



Tecnologías disruptivas en la agricultura

1 de diciembre de 2023

Dr. Waldo Ojeda Bustamante

Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEI)

Colegio de Postgraduados (COLPOS)

Contenido

- Los retos y tendencias de la agricultura
- Conceptos y definiciones
- Tecnologías disruptivas
- Algunas aplicaciones



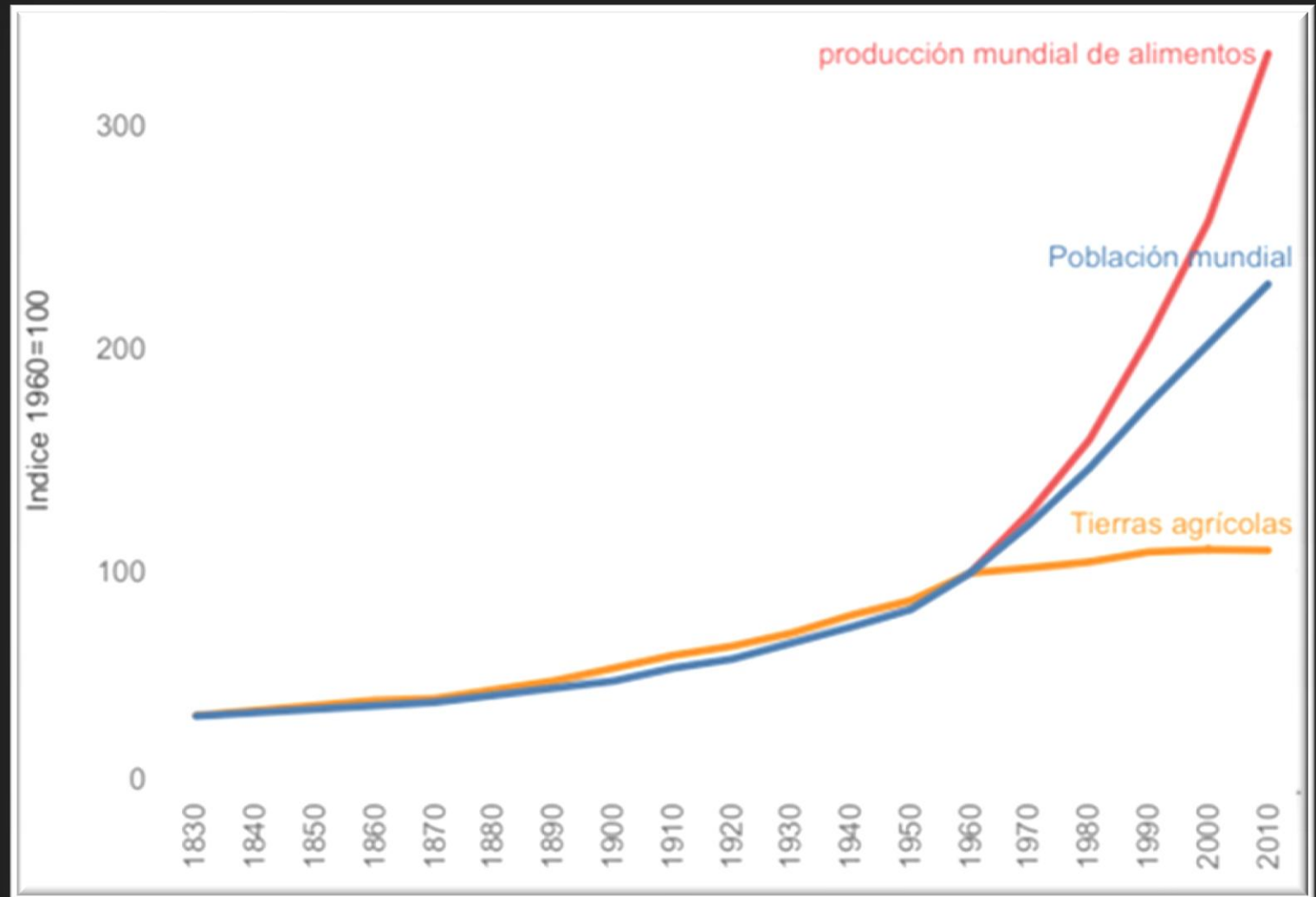
Los retos y tendencias de la agricultura



Superficie agrícola, población y alimentos

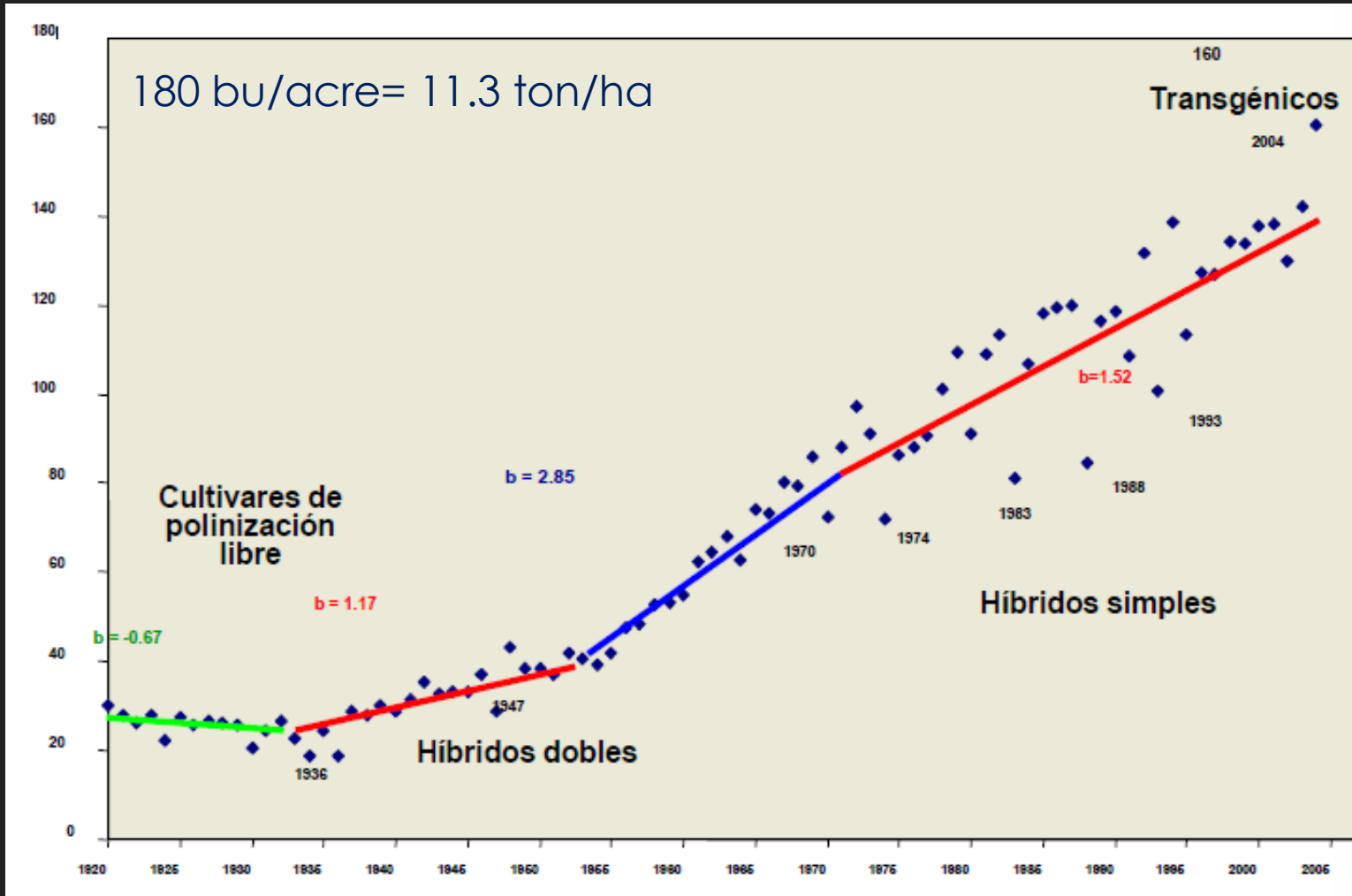
1960 -> 2010: 1.1, 2.3, 3.4

Índice base 1960 = 100



Fuente: OECD, 2019

Rendimiento (bu/acre)



1 bu/acre \approx 63 Kg/ha

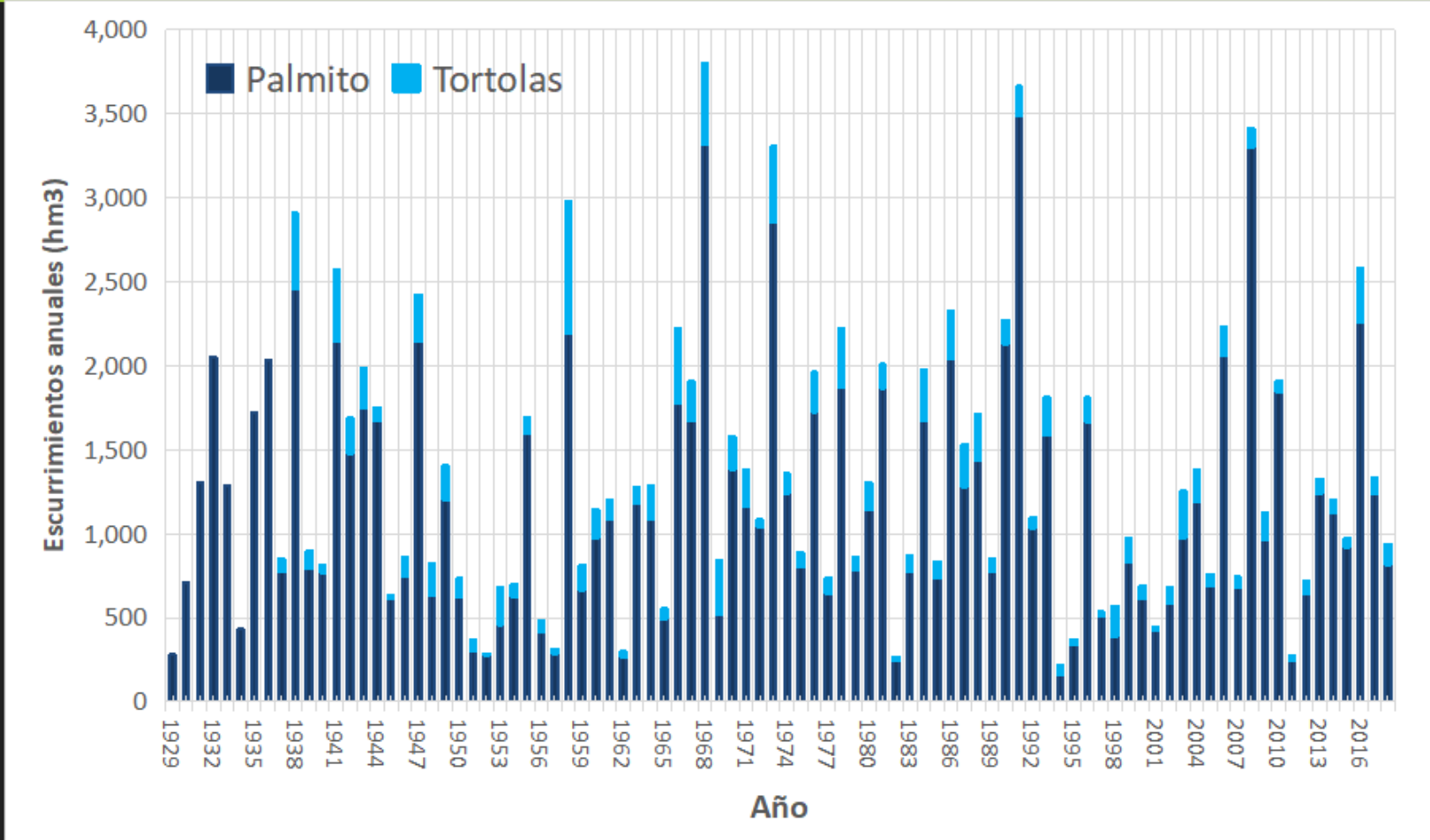
Evolución del rendimiento del maíz en E.E.U.U.

Fuente: Turrent Fernández, 2010

Aprender a convivir con la variabilidad climática

Escurrecimientos anuales a las presas **Lázaro Cárdenas (Palmito)** y **Francisco Zarco (Tórtolas)** sobre el río Nazas que abastecen a la Comarca Lagunes

Periodo: 1929-2018
 Unidades: millones de m³

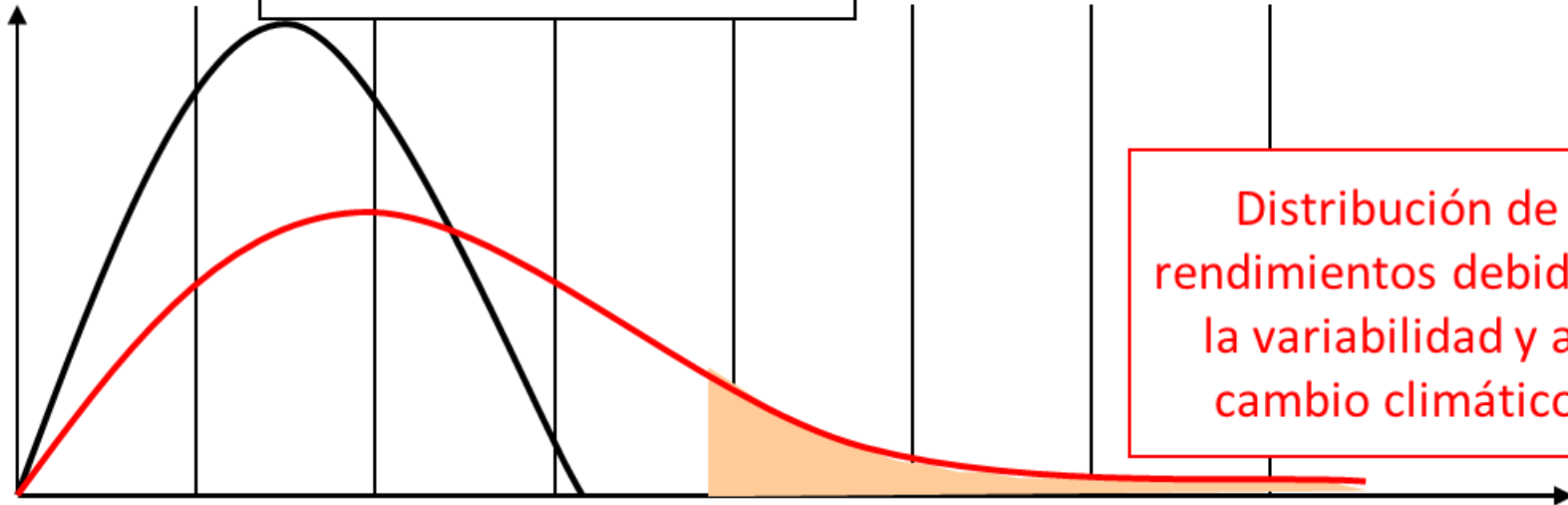


La producción agrícola ante un mundo cambiante

Mayor variabilidad de rendimientos e ingresos por efectos del CC.

Probabilidad

Distribución del rendimiento histórico

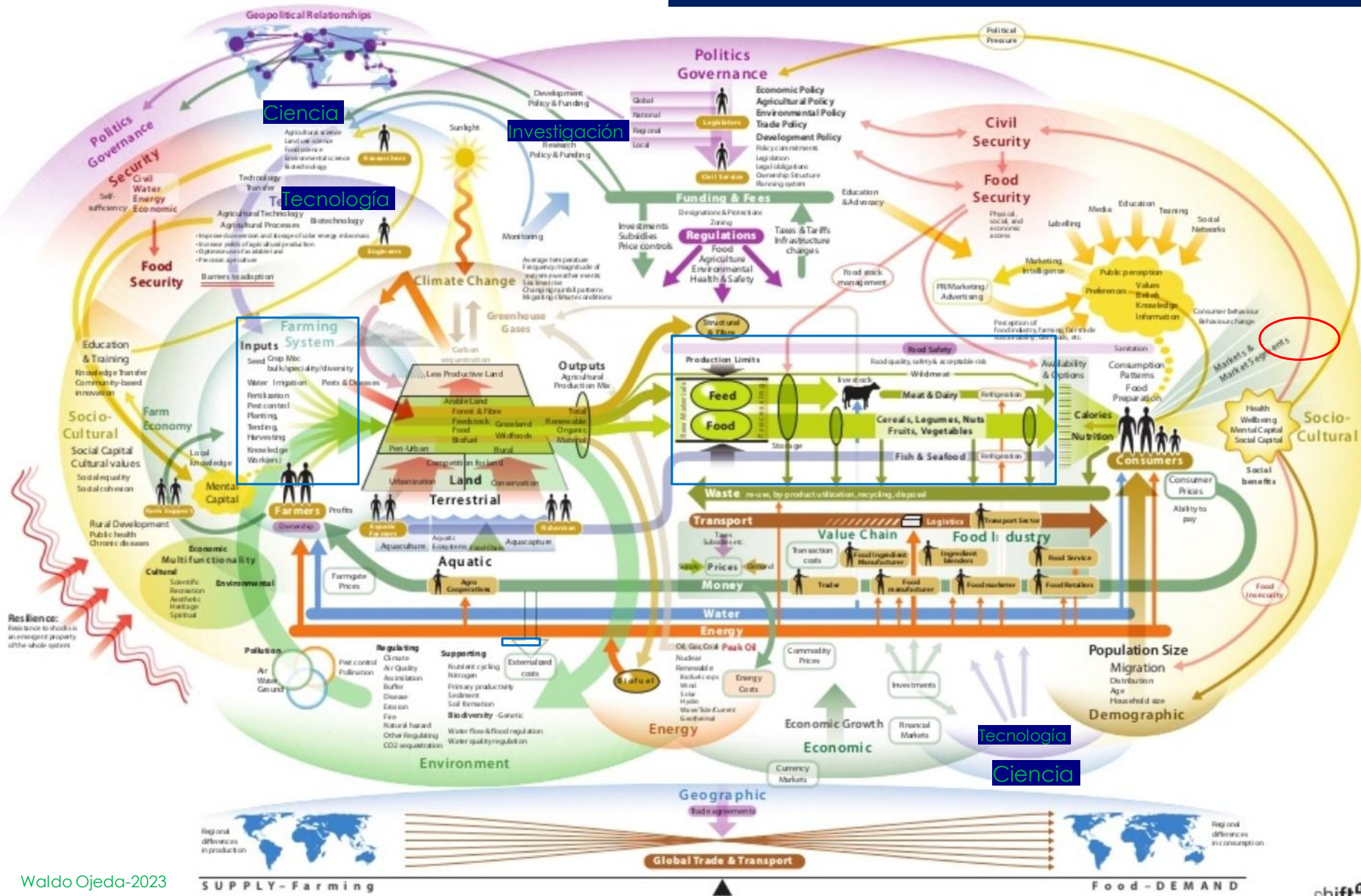


Distribución de rendimientos debido a la variabilidad y al cambio climático

Rendimiento

Fuente: SwissRe

Mapa del Sistema alimentario global



Fuente:
ShiftN, 2009

Cambio en los Sistemas Producción Agrícola

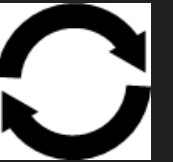
Los sistemas de producción agrícola deben responder a los nuevos desafíos para una producción de manera sostenible ante una mundo cambiante.



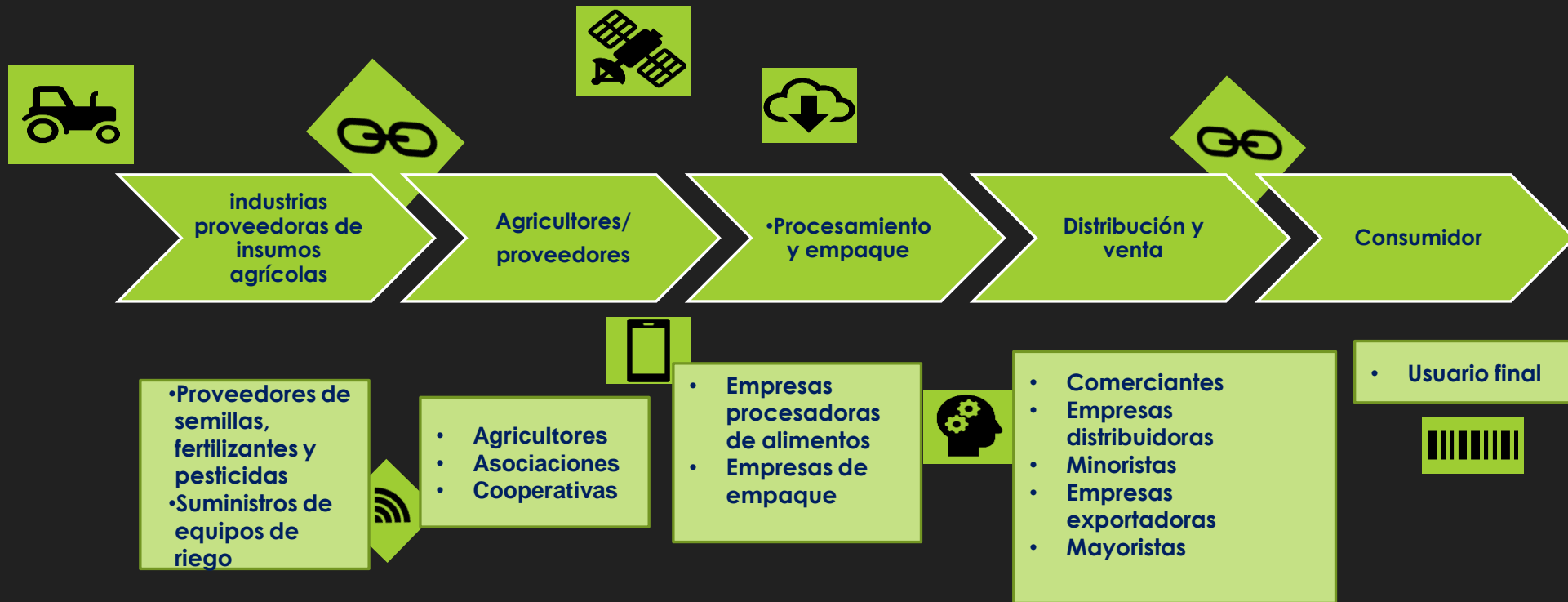
monocultivo

Se requiere responder con oportunidad a los retos actuales y futuros:

- Mayor preocupación ambiental
- Mayor demanda por productos inocuos y orgánicos
- Mayor integración de las cadenas de valor agro-alimentarias
- Incremento de la productividad
- Mayor riesgo en la producción de los cultivos
- Incremento en los costos de producción



Integración de las cadenas de valor



Objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible

Conceptos y definiciones



Categorías de las TD

- Agricultura digital
- Agricultura inteligente
- Agricultura de precisión

Algunas veces se consideran como sinónimos a la Agricultura Digital e Inteligente.

Agricultura digital (AD)

Integración de la información **digital** a la toma de decisiones para el manejo sustentable de los sistemas agrícolas de alta productividad como parte integral de la cadena de valor agrícola, desde el surco hasta el consumidor final.

Agricultura inteligente



- 1) Tecnologías de **gestión de información** desde la integración de los datos de un sistema agrícola colectados por diversas fuentes, su conversión en información útil y el **análisis predictivos** de las variables para la **toma de decisiones agrícolas**.
- 2) Uso de las tecnologías de la información para facilitar la **conexión directa entre consumidor y el productor** para suministrar, tanto al consumidor sobre el producto a comprar así como para informar al productor sobre las compras realizadas por el consumidor.

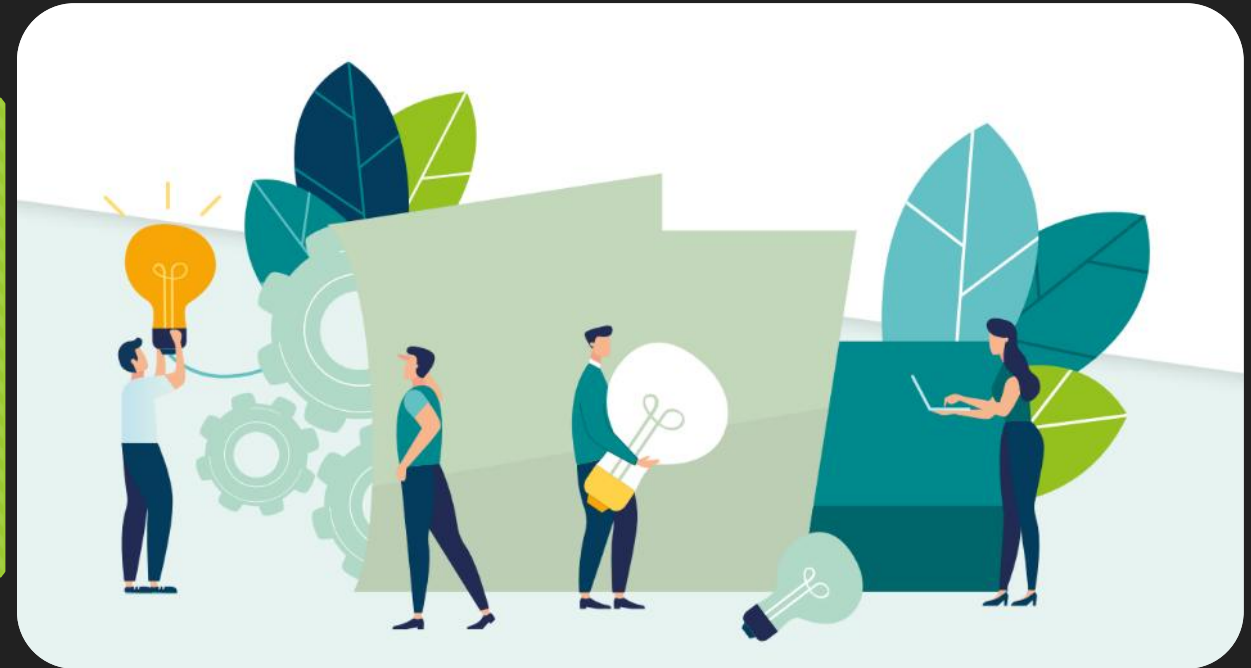
Agricultura de precisión

Conjunto de tecnologías y conceptos para una mejor gestión de la producción agrícola, fundamentada en el **manejo espacial y temporal diferenciado** de una parcela con el **acoplamiento** de los requerimientos demandados del cultivo y su aplicación local de insumos o recursos, en **respuesta a la gran variabilidad de factores que afectan el rendimiento** de los cultivos, en cantidad y calidad, para lo cual se requieren de sistemas para **monitorear** las variables de interés y de equipos que faciliten la **aplicación** diferenciada de insumos y productos (Pierce and Nowak, 1999; Ojeda et al., 2017).

Definición y conceptos sobre Tecnologías Disruptivas (TD)

- Innovación tecnológica que deja, totalmente o parcialmente, **obsoletas** las que se estaban usando hasta ese momento.
- **Emergen** como productos o servicios, **nuevos o mejorados**, del mercado y su crecimiento acaba por desplazar a la competencia y transformar el sector.
- Por el gran número de innovaciones que se producen; la industria, las instituciones, y los agricultores están obligadas a **incorporar tecnologías innovadoras de manera constante**.

Tecnologías disruptivas



¿Que se requiere y hacia donde van las TD?

Principales forzantes disruptivos

- Condiciones **ambientales y climáticas cambiantes**
- **Futuro incierto** en la demanda urbana
- Creciente **población y mayo presión social**
- Necesidades de **optimizar la producción** por altos costos y mayores riesgos

Los principales aceleradores

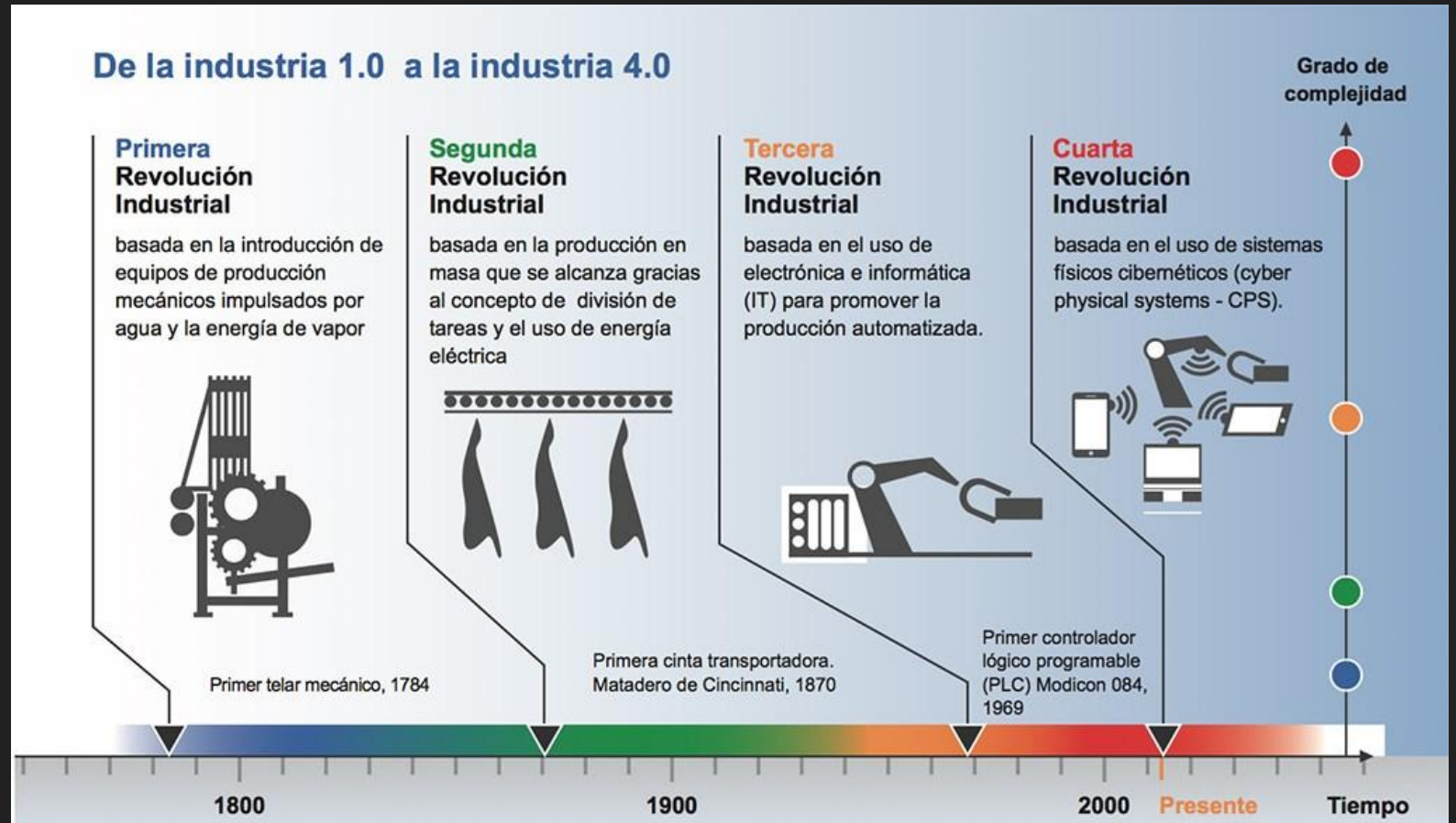
- Las preferencias **cambiantes de los consumidores** y demanda de **mayor información** sobre los productos alimenticios
- Una **infraestructura** bien desarrollada (redes de banda ancha) y una **política que fomente** el uso y la adopción de nuevas tecnologías.
- **Disponibilidad de datos y acceso abierto a la información** para facilitar el desarrollo de nuevos productos, servicios y modelos de negocio en toda la cadena de valor.
- **Inversiones en I+D** para respaldar los avances tecnológicos.

Impactos en la cadena de valor

- Reducción de **riesgos en la producción agrícola**
- Riesgos asociados con las **emisiones de GEI y al cambio climático**
- Aumento de la **eficiencia en la producción** y adaptación a las **demandas cambiantes** del mercado
- **Información sobre la logística** a lo largo de las cadenas de valor.
- Nuevas posibilidades para que **los clientes y usuarios obtengan más información** sobre las cualidades a lo largo de los procesos de producción.

Desarrollo industrial

1. Energía de vapor
2. División de tareas y uso energía eléctrica
3. Uso de la electrónica e informática
4. Sistema físicos cibernéticos





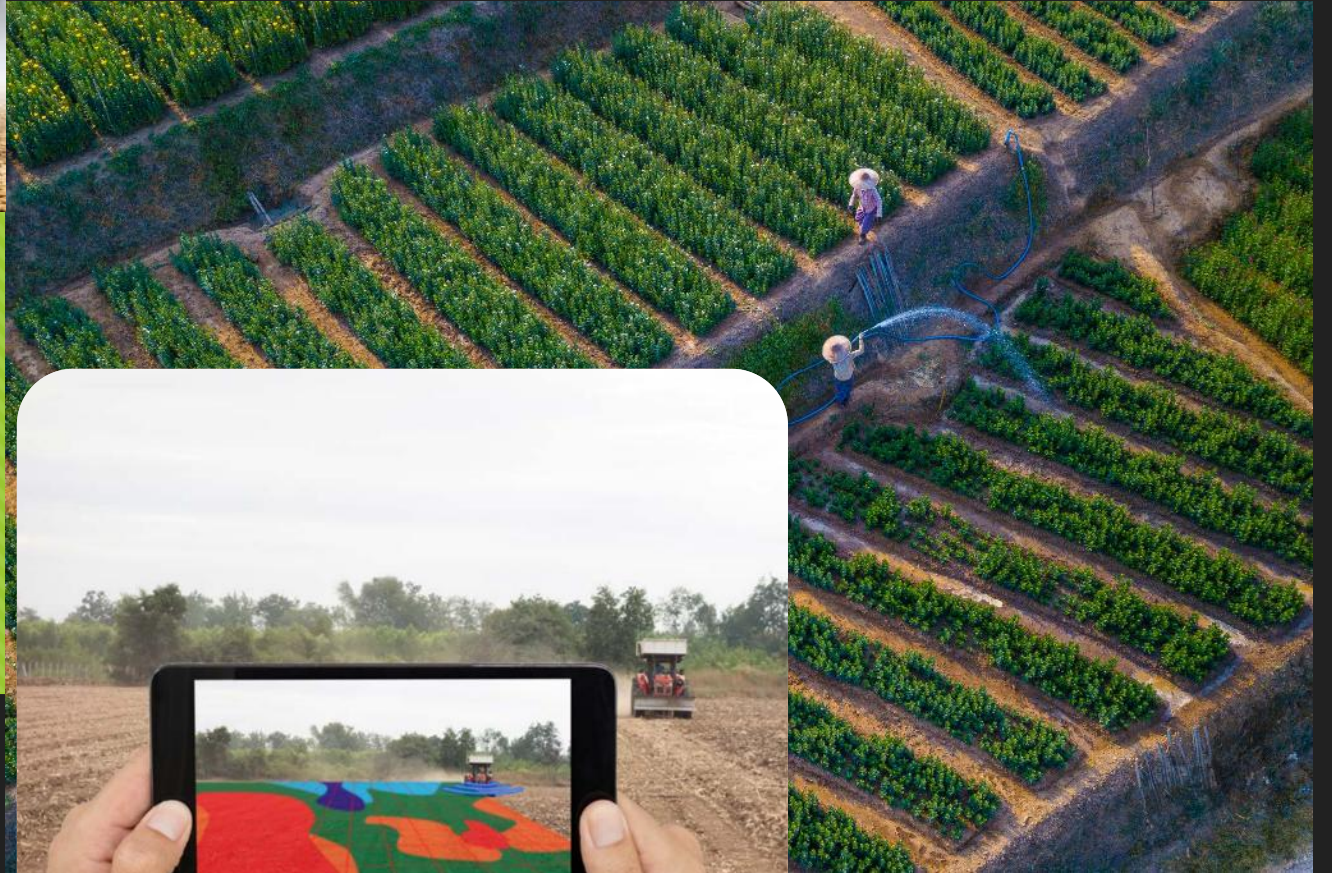
Algunas tecnologías involucradas

- Sensores en equipos en plataformas de monitoreo remoto: móviles, portátiles o estáticas
- Cámaras digitales/Imágenes multispectrales
- Internet de las cosas (IoT - Internet of Things) - (conexión y transferencia datos por internet)
- Big data(almacenamiento en la nube, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos)
- Técnicas y métodos predictivos basados en inteligencia artificial (Técnicas de aprendizaje automatizado, ...)
- Robótica - sistemas de transporte autónomos para control y automatización de procesos

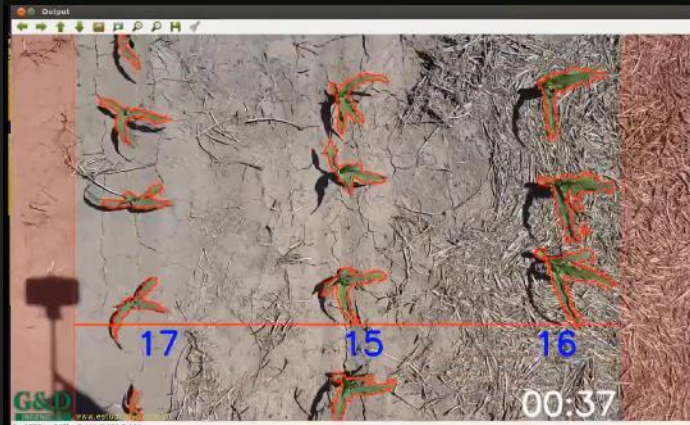
Procesos involucrados

- 1) **La adquisición de datos** (Sensores IoT, satélites y sensores móviles montados en **una plataforma, como un dron o tractor**)
- 2) **La estandarización de datos** que facilite la incorporación o fusión rápida en las diferentes tareas de la AD,
- 3) **El pre-procesamiento** para limpiar y llenar huecos de datos y su transformación en formatos recomendables para su posterior análisis
- 4) **El procesamiento de datos** para alimentar a los modelos de diagnóstico, estado, predicción, optimización, análisis y pronóstico de variables asociadas al estado del sistema o de las variables de respuesta del sistema
- 5) **Generación y toma de acciones** por los productores o gerentes basada en la información procesada por los modelos
- 6) **Retroalimentación de la información** generada y las decisiones tomadas para alimentar el proceso para los ciclos de producción posteriores
- 7) **Mejora continua.**

Tecnologías disruptivas en la agricultura



Conteo y reconocimiento de formas

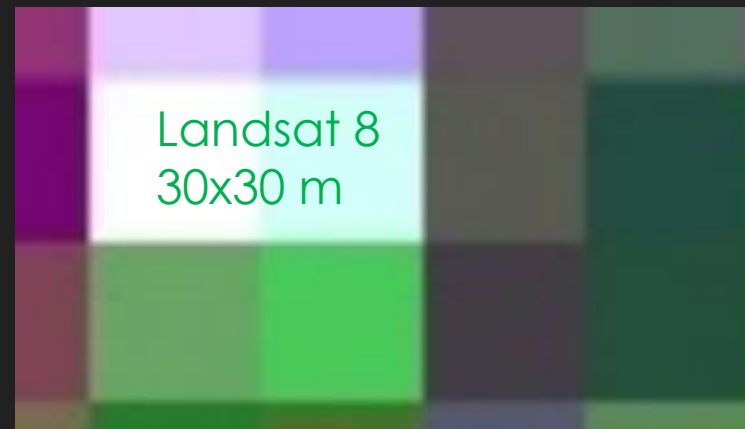
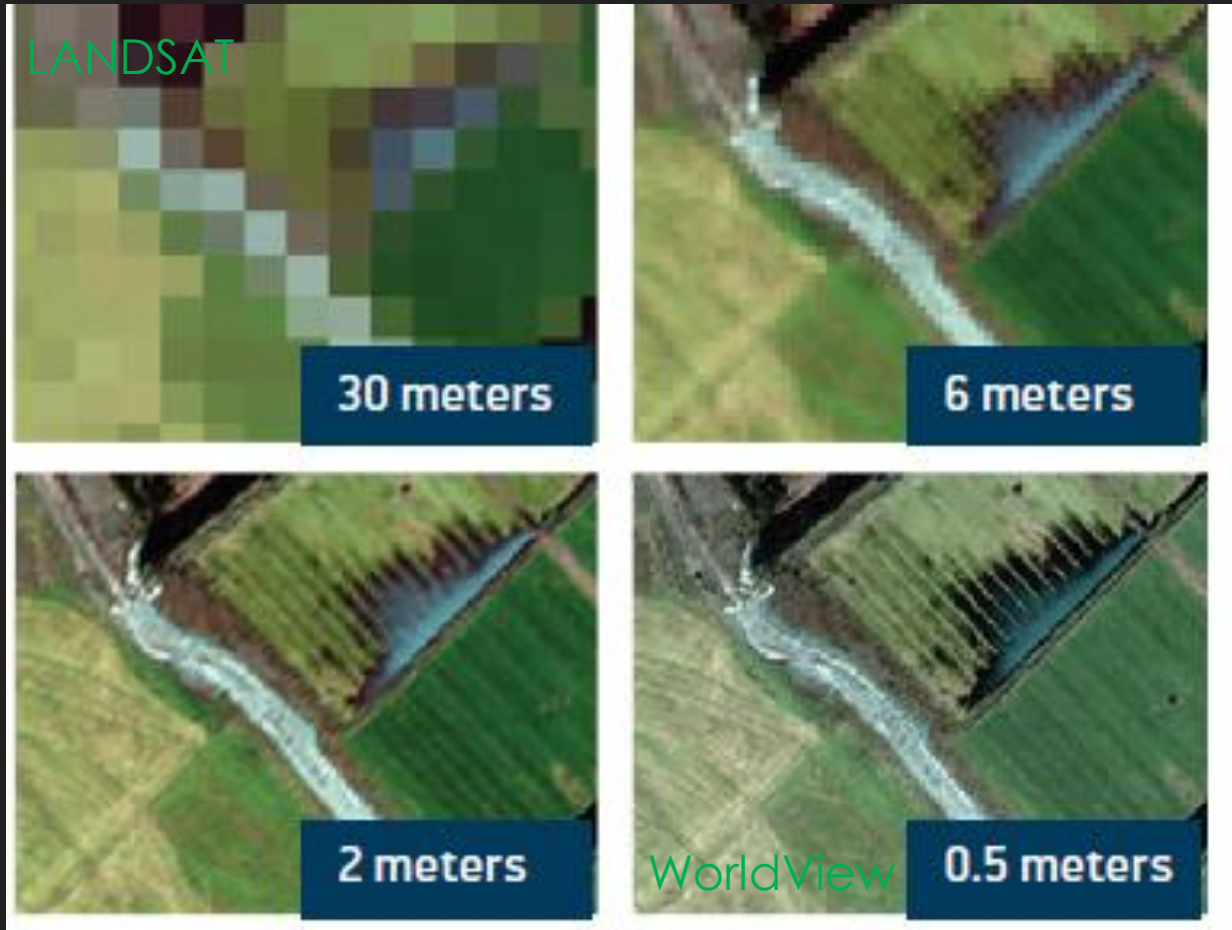


Fuente: Estudiogyd.

Conducción autónoma



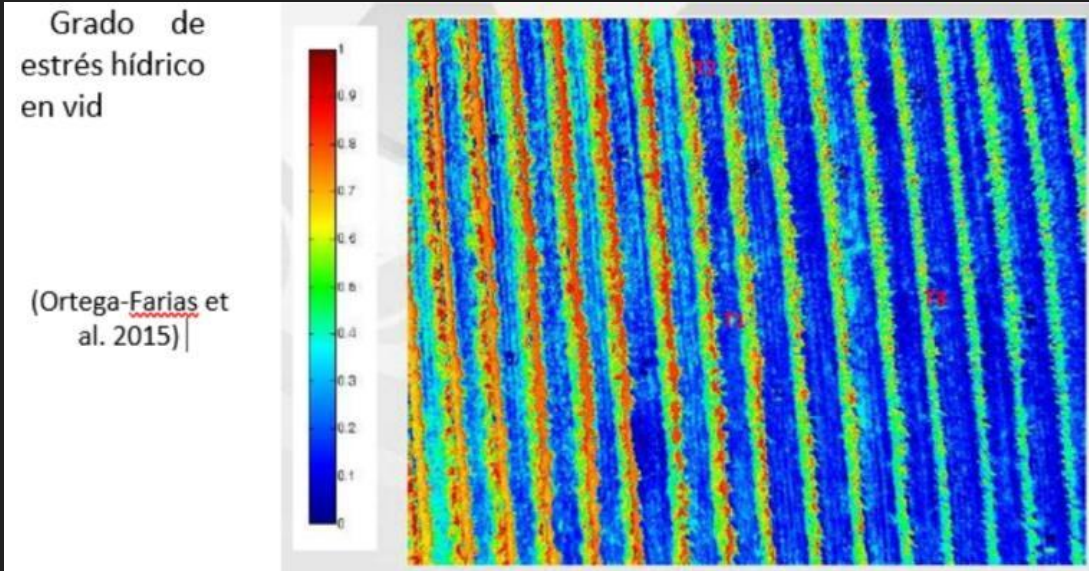
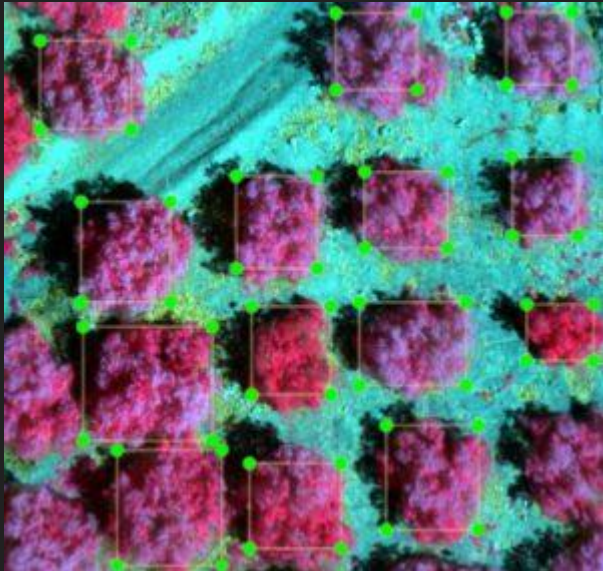
Mejora de la resolución espacial



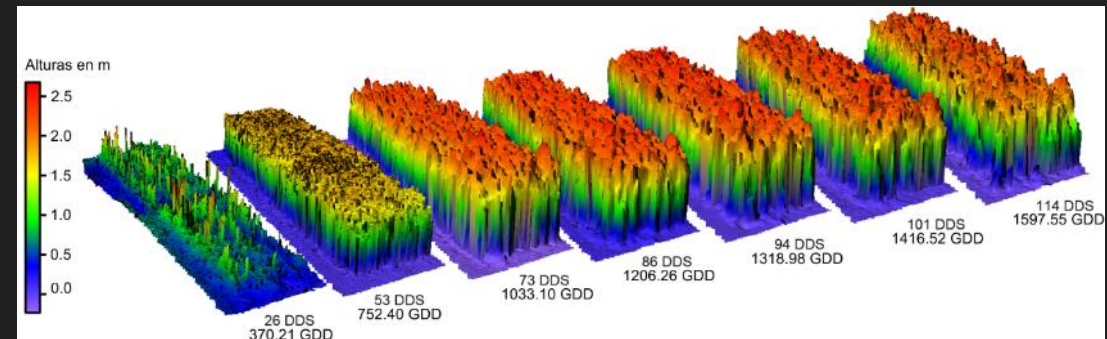
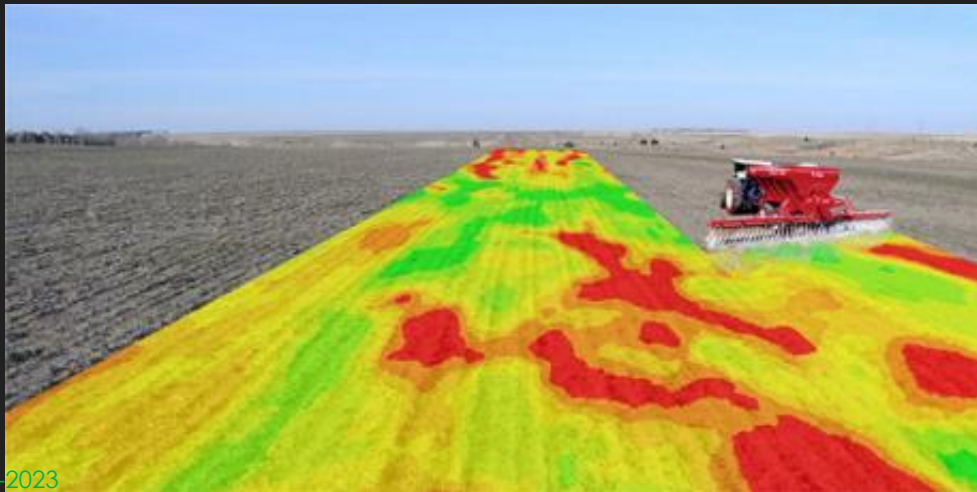
Quickbird
65x65 cm

VANT
5x5cm

Vehículos aéreos no tripulados & Cámaras digitales

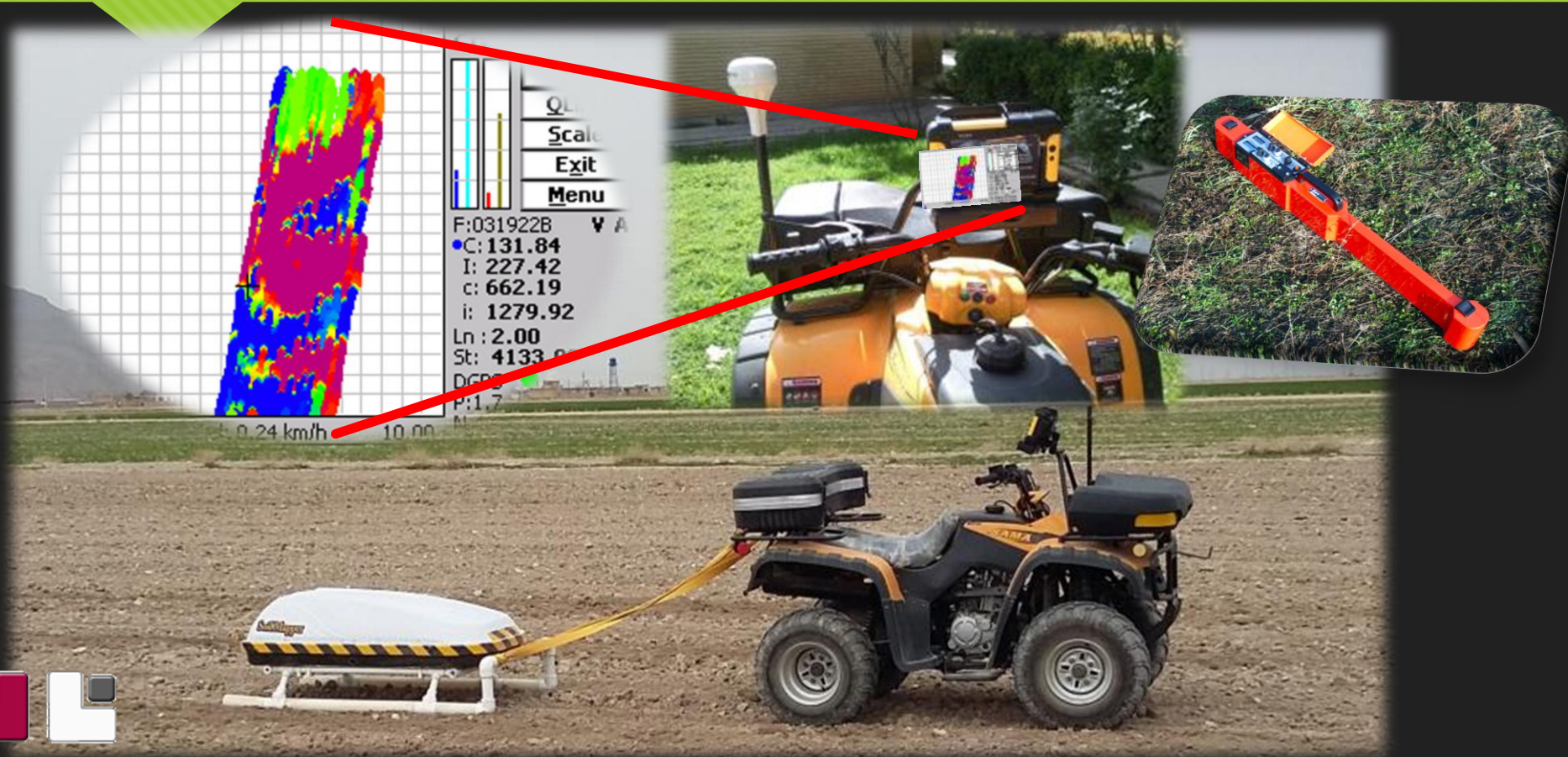


Fuente: Ojeda et al.,



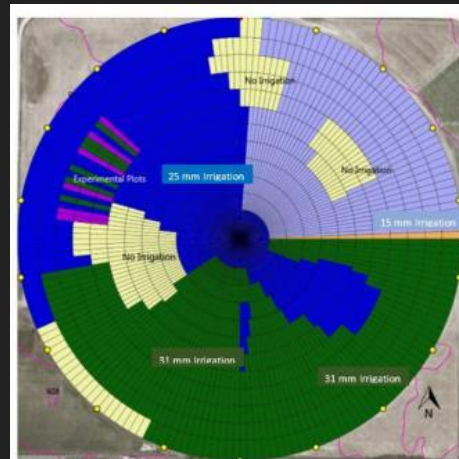
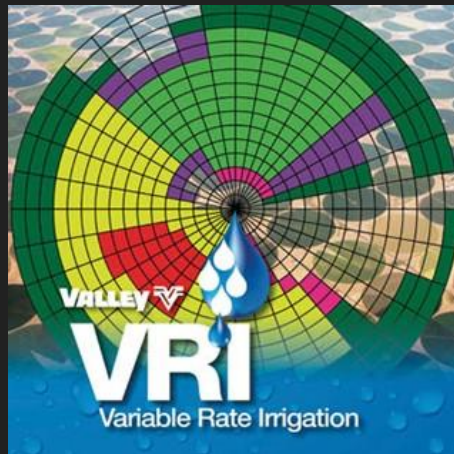
Fuente: Marcial et al., 2019

Muestreo indirecto de las variables del suelo: caso: mapeo pH y CE.

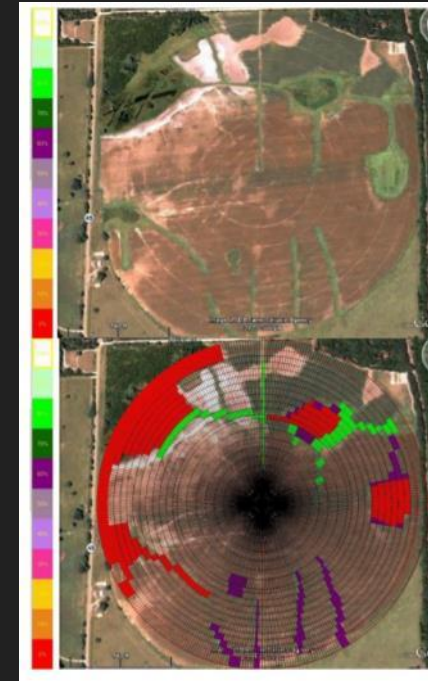


Irrigación de precisión

Irrigación con tasa variable (VRI en inglés), en función de su posición.



Yari, 2017

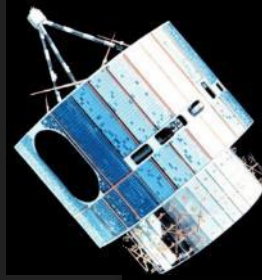


Parcela

Aplicación diferencial (zonas coloreadas indican reducción de lamina o eliminada)

Fuente: Calvin Perry

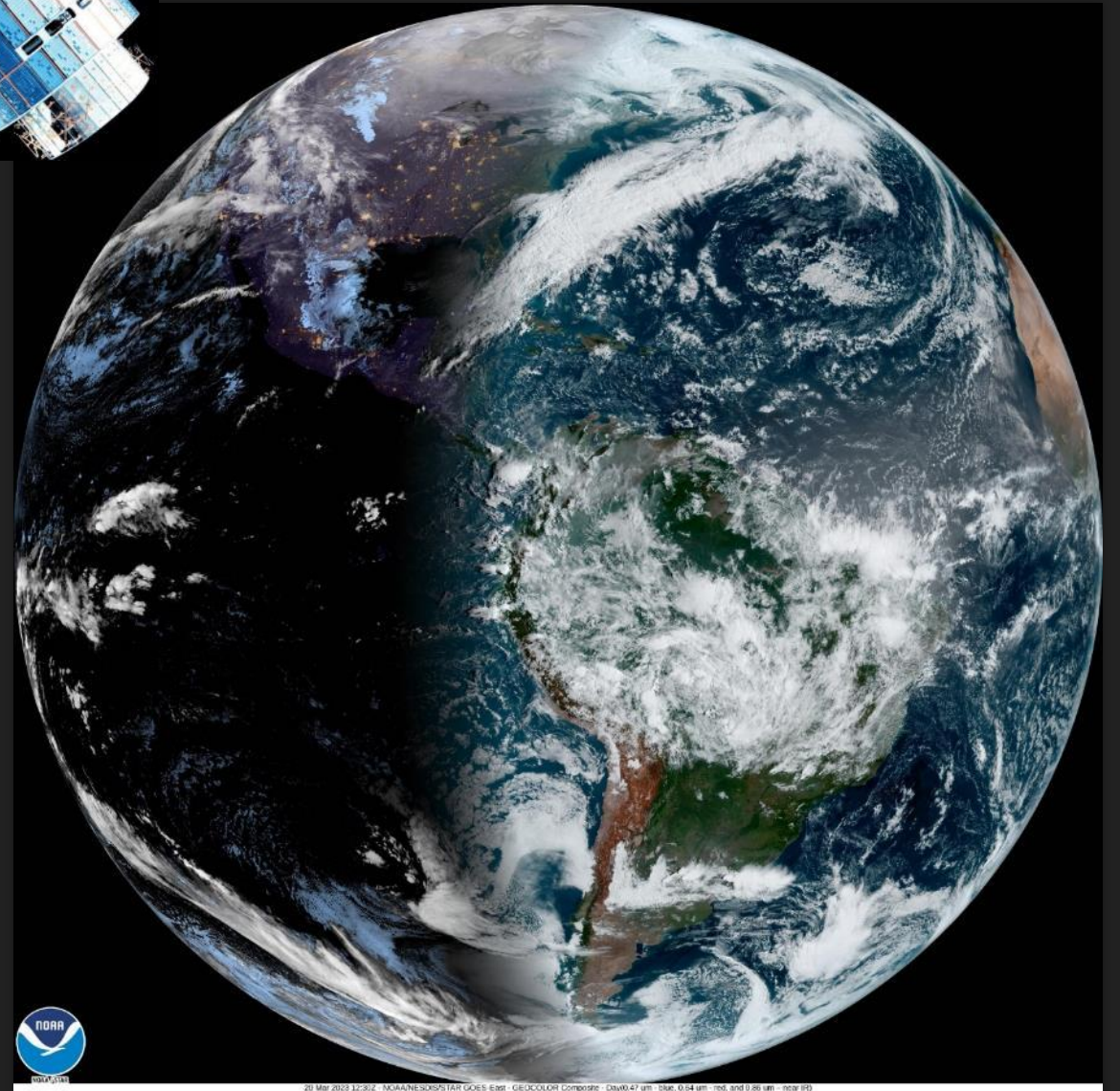
Satélites meteorológicos



La serie R de los satélites GOES

(The Geostationary Operational Environmental Satellite - Satélites Operacionales Ambientales Geoestacionarios)

además de proveer imágenes y mediciones terrestres, proporcionan datos de variables geospaciales de interés atmosférico, hidrológico, oceánico, climático y solar.



20 Mar 2023 12:30Z - NOAA/NOAA/STAR GOES-East - GEOCOLOR Composite - Day0 47 um - 0.64 um - red and 0.86 um - near IR



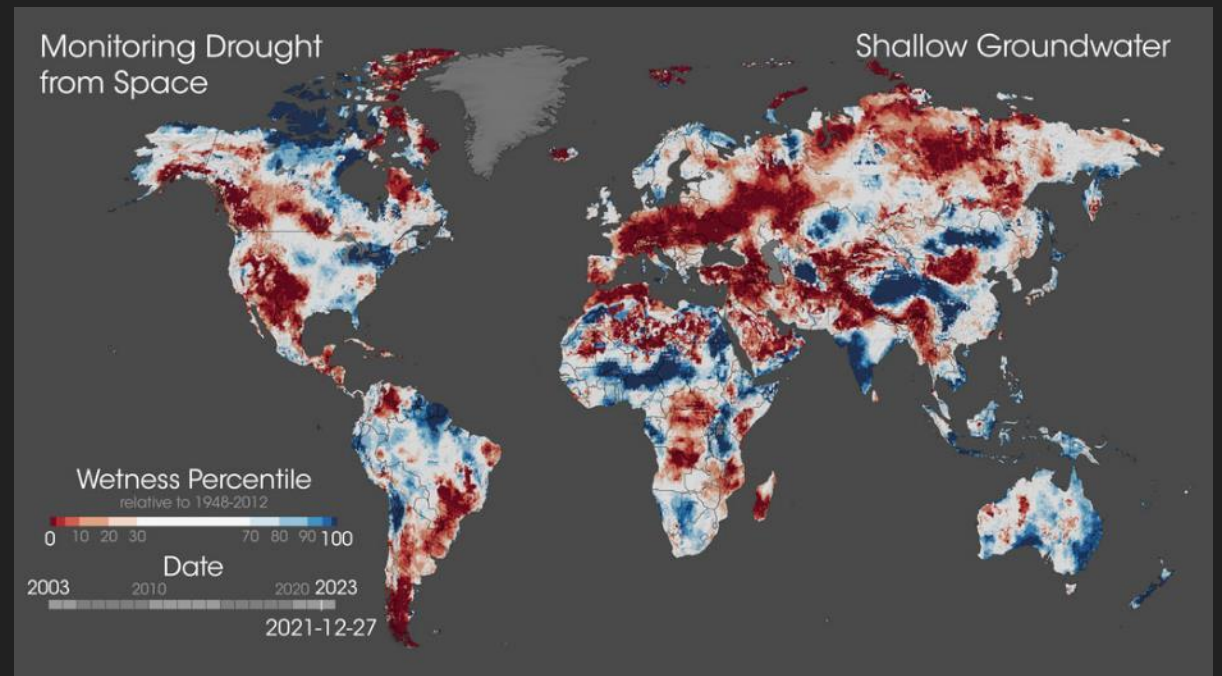
Walao Ojeda-2023

GOES R

Satélites GRACE

GRACE - Gravity Recovery and Climate Experiment

Estima los cambios locales del campo de gravitación terrestre, detecta anomalías en la concentración en masa terrestre.
Las variaciones en la gravedad observadas por GRACE se interpretan como cambios en el almacenamiento de aguas terrestres



Gracias



**Dr. Waldo Ojeda
Bustamante**

w.ojeda@riego.mx

Presidente

Colegio Mexicano de Ingenieros en
Irrigación (COMIIR)

Profesor visitante

Colegio de Postgraduados

Empresas proveedoras de tecnologías agrícolas para ambientes controlados

2021 INDOOR AGTECH LANDSCAPE CONTROLLED ENVIRONMENT AGRICULTURE FOR FOOD CROPS



COMPONENT TECHNOLOGY

NEXT-GEN GROWERS

Environmental Controls BARTLETT, AEM, GreenSpout, MicroGrow, AGENTS, hoogendoorn, SERCOM, Munters, PlytFarm, DAVIDTEK, growlink, Link4, WAOSWORTH, senmatic, Hamachi Horti, Autogrow	Crop Monitoring FUNU, Paskal, COEVIUS, GEARBOX, PHENOSPEX, sendit, Dynamax, KEYMAKR, PLANT DATA	Nursery Automation URBANACT, VISBER, HRC, Sackerman, ELLEPOT, 150-CROUPE, ATLANTIC MAN, LEMOSA, TONIC, BC, tea, ETAF	Industrial Appliances evagro, SMALLHOLD, levit farms, GardenChef, farmshelf, FARMACY, bitmantis, BABYLON, hexagro, VIKING	Greenhouse Growers little leaf, B-FOUR AGRO, thanet earth, ELEMENT Y FARMS, GREENICE, Applharvest, SARA, costa, SPINA, PETE'S, GREAT LAKES, MIGHTY VINE, CROPPBOX, n thing, GPD, VISCON, NGS, ECF, Future Farms, Phytoconics, edelgreen, ZIP GROWN, Sunless Production Systems (Indoor Vertical)
Irrigation & Fertilization calcon, HANNA, NETA-FIM, ILE Anderson, KARACA	Pest & Disease Monitoring ecobus, agrocarea, KIOPPERT	Automated Crop Care SAIA, arugga, polybee, pats, MTA, AGROLABS, Microthos	Container Systems Kropitek, growlainer, Fertilizedly, CROPPBOX, n thing, GPD, VISCON, NGS, ECF, Future Farms, Phytoconics, edelgreen, ZIP GROWN, Sunless Production Systems (Indoor Vertical)	Greenhouse Production Systems VISCON, MITSUBISHI CHEMICAL, TARA, SUNSHINE, NGS, ECF, Future Farms, Phytoconics, edelgreen, ZIP GROWN, Sunless Production Systems (Indoor Vertical)
Lighting Systems 62V, heliospectra, VALOVA, bios, GE current, ignify, GrowFlux, Lohjus, xiant, TUNCSBAM, PARUS, HOKTILUX, Ub'QD, SULLUM, HYPERION	Crop Management evja, MYLOT, blue radix, B-Mex, MyCrops, Grodan, prospera, koidr, KLAVER4ICT, FUJITSU, grownetics, Aquaponics AI	Internal Transport KQSYSTEMS, CYBERWORKS	Greenhouse Production Systems VISCON, MITSUBISHI CHEMICAL, TARA, SUNSHINE, NGS, ECF, Future Farms, Phytoconics, edelgreen, ZIP GROWN, Sunless Production Systems (Indoor Vertical)	Sunless Growers (Indoor Vertical) &ever, fieldless, DREAM HARVEST, GRONSKA, VESAN, farmone, MARDIE FRESH, OISHI, inform, nexton, KALERA, Fth season, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER
Environmental Monitoring Vaisala, netsens, Spectrum, apigeo, iReis, SenseNL, NEPON	Farm Management agro, ec2ce, farmsoft, ARTEMIS, WayBeyond, greml, farmbitte, NATIVE, Farmplan, et GROW, VGM, CONCEPT	Harvest Robotics Fieldwork Robotics Ltd, AGROBOT, Panasonic, Dogtooth, (ihelm), root, DENSO, Barlega AgTech, OCTONION, NEUPON	Greenhouse Production Systems VISCON, MITSUBISHI CHEMICAL, TARA, SUNSHINE, NGS, ECF, Future Farms, Phytoconics, edelgreen, ZIP GROWN, Sunless Production Systems (Indoor Vertical)	Sunless Growers (Indoor Vertical) &ever, fieldless, DREAM HARVEST, GRONSKA, VESAN, farmone, MARDIE FRESH, OISHI, inform, nexton, KALERA, Fth season, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER
		Post-Harvest Automation TAKS, OUBU, SHINYU, compoc, FUTURA, RBC, OLIMPIAS, GREENA, TOMIRA, CRUX, AVETA	Sunless Production Systems (Indoor Vertical) AEEFING, VEGGITECH, TruLeaf, INFINITE, LightFood, NOVAGRIC, NIJSEN, AgriGarden, INNO-3B, vertical farm systems, IParm, We-Factory, GrowPurs, FARMINOVIA, URBAN LAB, CropOne, LETS GROW, ELOS, CERTHON, GrowStack, SANWID, netied, C-Grow, HYVE, GND, Farmony	Sunless Growers (Indoor Vertical) &ever, fieldless, DREAM HARVEST, GRONSKA, VESAN, farmone, MARDIE FRESH, OISHI, inform, nexton, KALERA, Fth season, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER, WILCO, urban oasis, SPREAD, FARMER

Robots agrícolas por país de origen

Country	Company	Robot	What it does	Benefits	Challenges
	SwarmFarm Robotics	SwarmBot	Performs autonomous spraying, seeding, and weeding	Improved efficiency, reduced labor costs, precision farming	Technology adoption, scalability
	Ripe Robotics	Eva	Harvests fruit autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	Octinion	Rubion	Harvests strawberries autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	DJI	Agras MG-1	Drone for autonomous crop spraying	Precision spraying, reduced labor costs, increased efficiency	Regulation, drone adoption
	Robotti	Agrointelli Robotti	Carries and operates various agricultural implements autonomously	Improved efficiency, reduced labor costs, precision farming	Technology adoption, scalability
	Naïo Technologies	Dino	Provides autonomous weeding in specialty crops	Reduced labor costs, reduced herbicide use, increased efficiency	Diverse fields, high initial cost
	Toposens	TS3	Provides 3D ultrasound sensing for collision avoidance in agricultural machinery	Improved safety, reduced machinery damage, increased efficiency	Integration, technology adoption
	Niqo Robotics	BrijBot	Autonomous weeding and spraying in row crops	Reduced labor costs, increased efficiency, reduced chemical use	Scalability, technology adoption
	FFRobotics	FFR Multi-Purpose Orchard Robot	Performs harvesting, pruning, thinning, and monitoring in orchards autonomously	Reduced labor costs, improved efficiency, precision operations	Crop variability, high initial cost
	Metomotion	GROWA	Harvests greenhouse tomatoes autonomously	Reduced labor costs, increased efficiency, consistent harvesting quality	Scalability, crop variability
	Tevel Aerobotics	Flying Platform	Performs autonomous orchard management & harvesting	Improved efficiency, reduced labor costs, precision operations	Technology adoption, scalability
	Kubota	Agri Robo	Operates as an autonomous tractor	Improved efficiency, reduced labor costs, precision farming	Technology adoption, scalability
	Priva	Kompano	Harvests cucumbers autonomously	Reduced labor costs, increased efficiency, consistent harvesting quality	Scalability, crop variability
	Robotics Plus	Aporo II	Harvests apples autonomously	Reduced labor costs, increased efficiency, consistent harvesting quality	Crop variability, high initial cost
	Saga Robotics	Thorvald	Provides autonomous UV treatment, harvesting, and monitoring	Improved efficiency, reduced labor costs, and chemical use	Technology adoption.
	Agrobot	E-Series	Harvests strawberries autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	Einride	T-log	Autonomous electric logging truck	Sustainable transport, reduced emissions, increased efficiency	Infrastructure, technology adoption
	EcoRobotix	AVO	Targeted spraying and weeding in row crops	Reduced chemical use, increased efficiency, reduced labor costs	Scalability, technology adoption
	Small Robot Company	Tom, Dick, and Harry	Monitoring, precision weeding, and seeding	Reduced labor costs, increased efficiency, reduced chemical use	Scalability, technology adoption
	Dogtooth Technologies	Dogtooth	Harvests soft fruit autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	Energid Technologies	CitrusBot	Harvests citrus fruits autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	Blue River Technology	See & Spray	Targeted spraying and weeding in row crops	Reduced chemical use, increased efficiency, reduced labor costs	Scalability, technology adoption
	Harvest CROO Robotics	Berry 4	Harvests strawberries autonomously	Reduced labor costs, improved yield quality, increased efficiency	Crop variability, high initial cost
	Vision Robotics	Grapevine Pruner	Autonomous grapevine pruning	Reduced labor costs, increased efficiency, consistent pruning quality	Scalability, technology adoption
	Rowbot	Rowbot System	Autonomous fertilizer application in row crops	Precision fertilization, reduced labor costs, increased efficiency	Technology adoption, scalability
	Burro	RnR	Autonomous crop transportation and data collection	Reduced labor costs, improved workflow, increased efficiency	Scalability, technology adoption
	Autonomous Tractor Corp	Spirit	Autonomous electric tractor for various agricultural tasks	Improved efficiency, reduced labor costs, precision farming, sustainability	Technology adoption, scalability
	Raven (Dot Technology Corp.)	Dot Power Platform	Carries and operates various agricultural implements autonomously	Improved efficiency, reduced labor costs, precision farming	Technology adoption, scalability
FarmWise	Titan FT-35	Autonomous weeding and crop monitoring	Reduced labor costs, increased efficiency, reduced chemical use	Scalability, technology adoption	

@Marco Brini