



Innovación digital para una agricultura inteligente

Romain Gautron

Alianza Bioversity & CIAT

r.gautron@cgiar.org

Agosto 2026

A person's hands are shown holding a smartphone, with the index finger touching the screen. The background is a lush green field of plants, possibly a vineyard or orchard, with some fruit visible. The entire image has a green color overlay. The text "Agricultura digital" is written in white, bold, sans-serif font in the lower right area.

Agricultura digital

Agricultura Digital



¿En qué consiste?

Captura y análisis de datos para la mejora de la toma de decisiones en el manejo de los cultivos.

Ejemplos



¿Cuándo fertilizar ?



¿Cuánto aportar de cada nutriente ?



¿Dónde concentrar los aportes ?



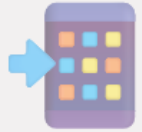
Objetivos

- Reducir la toma de datos manual
- Objetivar la toma de decisiones
- ↗ eficiencia y sostenibilidad: agricultura de precision
- ↗ calidad de las producciones (mejor control de las condiciones ambientales y crecimiento)

Toma de decisiones basada en evidencias



Toma de decisiones basada en evidencias



Captura de datos

- ✓ Observaciones manuales
- ✓ Fotos/videos
- ✓ Sensores
 - Humedad relativa
 - Humedad del suelo (tensiómetros, TDR, FDR)
 - Temperatura del suelo/substrato, del aire (interior, exterior)
 - pH, conductividad eléctrica (EC).

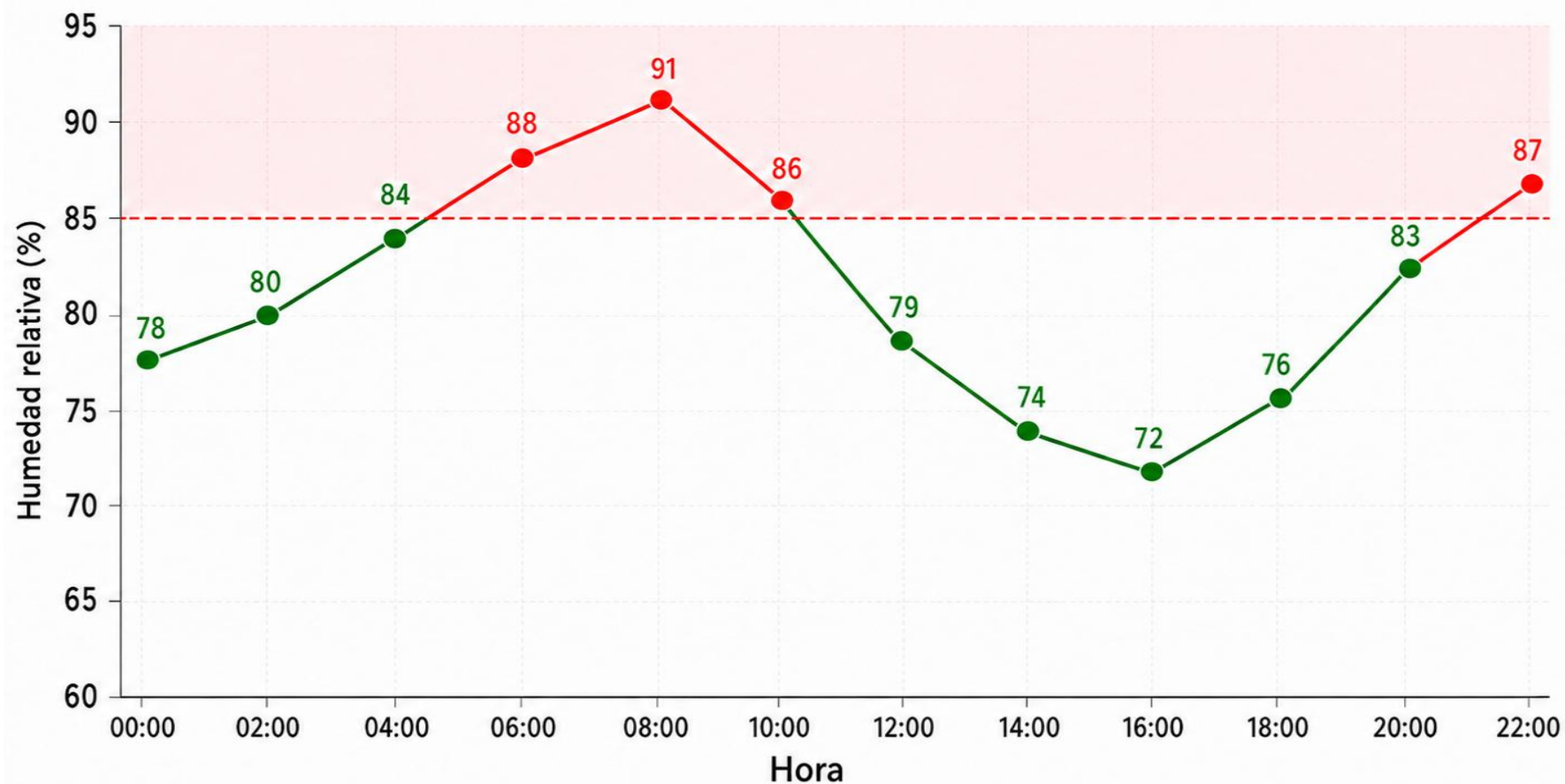


Análisis y toma de decisión

- ✓ Inspección visual de gráficas
- ✓ Reglas de decisiones/alertas automáticas
- ✓ Modelos probabilísticos
- ✓ Proyecciones de producción
- ✓ Control autónomo con retroalimentación

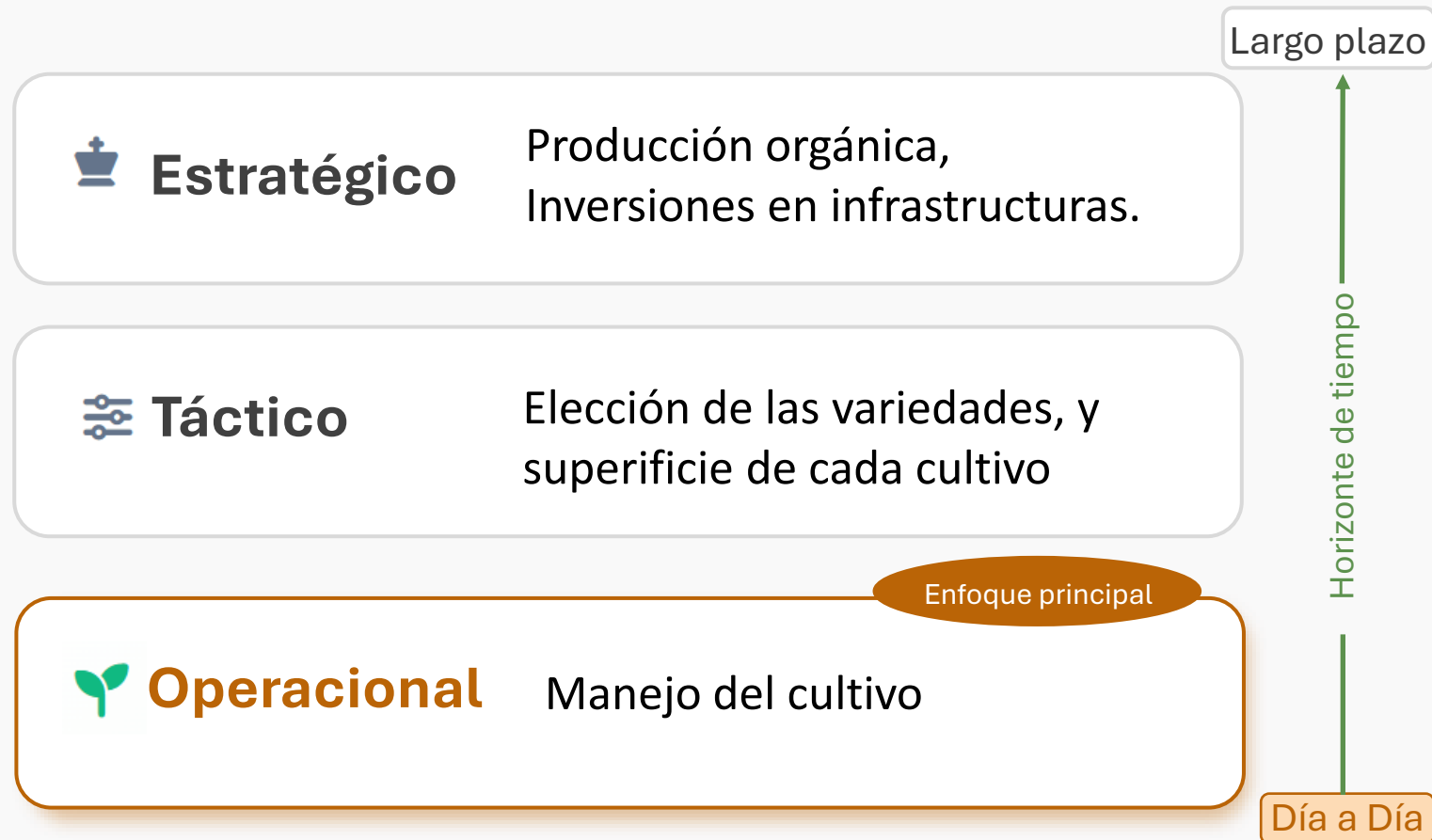
Ejemplo de toma de datos basada en evidencia

Variable: humedad relativa del aire en invernadero de lechuga – Magallanes



Humedad relativa alta — riesgo de condensación y necesidad de evaluar ventilación, calefacción o circulación de aire.

Jerarquía de decisiones



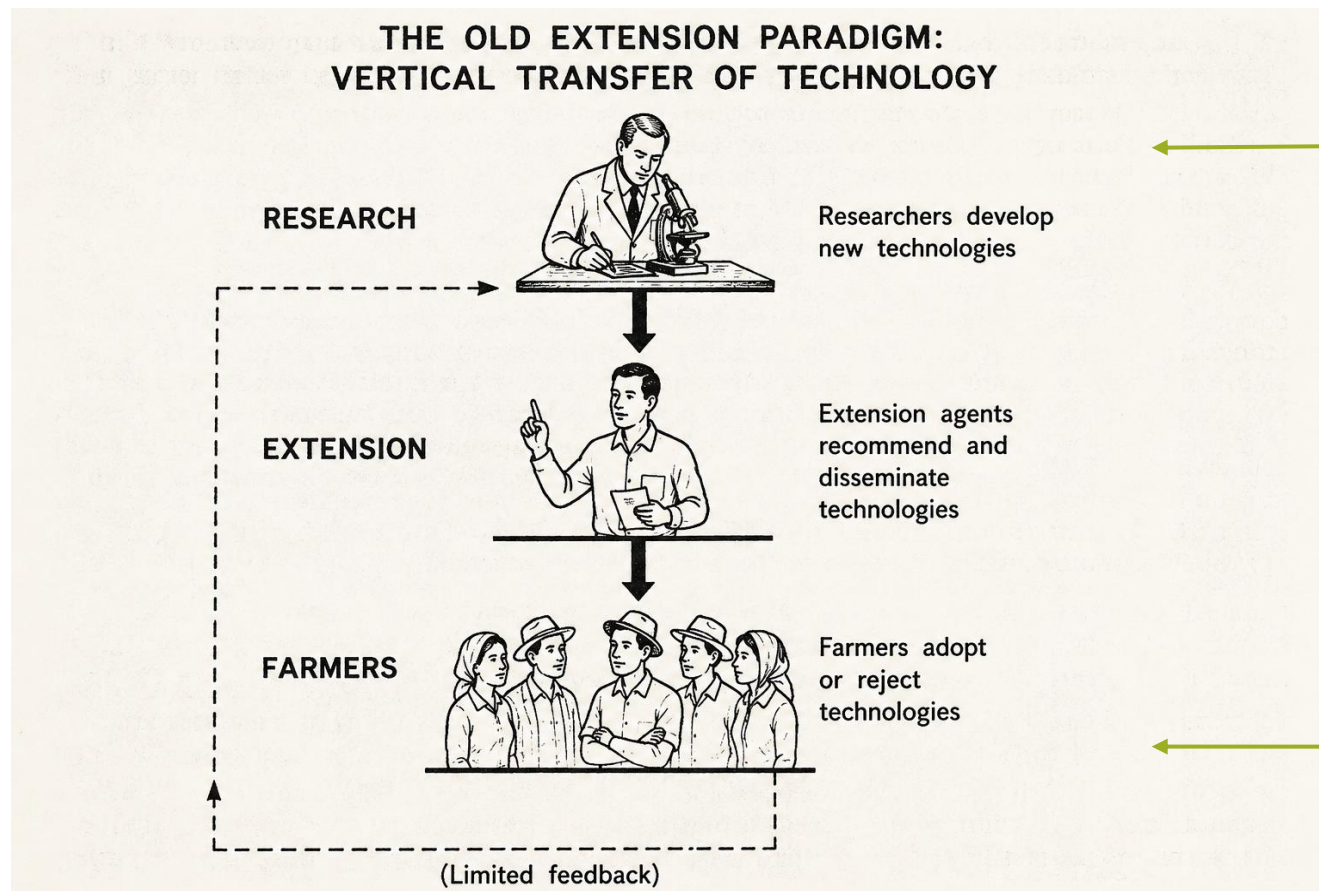
**La tecnología en relación al
contexto productivo**

Nos tiende a cautivar la tecnología



Pero...

⚠ El viejo problema de la extensión rural



**Soluciones ideales
en papel**



**No encajan con la
realidad del productor**

La agricultura digital tiende a repetir este patrón

Contexto en Magallanes (1)

Contexto productivo

- Producción **familiar**, de **pequeña y mediana escala**
- Frutilla (fresa, zarzaparrilla), ruibarbo, y lechuga hidropónica NFT
- **Invernaderos mayormente artesanales** y ventilación manual
- Manejo basado en experiencia, con **pocos registros y asistencia técnica irregular**
- Dificultad y costo de conseguir repuestos o soporte técnico.

Contexto climático

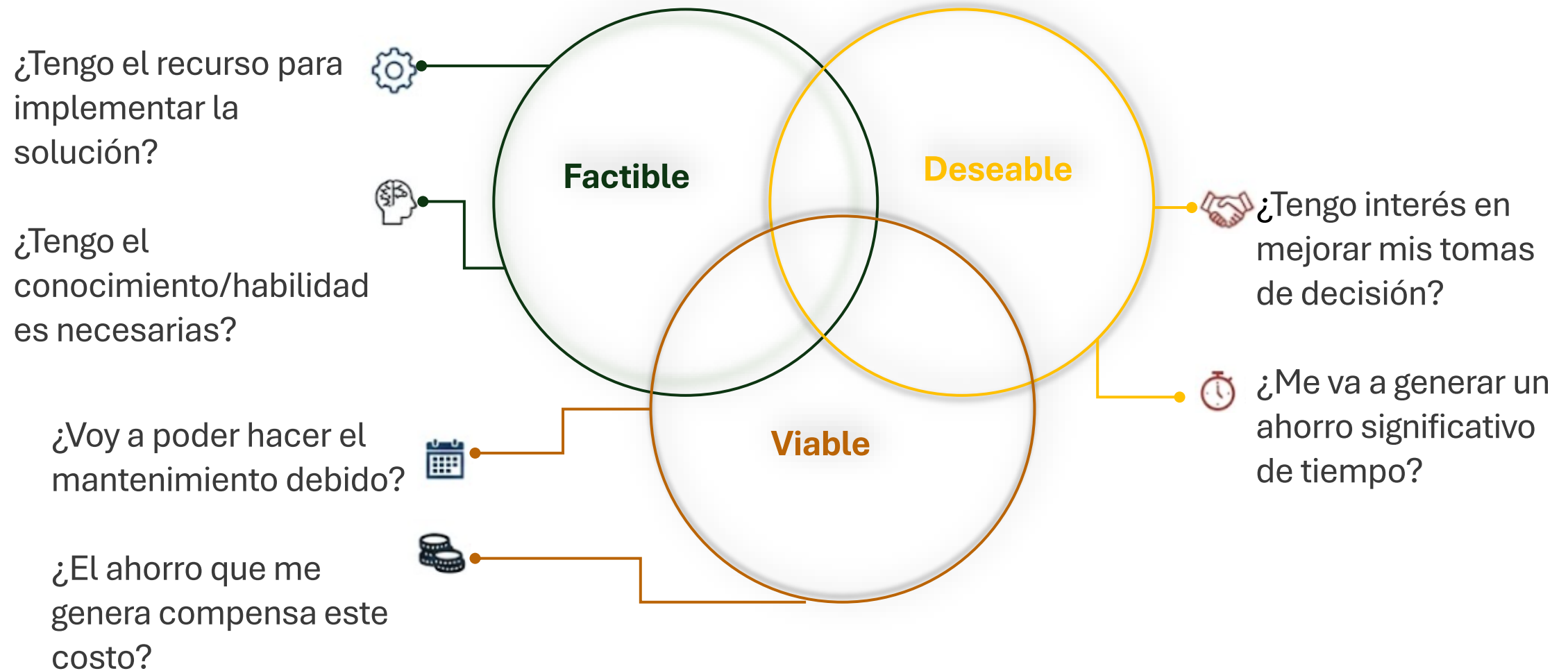
- **Viento fuerte** y limitaciones para abrir ventanas.
- Riesgo de **bajas temperaturas** y heladas.
- **Alta humedad** y condensación.
- **Gran amplitud térmica.**
- Dependencia de calefacción y energía.

Contexto en Magallanes (2)

Necesidades prioritarias

- **Mejorar estructura, aislación, ventilación y control de condensación**
- **Optimizar riego, bombeo, filtración y consumo energético**
- Aplicar pautas simples de nutrición, sanidad y mantenimiento
- Incorporar registros, sensores y alertas de forma gradual

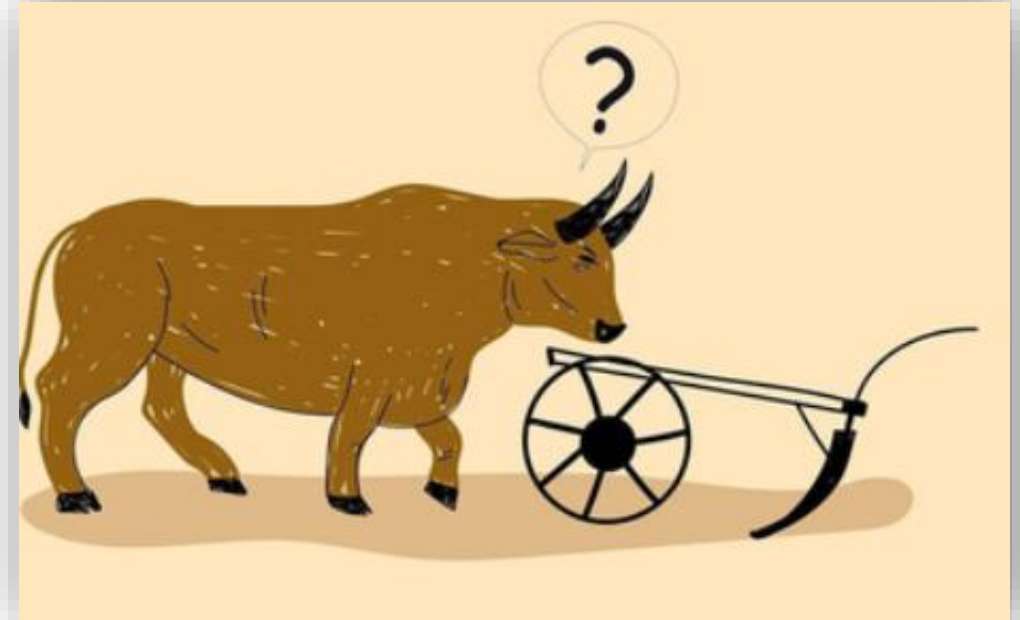
Principios de diseño centrado en usuarios



Paso a paso

- ¿Qué tan prioritario es adoptar soluciones de agricultura digital?
- Priorizar mejoras de elementos de infraestructura más sencillos primero

Ejemplo: proporcionar el sistema de bombeo en NFT primero antes de pensar en agricultura digital





La tecnología en relación al contexto productivo

Encontrar el nivel de **tecnológico relevante**



El costo no se limita a la implementación

Costo de implementación	Costos operacionales	Costos de mantenimiento
• Costo de los equipos • Costo de instalación • Costo de adaptación	• Costo energético • Licencia programas • Almacenamiento, computación • Soporte técnico • Entrenamiento continuo • Reparación de fallas	• Mantenimiento de sensores • Reemplazos • Actualizaciones de programas

¿Vale la inversión?



Smart Agricultural Technology

Volume 9, December 2024, 100634



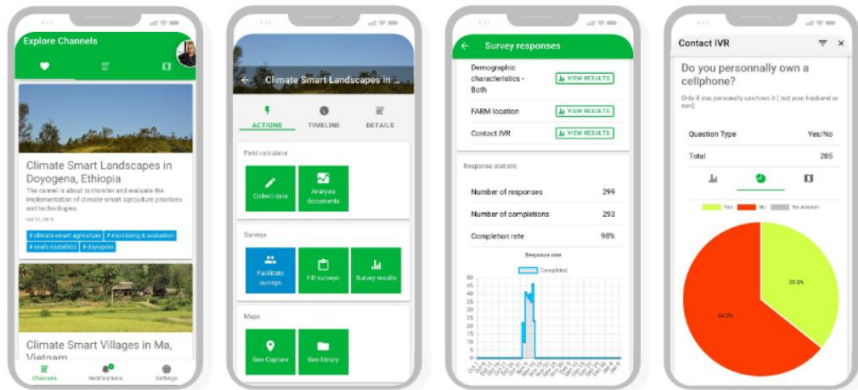
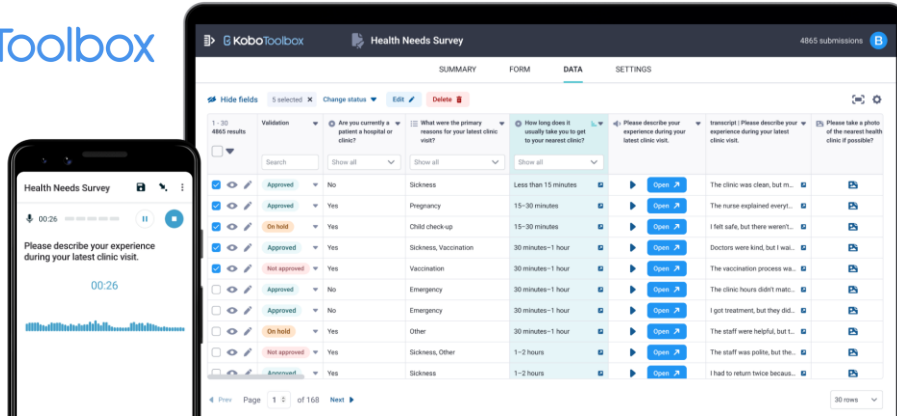
A comprehensive cost mapping of digital technologies in greenhouses

Carolina Vargas^{a b}  , Sébastien Gamache^{a b}, Nilson Henao^{a c}, Kodjo Agbossou^{a c}, Shaival Nagarsheth^{a c}

- ✓ Falta de análisis académicos costo/eficiencia
- ✓ Es complejo dar costos, cada caso siendo único

Nivel 1: recolección de datos y análisis ad-hoc

KoboToolbox



MyGeoFarm

Un proceso manual pero de libre acceso:

- Existen aplicaciones móviles libres para recolectar datos
- Análisis en Microsoft Excel o equivalente
- Un primer paso, ejemplos:
 - Seguimiento de la producción de cada lote
 - **Seguimiento de costos**
 - Proyección de las cantidades y fechas de cosecha
 - Mediciones manuales

Costo: ~0 si herramienta libre; costos de medidores manuales (humedad, pH, EC).

Nivel 2: sistema de monitoreo con sensores



Sensores

Connexión alámbrica
o inalámbrica



Unidad de
monitoreo

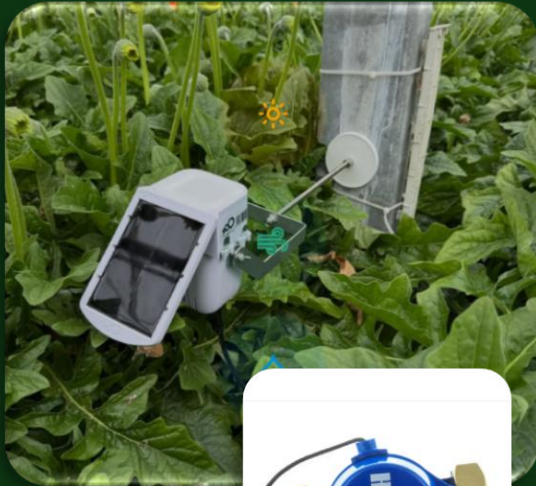


Sistema de alertas

Tablero de
instrumentos

Costo indicativo: ~USD 3000 – 5000 + 500/año

Nivel 2: sistema de monitoreo con sensores



Sistema all-in-one



Monitoreo de flujo y detección de fugas.



Estado sistema hidraulico
Identificación de fallas



Temperatura (Extremos)



Humedad relativa
Necesidad de ventilación



Parámetros de nutrición

Tablero comercial



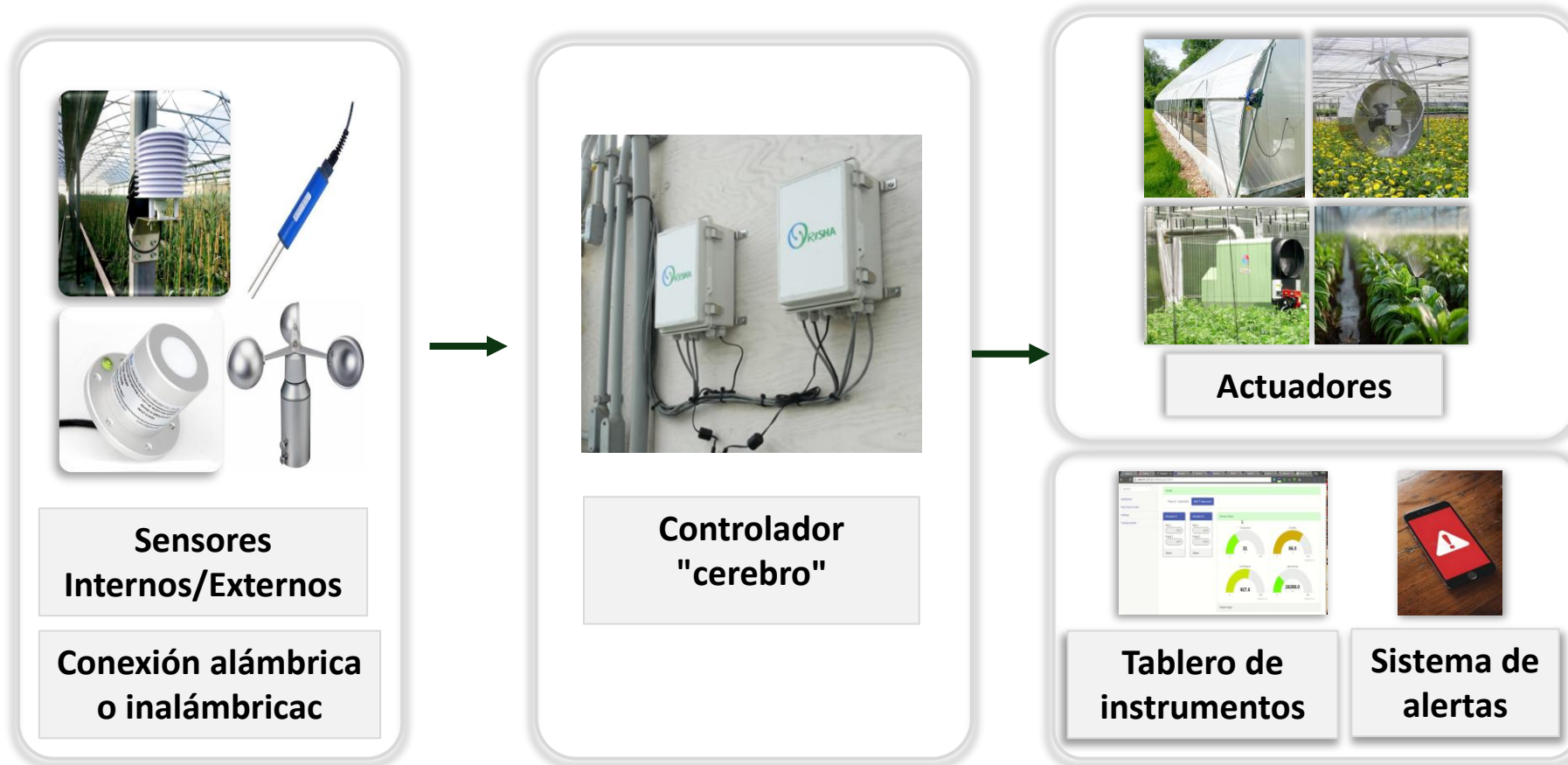
Tarjeta de Alerta

>Alarma :

"La bomba está encendida, pero el sensor no detecta flujo durante dos minutos"



Nivel 3: sistema de control automático



Costo indicativo: ~USD 10 000 – 20 000 + 1000/año

Nivel 3: sistema de control automático

El sistema de control automático permite:

- Ahorrar mano de obra accionando de forma automática los equipos
- Ajustar de forma automática los equipos teniendo en cuenta las condiciones al interior y exterior
 - ✓ Condiciones estables para el cultivo
 - ✓ Ahorro energético (hasta ~30% contra control manual según fabricantes)



Agricultura digital: una oportunidad para los jóvenes

- La tecnología incentiva el interés de las nuevas generaciones por el sector agrícola.
- Son elementos claves a nivel de hogar para el uso y apropiación de tecnologías.
- Ejemplo de proyecto de pregrado en Colombia: control ambiental de invernadero.
- Desarrollo de sistemas de baja costo



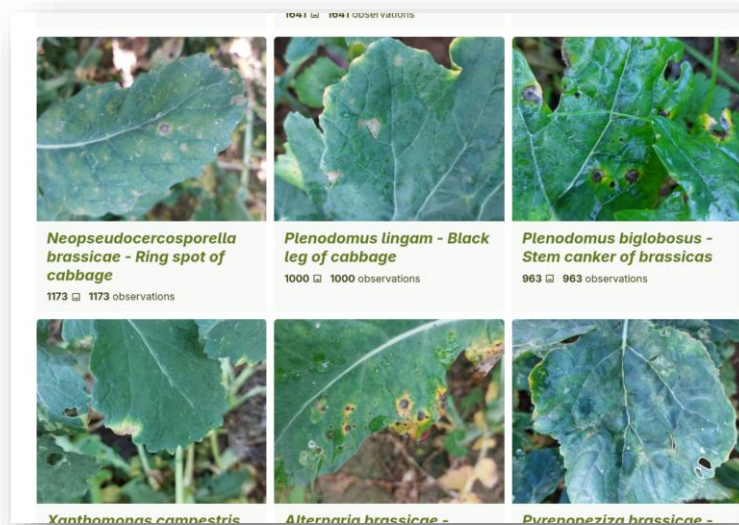
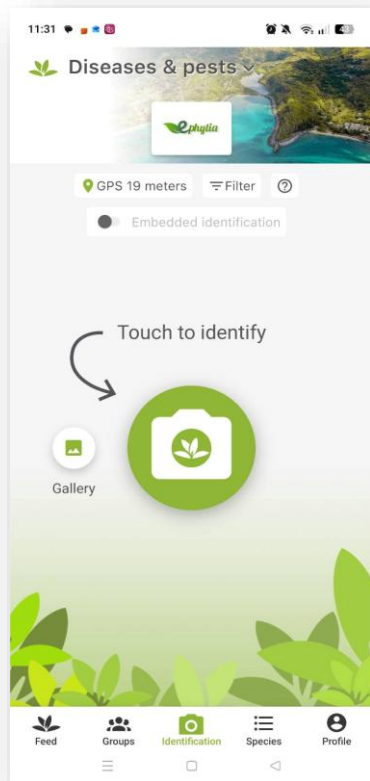
**Sistemas de apoyo a la toma de decisión
basado en imágenes**





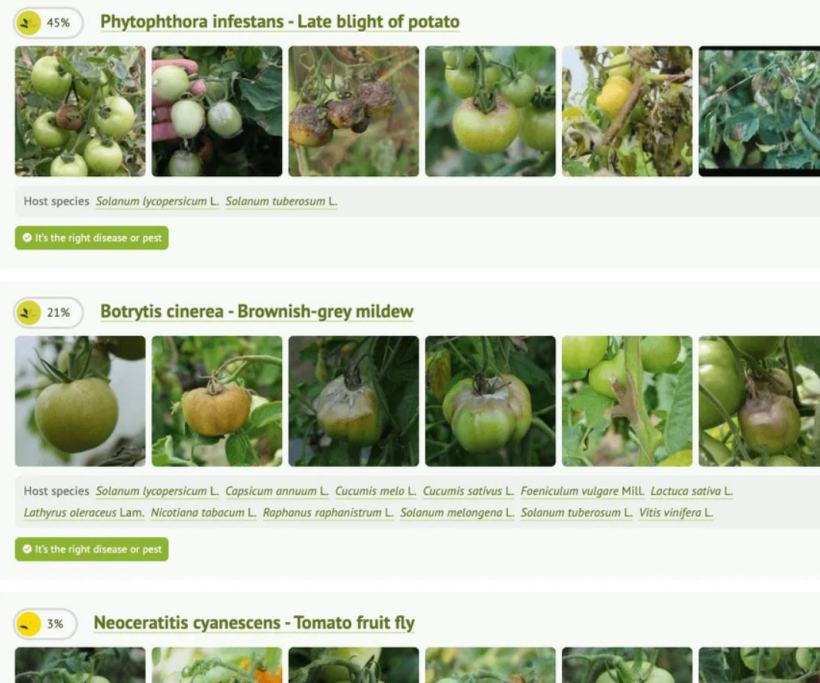
Pl@ntNet

Ayuda en la indentificación de plagas y enfermedades



Aplicación de acceso libre

Diseases & pests results



Estimación de rendimiento basado en fotos

- Estimación de rendimiento via fotos de celulares
- Conteos via detección automática
- Usos potenciales:
 - Previsiones de cosecha para negociaciones comerciales
 - Trazabilidad del producto (evidencias)
 - Apoyo al manejo (cuantificación de las exportaciones)



Recomendaciones

Establecer una tipología de contexto productivo para conformar grupos de agricultores interesados:

- Objetivos de producción
- Capacidad de inversión
- Aptitudes
- Conectividad

Para cada grupo, definir acciones prioritarias y paquetes tecnológicos relevantes

Una vez esto obtenido, se puede empezar a formular paquetes tecnológicos y dar cifras más acertadas.

Ejemplo de **perfil** arquetipal

Valentina Mansilla

Arquetipo de productora de Magallanes



46 años · Puerto Natales · Frutilla bajo invernadero

Productora familiar · ventas directas · usa smartphone



BUSCA

Calidad + continuidad



DESAFÍO

Humedad + costos energéticos



HOY

**Infraestructura funcional,
pero vulnerable a viento y
perdidas de calor.**



NECESITA

**Infraestructura básica +
protocolos simples +
registros y alertas**

Mensajes claves

- La agricultura digital puede empezar de forma sencilla: recolecta de datos y gráficas simples.
- La solución tecnológica tiene que ser relevante para el contexto productivo: más sofisticado no siempre significa mejor.
- Primero se deben tratar las necesidades de mejora de las infraestructuras.
- Es necesario considerar costos, capacidades y mantenimiento.
- Los jóvenes pueden ser elementos claves en una adopción exitosa de tecnología de agricultura digital.
- Se debe establecer una tipología con paquetes técnicos.

¡Gracias!



r.gautron@cgiar.org