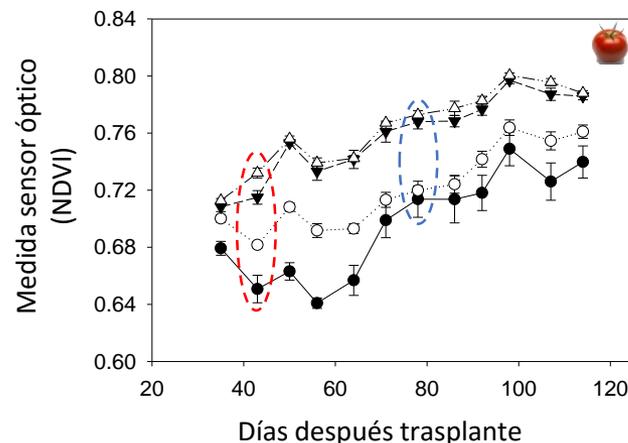
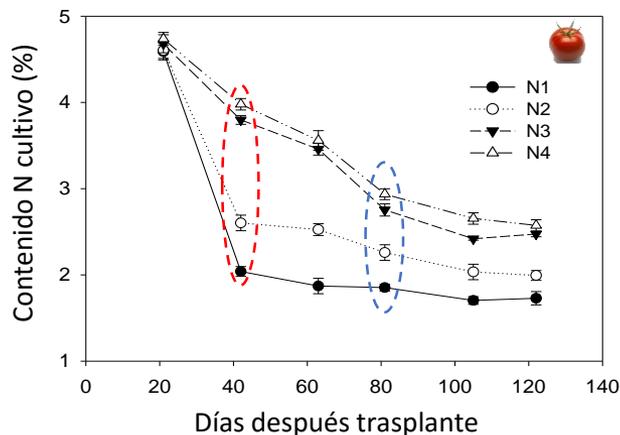


Estudios complejos para determinar el contenido de N óptimo de un cultivo y valores de suficiencia

- Cultivos experimentales con al menos 3 tasas de N (deficiente-óptimo-excedentario)



- Determinaciones periódicas del contenido de N del cultivo, MS, rendimiento, medidas ópticas



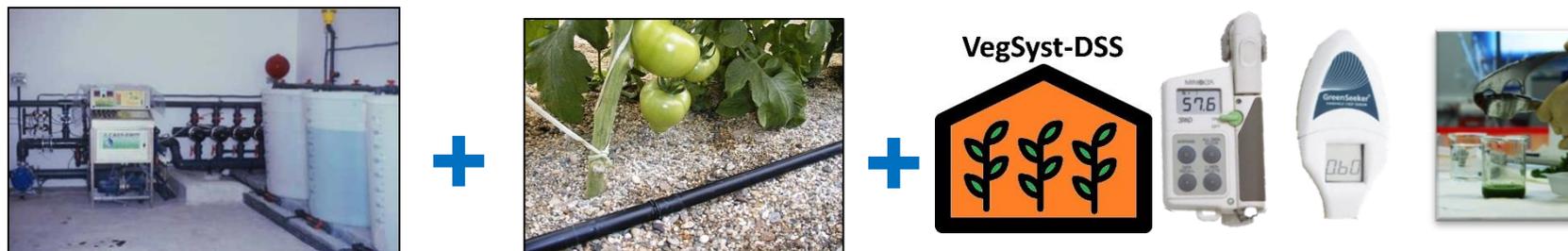
- Hemos determinado el contenido de N óptimo y valores suficiencia de sensores ópticos para melón, tomate y pepino. Padilla et al. 2014. Eur J Agr; Padilla et al. 2015. Ann App Biol

Resumen de sensores ópticos y N

- Los sensores ópticos pueden ser usados como indicadores del contenido de N y rendimiento del cultivo para un manejo óptimo del N a través de los valores de suficiencia, pero....
- Los valores de suficiencia parece que son específicos de cada especie, ¿y variedad vegetal?
- Determinar los valores de suficiencia requiere de investigación compleja
- Las medidas de algunos sensores ópticos pueden estar influidas por otros factores aparte del N (asumimos que no hay estrés hídrico)
- No hay un sensor que destaque de forma general sobre los demás por ser más preciso, hay un conjunto de aspectos que determina la idoneidad (campo de visión, precio, etc.).
- Gran parte de los sensores ópticos son “instrumental científico” poco accesibles económicamente; afortunadamente, empiezan a aparecer sensores de bajo coste

¿Cómo se usarían las distintas herramientas para mejorar la fertilización de N de cultivos?

- Fase prescriptiva: plan de fertilización basado en modelos (VegSyst-DSS)
- Fase de monitorización: medir periódicamente, o en periodos críticos, con distintas herramientas de monitorización de suelo y planta (savia, foliar, sensores ópticos, etc.) para evaluar si el cultivo está dentro de los márgenes de suficiencia
- Fase correctiva: ajustes en la fertilización para corregir desviaciones
- Almería es un entorno ideal para optimizar la aplicación de N



CAPACIDAD TÉCNICA PARA UNA APLICACIÓN DE N PRECISA A LOS CULTIVOS EN EL MOMENTO NECESARIO



Agradecimientos

Proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i

AGL2008-03774/AGR (MICINN)

AGL2012-39036-C03-01 (MINECO)

Contratos laborales

Juan de la Cierva (JCI-2010-07037)

Ramón y Cajal (RYC-2014-15815)