

ACOFIA – Noviembre 10 - 2023

Agricultura y desarrollo tecnológico: Formación en Ciencias Agrarias

Luis Ernesto Rodríguez Molano
Profesor Asociado



Facultad de Ciencias Agrarias
Sede Bogotá

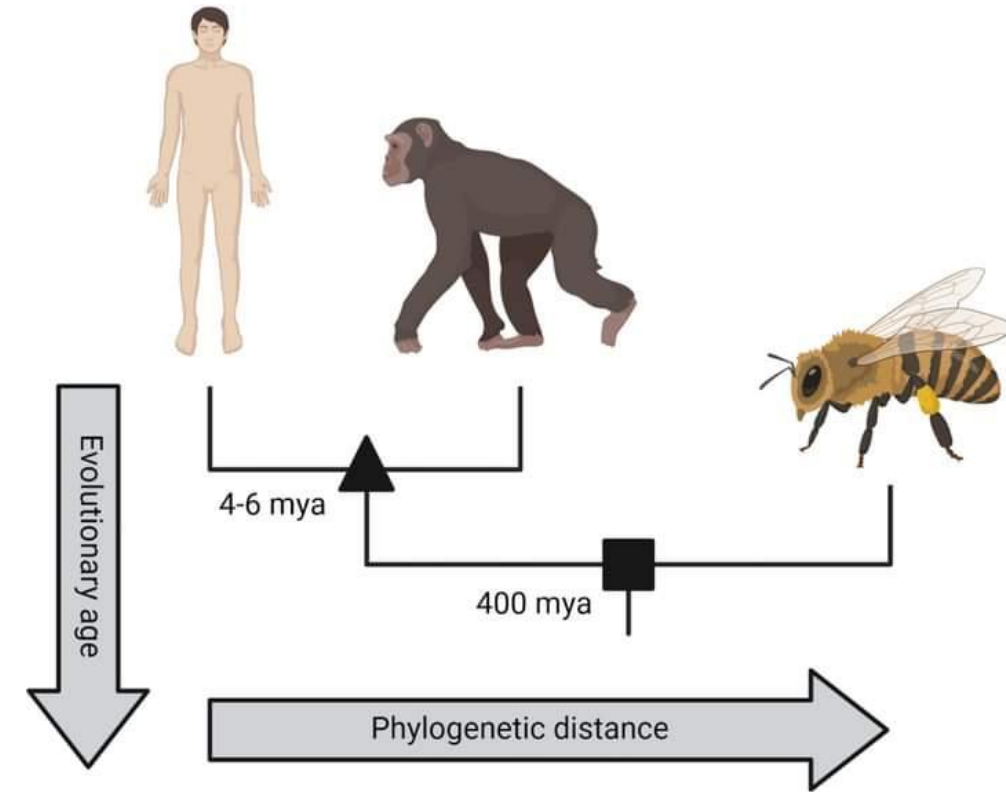


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



“El futuro ya está aquí, solo que desigualmente repartido” (William Gibson).

- ✓ Los desafíos más importantes que tenemos por delante todavía no los conocemos
- ✓ Oportunidad y reto
- ✓ Hoy escuchamos y nos piden recurrentemente: Equidad, Inclusión, Resiliencia, Sostenibilidad, Sustentabilidad: social, ambiental y económica



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

“Hoy tenemos nuevas realidades
desafíos y compromisos

- ✓ Retos grandes e inmensas oportunidades
- ✓ Muchas incertidumbres en materia económica, crisis entre países y un acelerado cambio climático

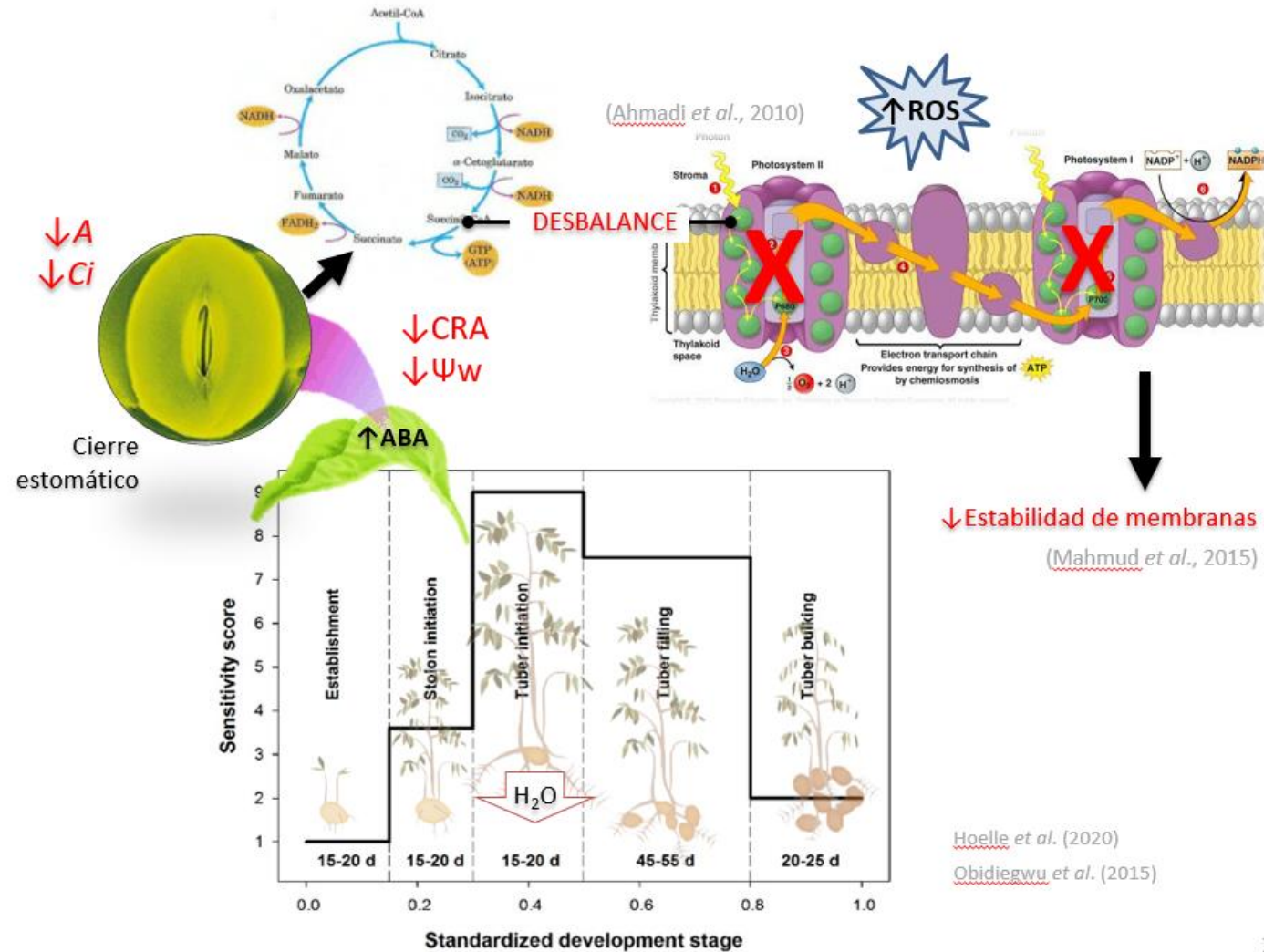


Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

✓ El clima, se ha convertido, en un **tema central** en el ámbito global

✓ Necesidad de encontrar, pronto, **soluciones climáticas**, que nos permitan sobreponer la escases de alimentos y factores que hacen que, la **transformación de nuestros sistemas alimentarios**, sea más urgente que nunca

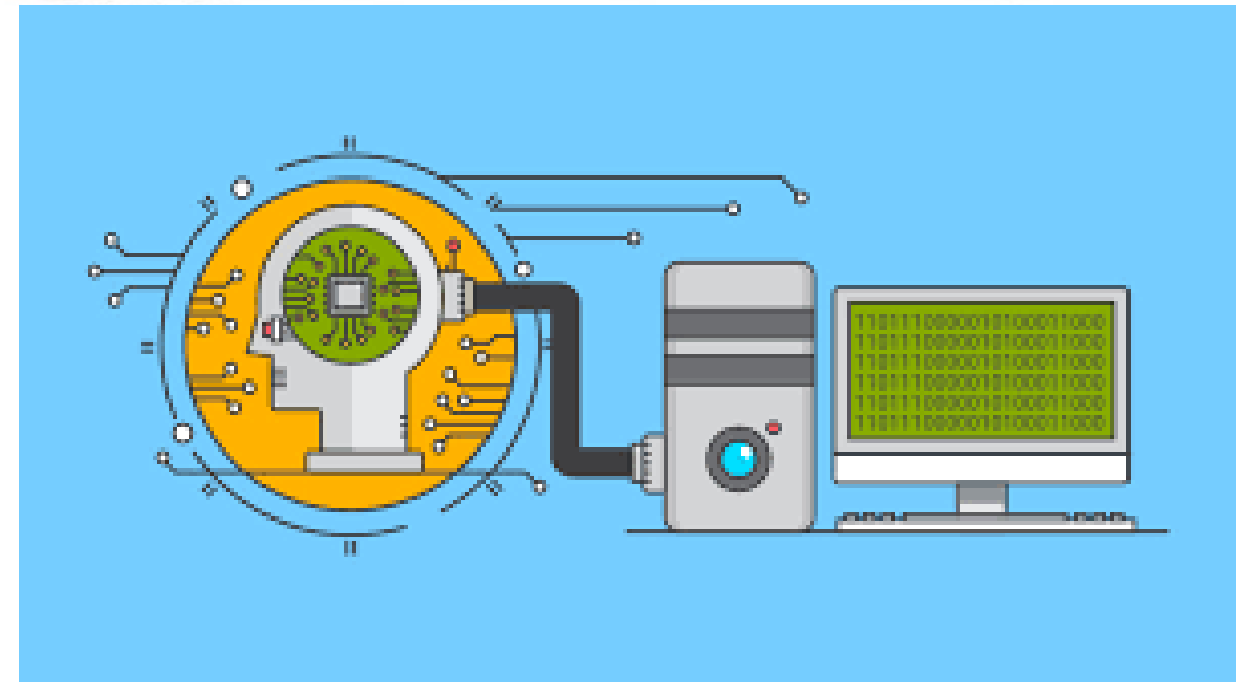
Déficit hídrico



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

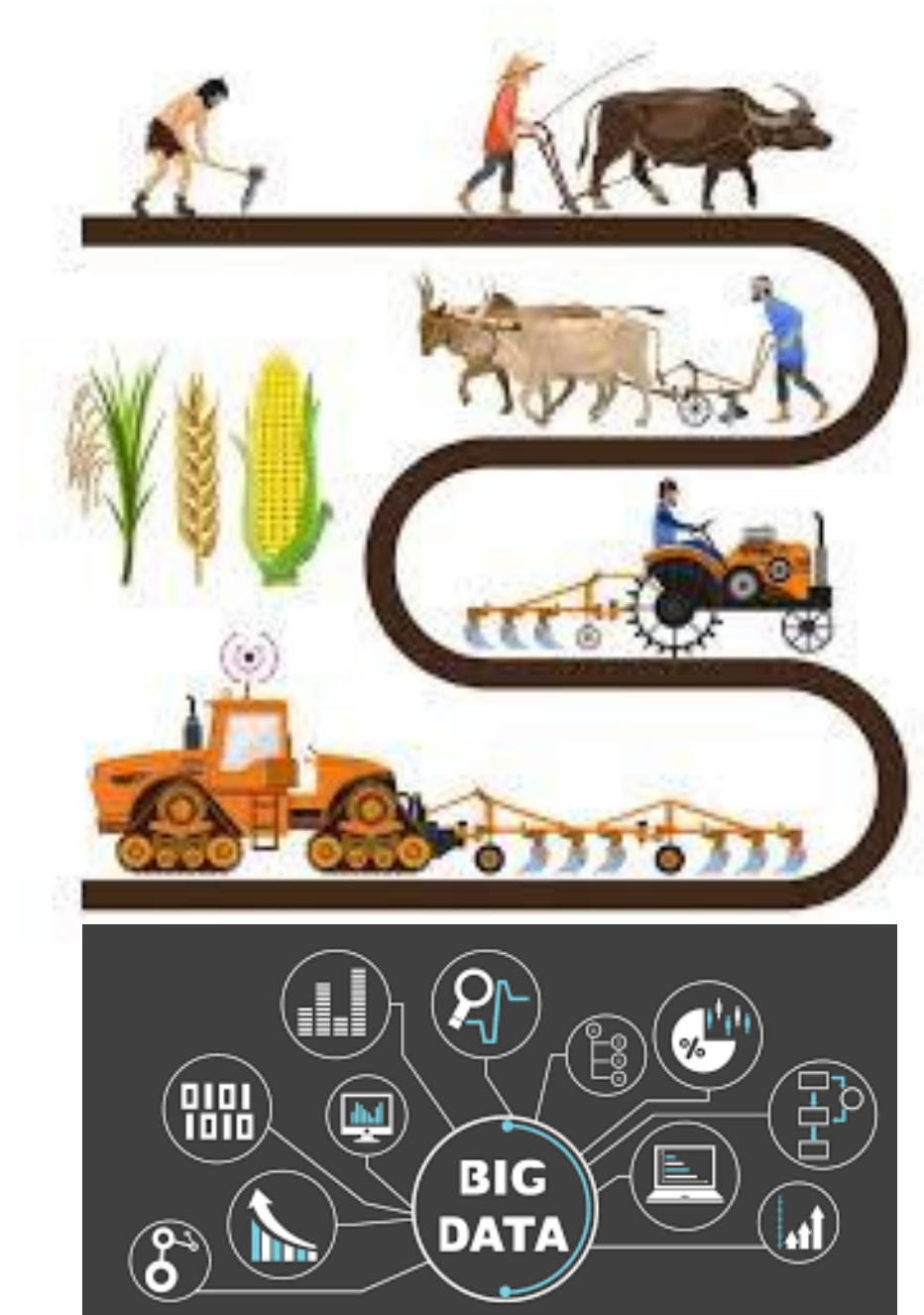
Tecnologías disruptivas

- ✓ Bio economía
- ✓ Modelación de los cultivos
- ✓ Gemelos digitales
- ✓ Competencias en programación en diversos lenguajes operativos
- ✓ Comunicación en diferentes idiomas
- ✓ Inteligencia artificial
- ✓ *Machine learning*, entre otras



Tecnologías disruptivas

- ✓ Transición de una era industrial acompañada de una constante revolución agrícola a una era de datos
- ✓ Presencia constante en la producción agrícola en todos los tamaños y dimensiones
- ✓ Donde variables asociadas con el tipo de suelo... pero también vitalidad y conservación de éste.



Tecnologías disruptivas

- ✓ Condiciones meteorológicas
- ✓ Uso eficiente del agua y los nutrientes
- ✓ Preservando la vida de los microorganismos benéficos como grandes aliados
- ✓ Deben ser comprendidos y medidos para aplicaciones en un mundo real.



Desafíos en la producción de alimentos hoy y en el futuro

- ✓ Como producir más alimentos con menos recursos
- ✓ Durante medio siglo, la humanidad ha consumido más de lo que la naturaleza puede crear en un año.
- ✓ El cambio climático, la escasez de agua y la pérdida de biodiversidad se suman al reto de dar de comer a una población creciente y que vive cada vez más años.
- ✓ Menos tierra, agua, insumos agrícolas y generar menos impacto en la biodiversidad, como en las abejas, aves, peces
- ✓ Avances científicos y tecnológicos permitan mejorar la vida de los agricultores y generar alimentos suficientes para todos

Respuesta: innovación.



SOCIEDAD. ECONOMÍA. LA ENFERMEDAD. EMIGRACIÓN. DEMOGRAFÍA.

La papa fue considerada a la llegada de los europeos al *Nuevo Mundo* como un "alimento de indios" y fue despreciada en Europa en los siglos XVI y XVII, en que fue solo utilizada como alimento para los animales, hasta el siglo XVIII, con la llegada de la Revolución Industrial y el aumento de la población, se popularizó el tubérculo andino por toda Europa.

Evolución => Innovación



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Innovación

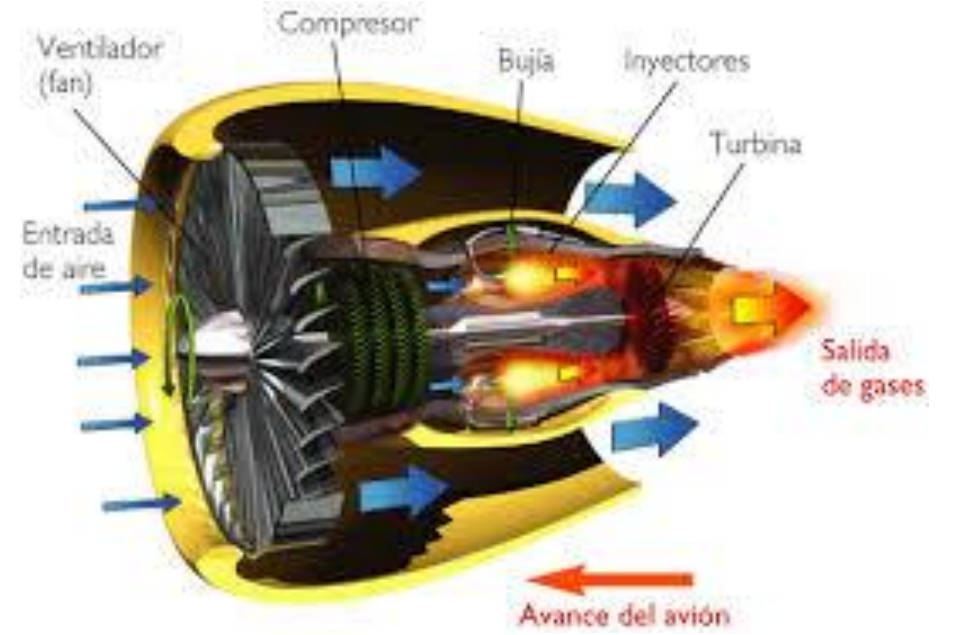
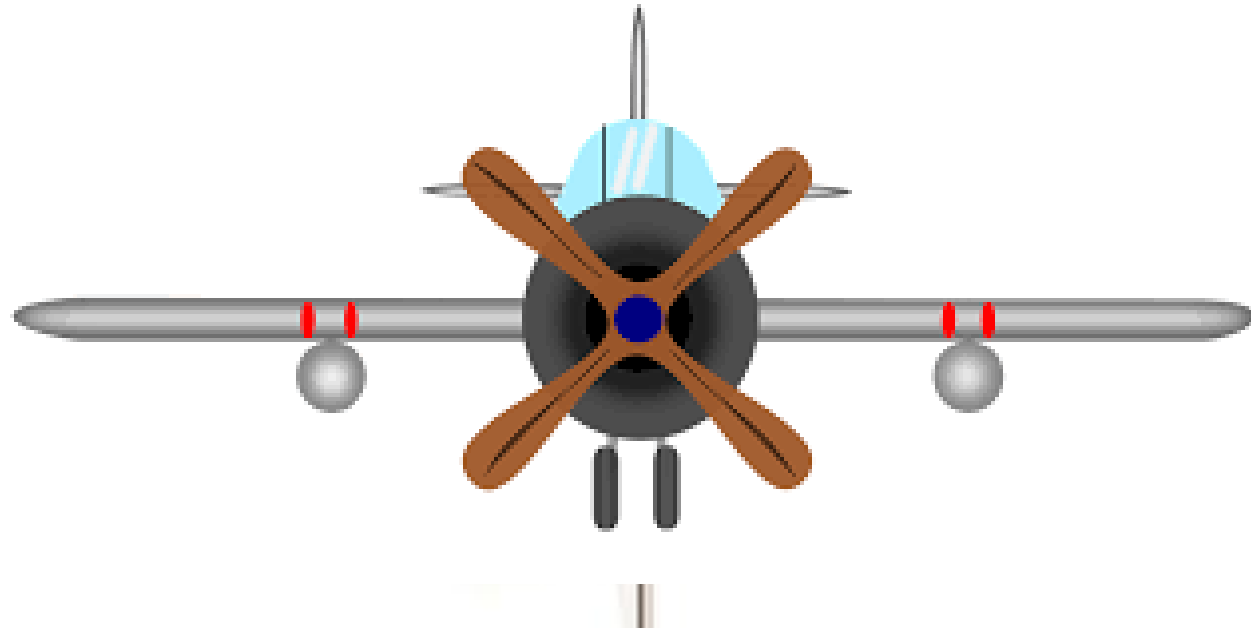


Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Innovación



Innovación



Innovación

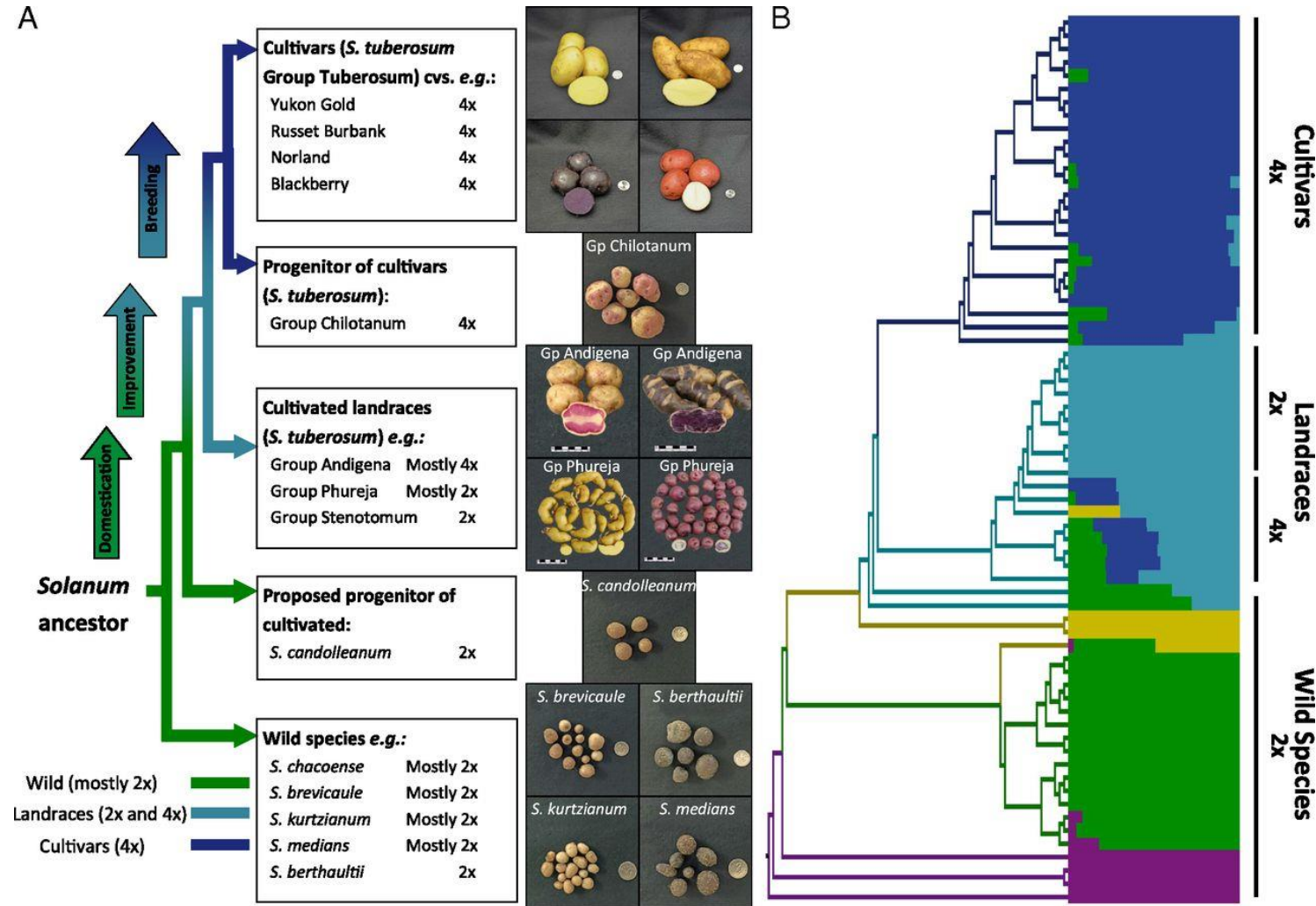


Innovación



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

(A) Phenotypic diversity within wild species, cultivated landraces, and cultivars through domestication, improvement, and modern breeding efforts.



Innovación



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ La **agricultura de precisión** como una herramienta para **reducir costos** pero también y **afectar menos el ambiente**...con una atención constante por la **sostenibilidad**
- ✓ Las presiones de un clima cambiante
- ✓ Población incierta con hábitos y gustos complejos



...la adaptación al cambio es indispensable.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Agricultura de precisión



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Uso de vehículos
aéreos no
tripulados
-drones- *entre
muchos otros*



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

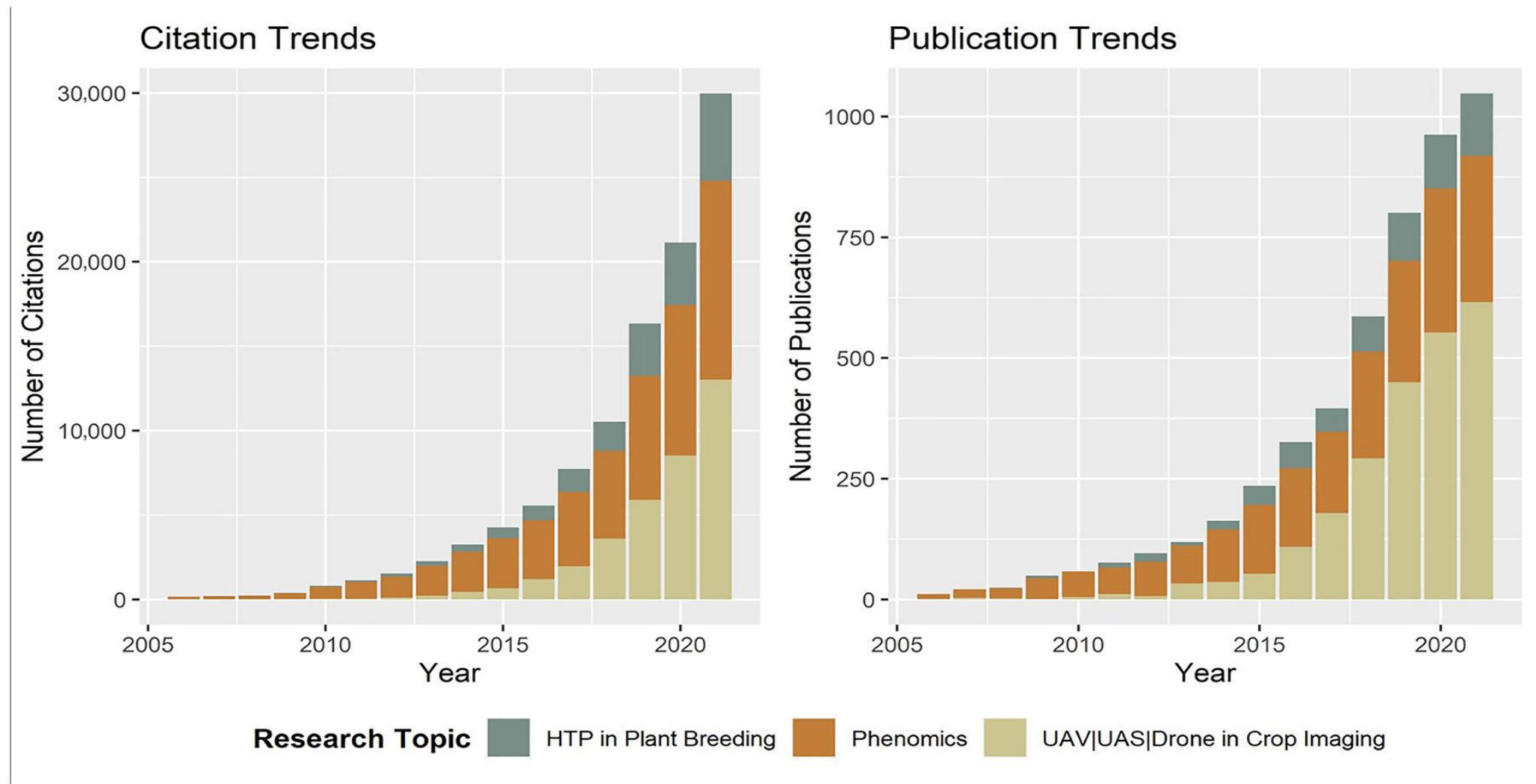


FIGURE 1 Recent trends of key terms in unoccupied aerial systems (UAS) crop phenotyping in publications since 2006. Adapted from data provided by Web of Science™.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

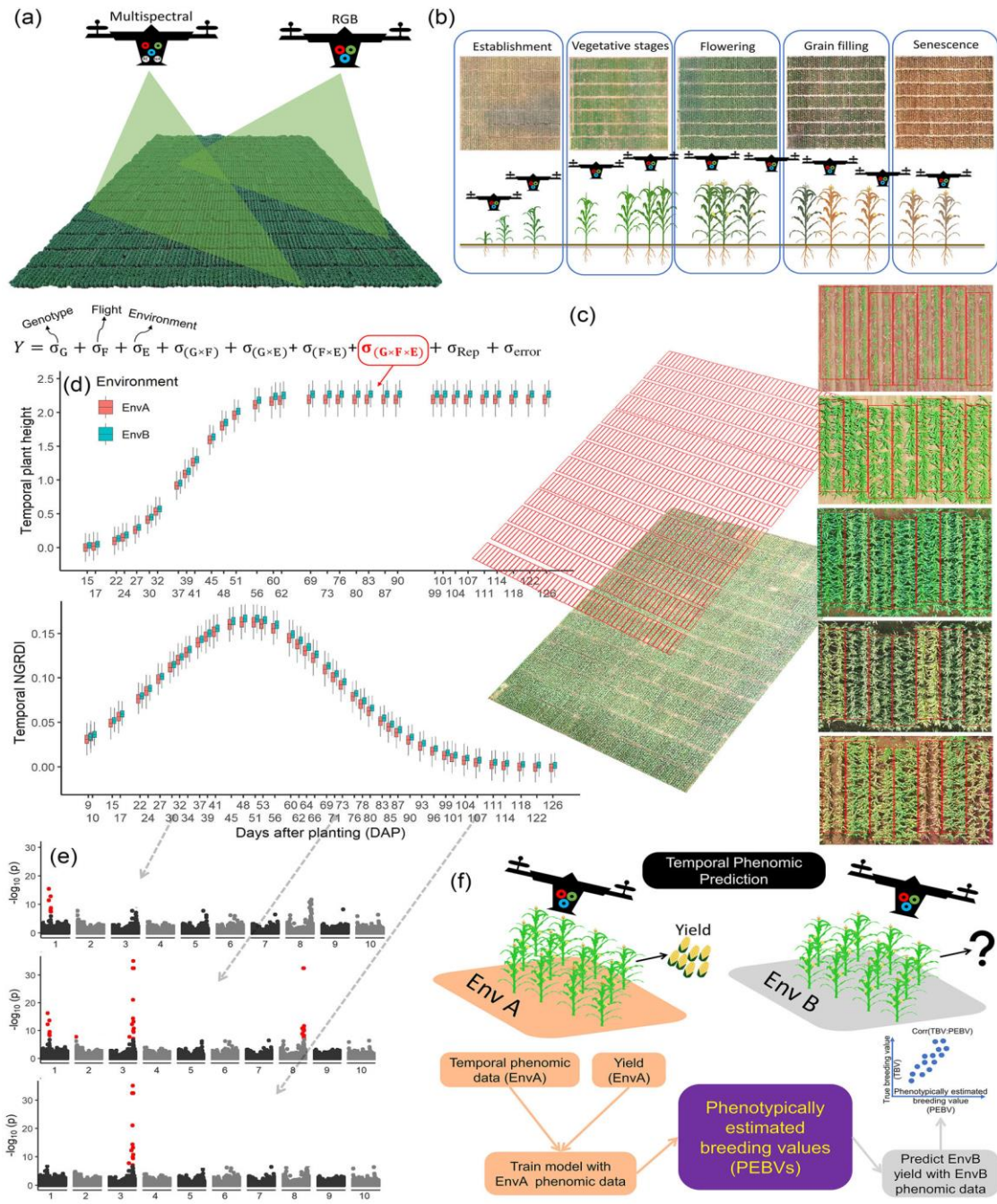


FIGURE 2 Illustration of field-based high-throughput phenotyping in maize using unoccupied aerial systems (UAS) and its integration into breeding programs through temporal phenomic prediction

(a) UAS surveys are conducted with drones carrying different sensors such as five-band multispectral or three-band RGB (red, blue, and green).

(b) Different growth stages are captured through repetitive temporal UAS surveys.

(c) Creating and applying shape files (polygons) for each plot is an important step to associate extracted remote sensing information with genotype and other field book information in the orthomosaicked images.

(d) Temporal statistical analysis of temporal phenomic data (e.g., plant height and vegetation index NGRDI [normalized green–red difference index]) taken throughout the season is derived through a genotype–flight–environment model.

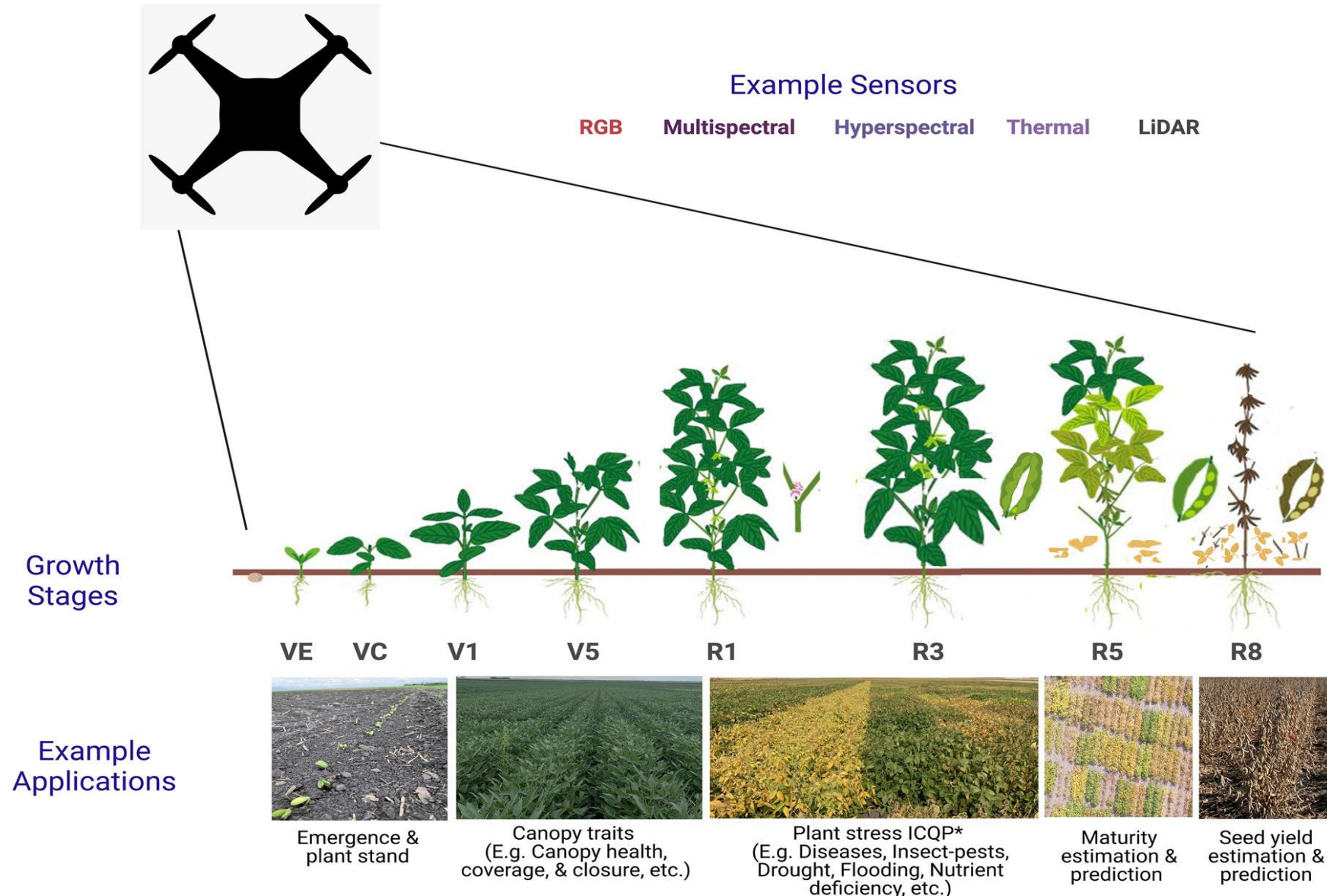
(e) Temporal phenomic data can also be integrated into genomics to discover time-sensitive loci in genome-wide association study (GWAS)

(f) Alternatively, or additionally, temporal genomic prediction can be conducted within or across environments through phenotypically estimated

breeding values (PEBVs); this uses phenotypic traits of interest (e.g., grain yield) as a dependent variable, and temporal remotely sensed

phenomic features (e.g. NGRDI and dozens of other vegetation indices

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Herr, A.W., et al. 2023. Unoccupied aerial systems imagery for phenotyping in cotton, maize, soybean, and wheat breeding. *Crop Science*: 63:1722–1749

FIGURE 3 Examples of unoccupied aerial systems (UAS)-based applications to phenotype in soybean breeding. The listing of traits does not indicate that they are always exclusive to that growth stage. For example, plant stress detection spans vegetative to reproductive stages. ICQP, Identification; Classification; Quantification; Prediction.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

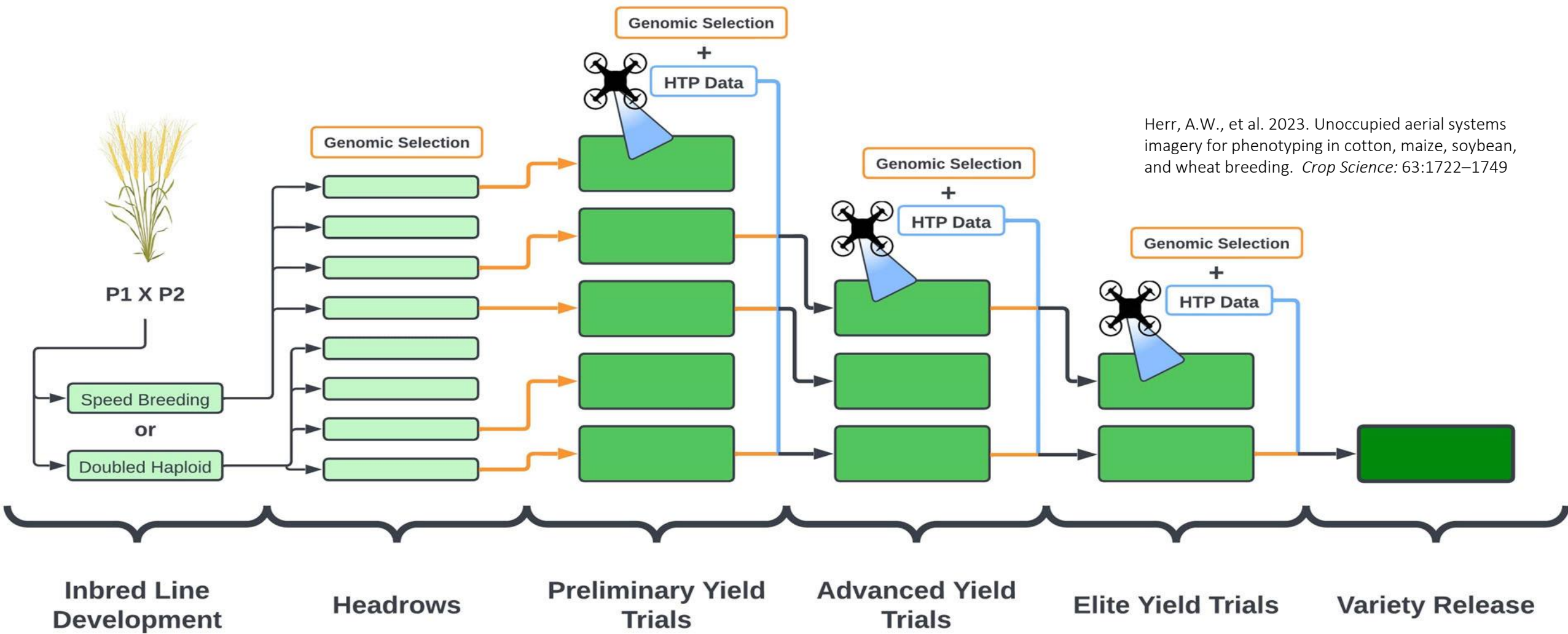
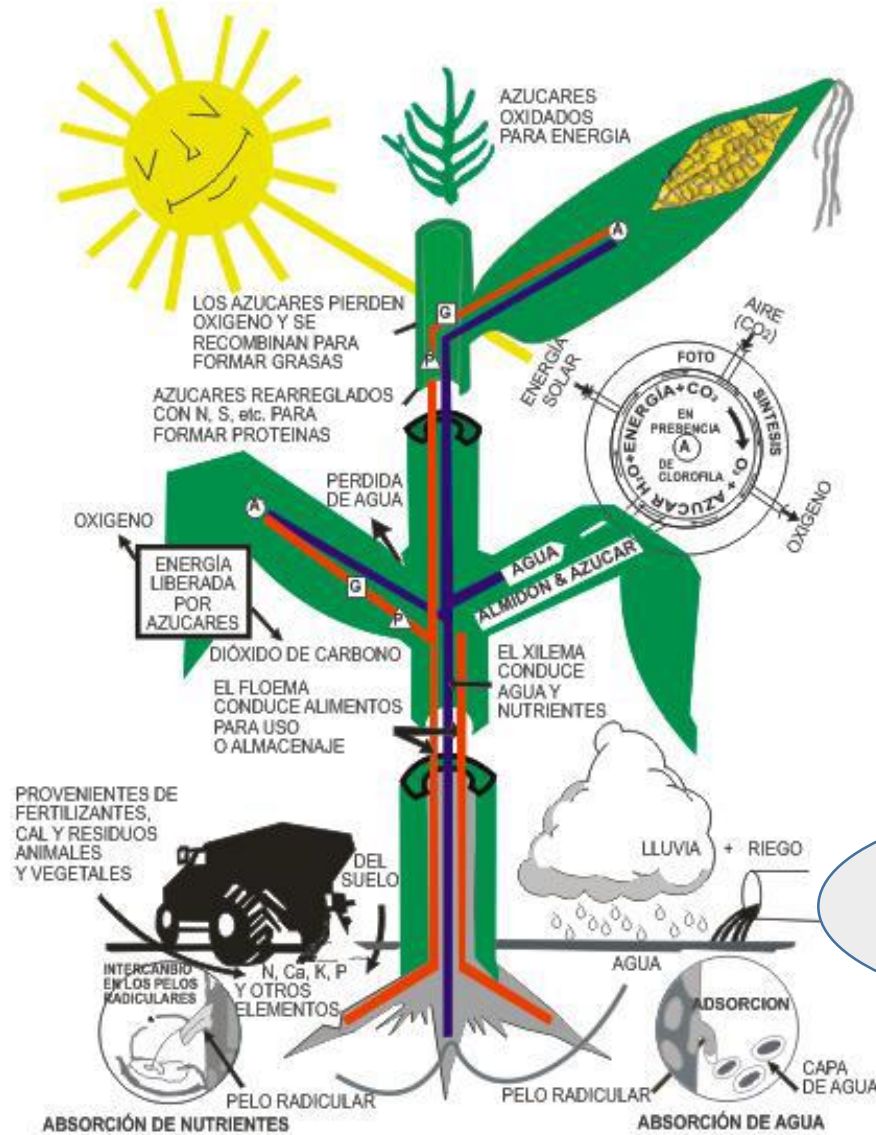


FIGURE 4 Sample wheat breeding pipeline with potential points of implementation of high-throughput phenotyping (HTP) in combination with genomic selection

Sistema productivo



Fertilización

Ambiente

H₂O, CO₂

Suelo

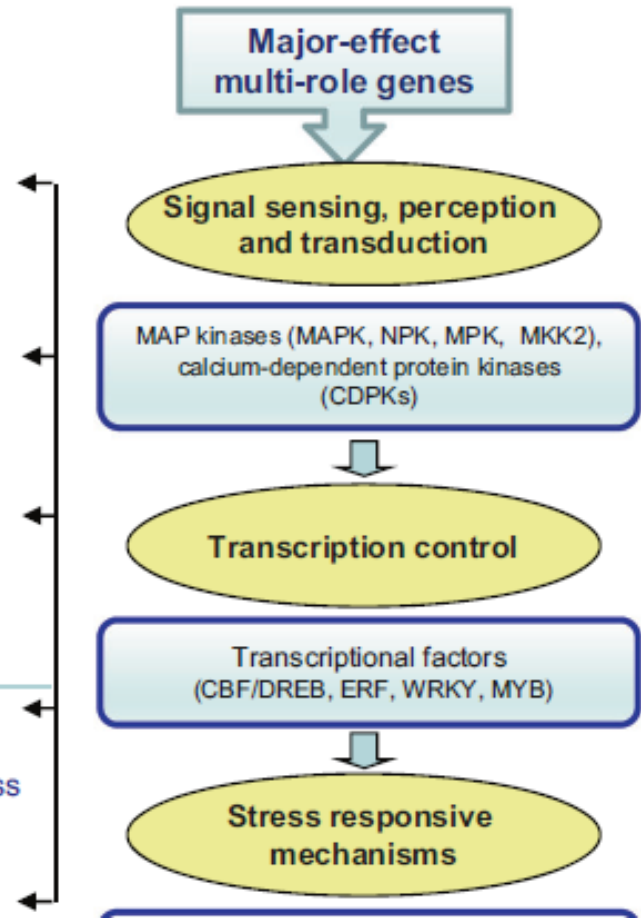
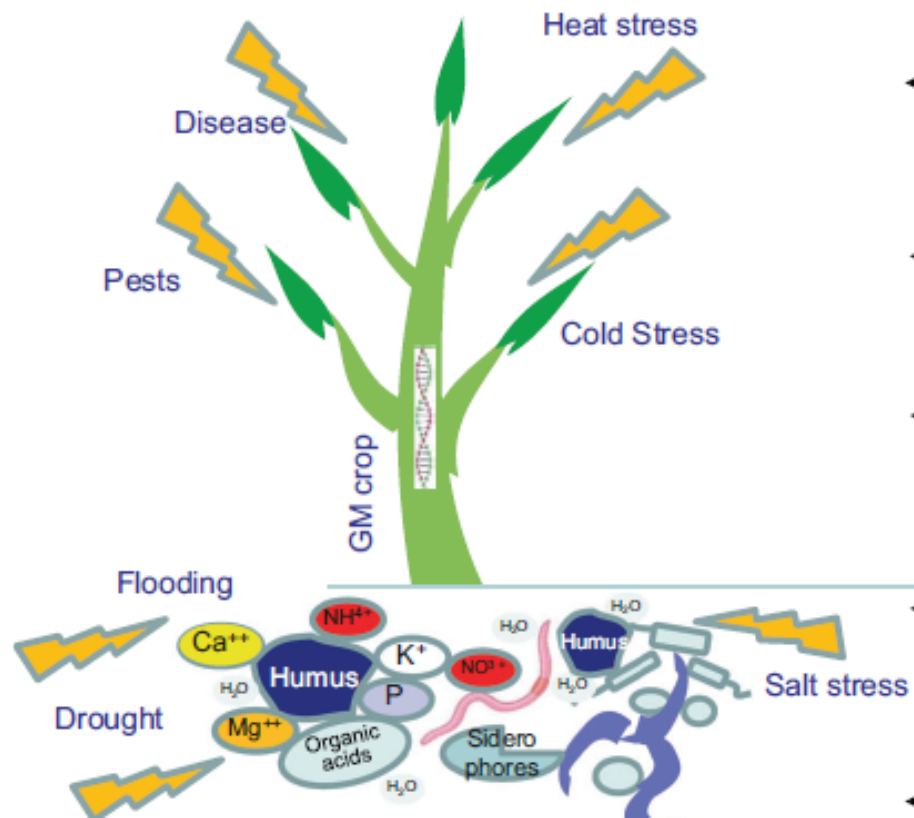
pH – CIC – MO

Raíces jóvenes y eficientes

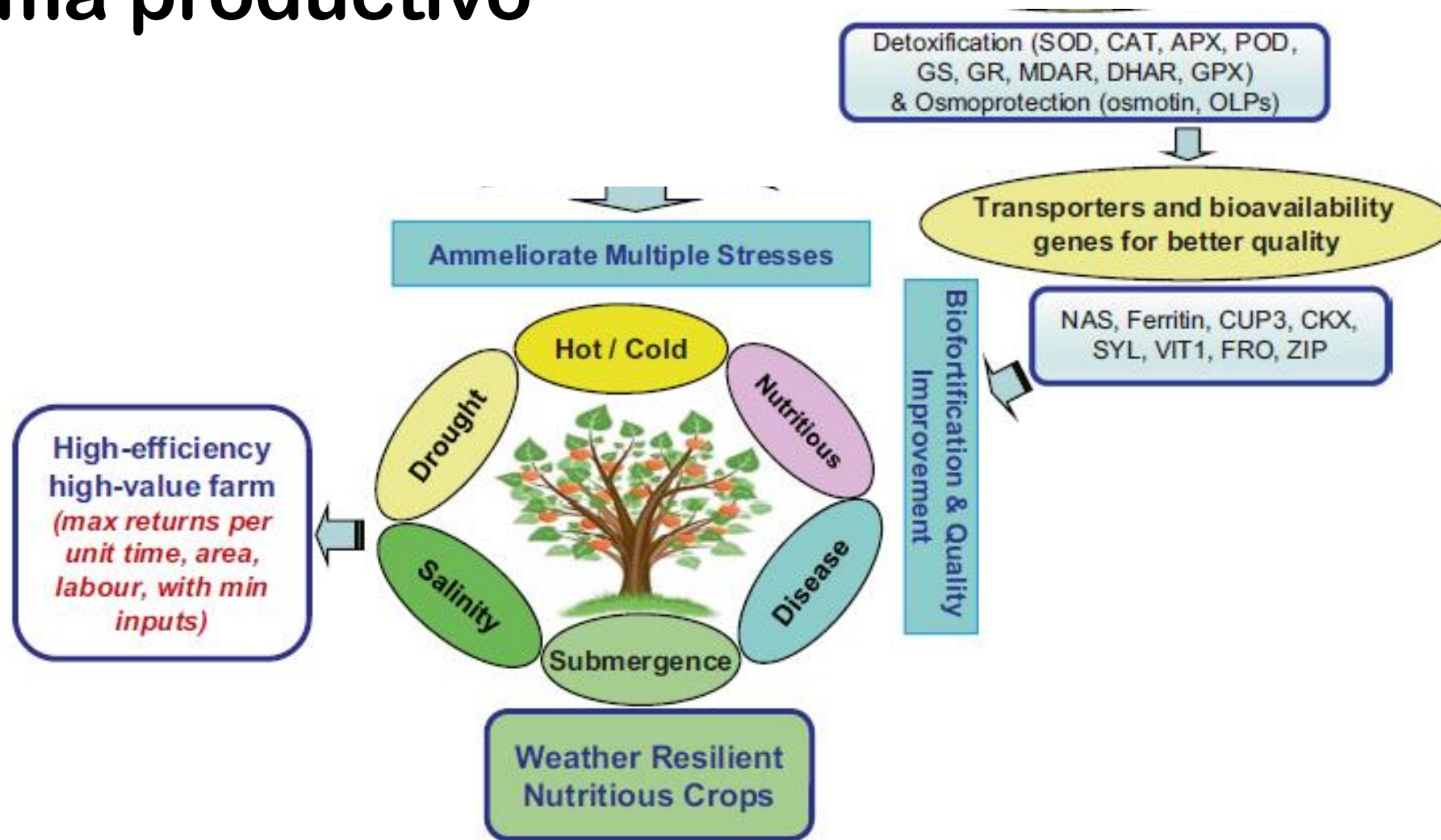
Sistema productivo



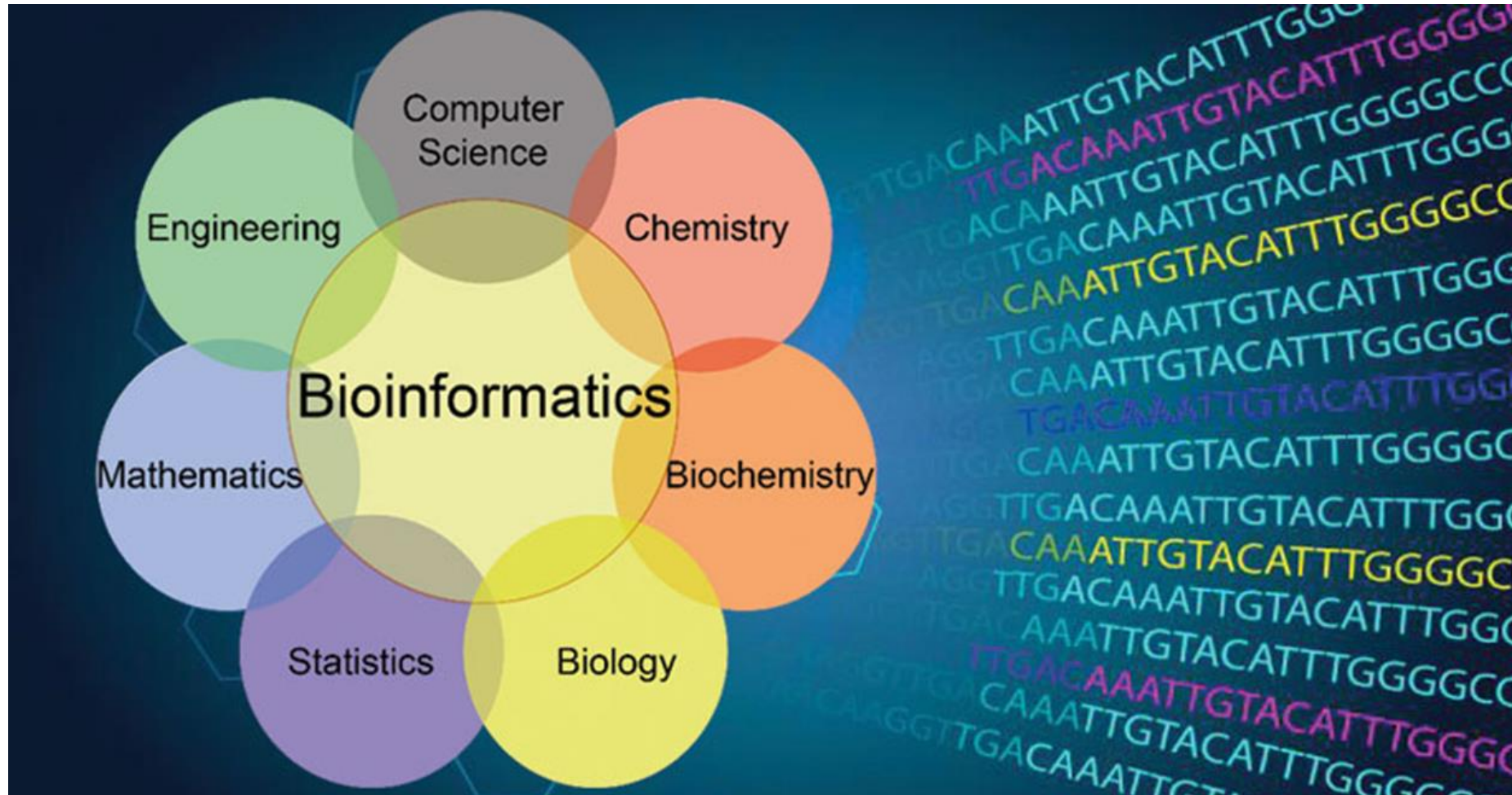
Nutrient-dense stress-resilient crops possessing pleiotropic genes with multiple functional roles



Sistema productivo



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Hoy vivimos en una era en la que es **cada vez más fácil acceder a más información**
Pero también tenemos acceso a **información que no informa sin embargo.....más.....**
no significa mejor en todos los casos

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Hoy ya no hablamos de globalización, hoy es frecuente hablar de la **cuarta o quinta revolución industrial** caracterizada por el **internet de las cosas**, la **robótica**, **servicios en la nube**



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Desarrollo de microsensores ..*Nanotecnología*...---



El sistema utiliza inteligencia artificial patentada y aprendizaje profundo para detectar y rociar malezas entre cultivos con una precisión del 95,7 %.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro
fotosíntesis artificial, agricultura neutra en emisiones
(reducciones y compensación = 0),

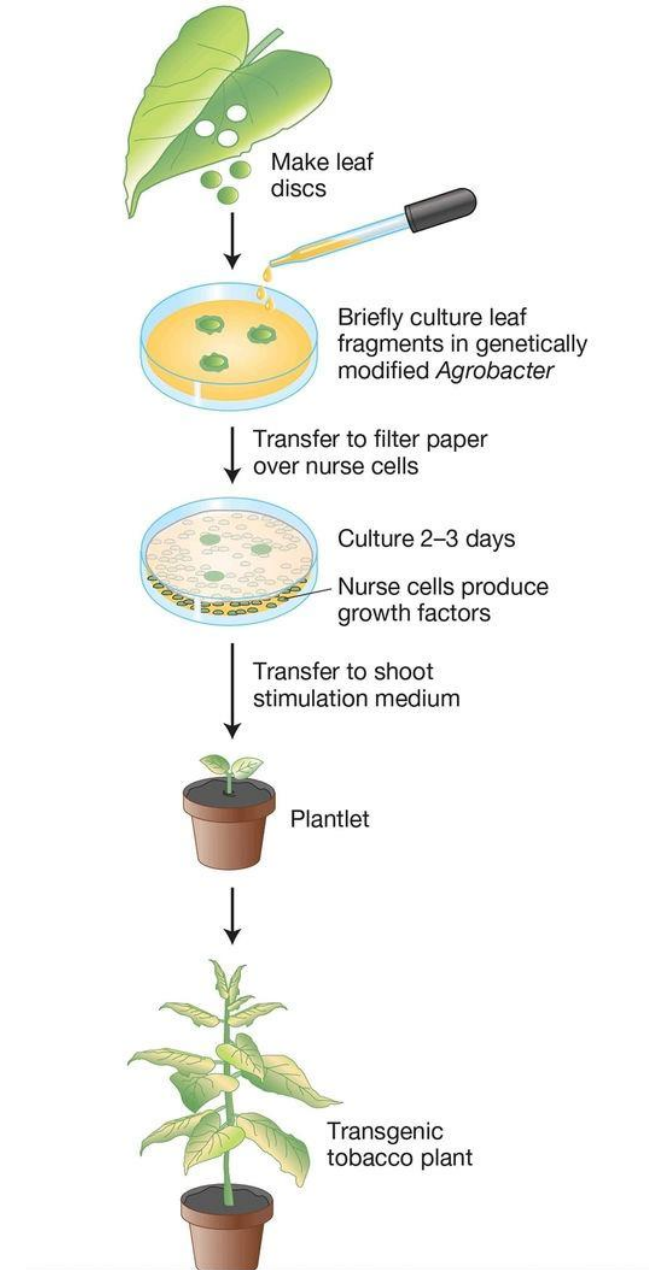
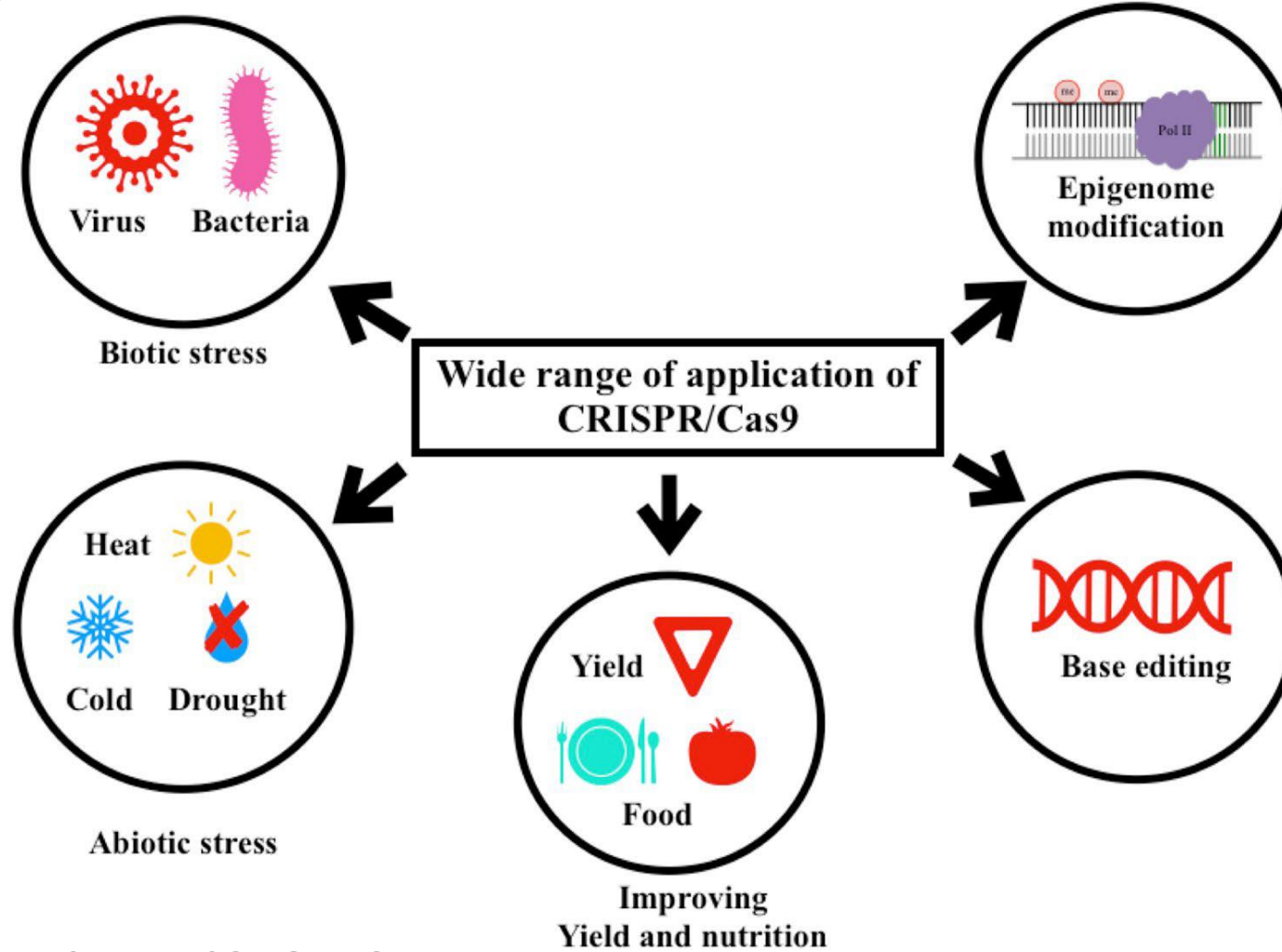


Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro agricultura vertical ...hidropónia y aeropónia----



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

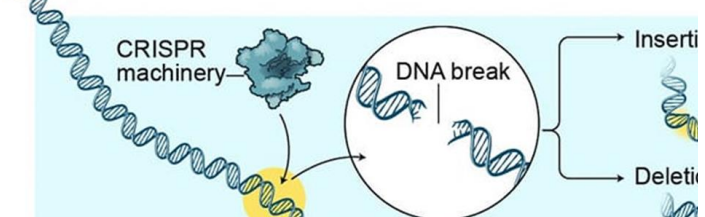
Agricultura molecular, agricultura celular,
edición de genomas..



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

REWRITING THE GENETIC FU

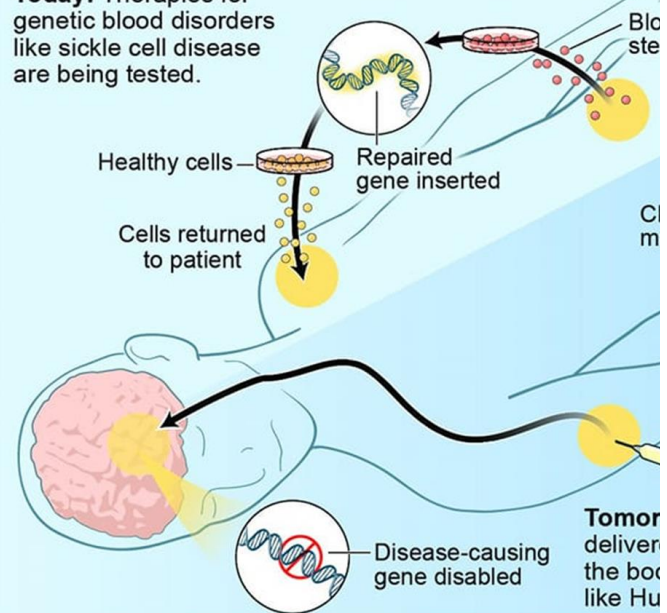
CRISPR can edit genes with unprecedented precision the way we treat disease and breed fortified



CRISPR uses a customized guide RNA and the Cas9 enzyme to surgically disrupt or help replace a target gene.

CRISPR in Medicine

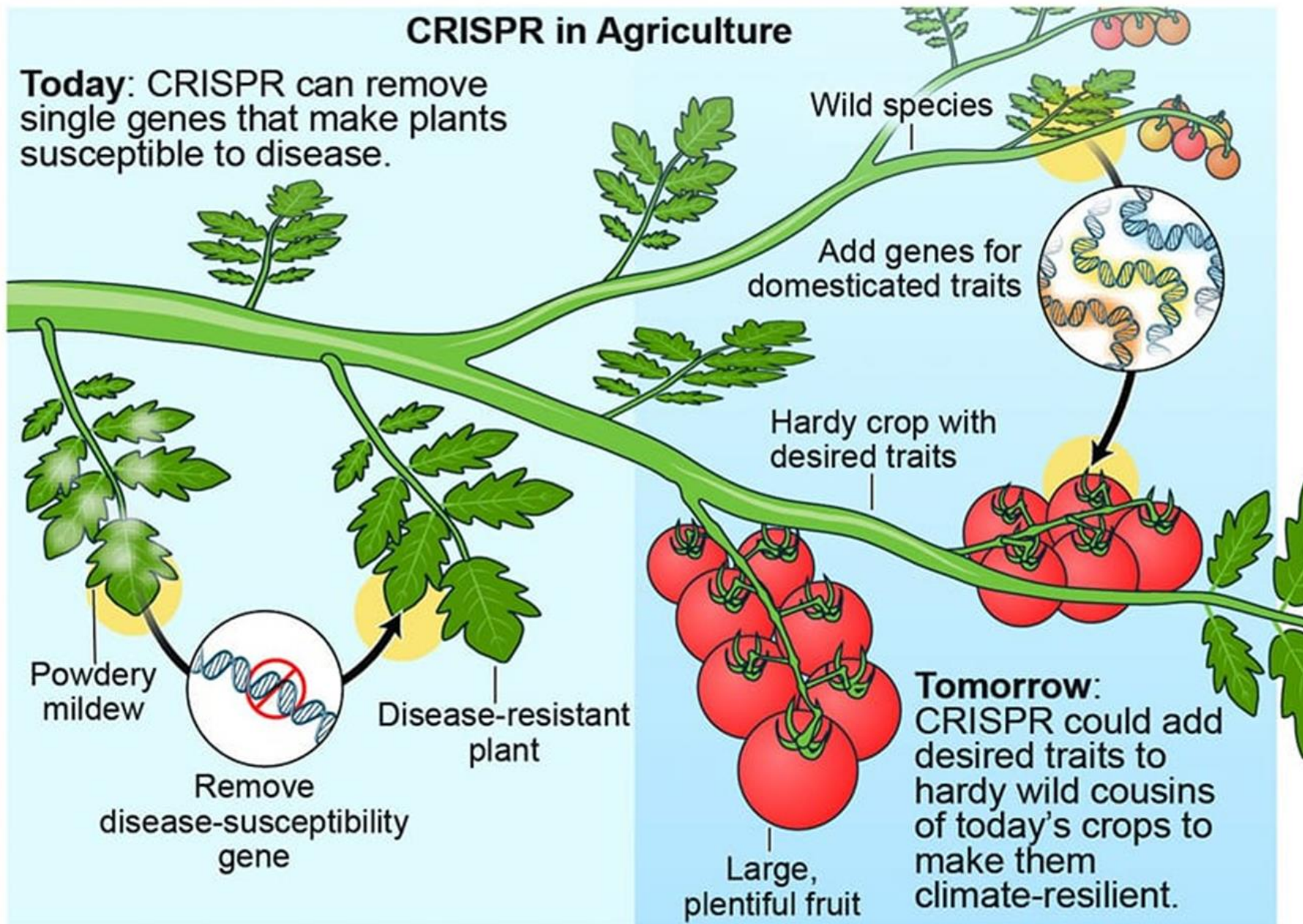
Today: Therapies for genetic blood disorders like sickle cell disease are being tested.



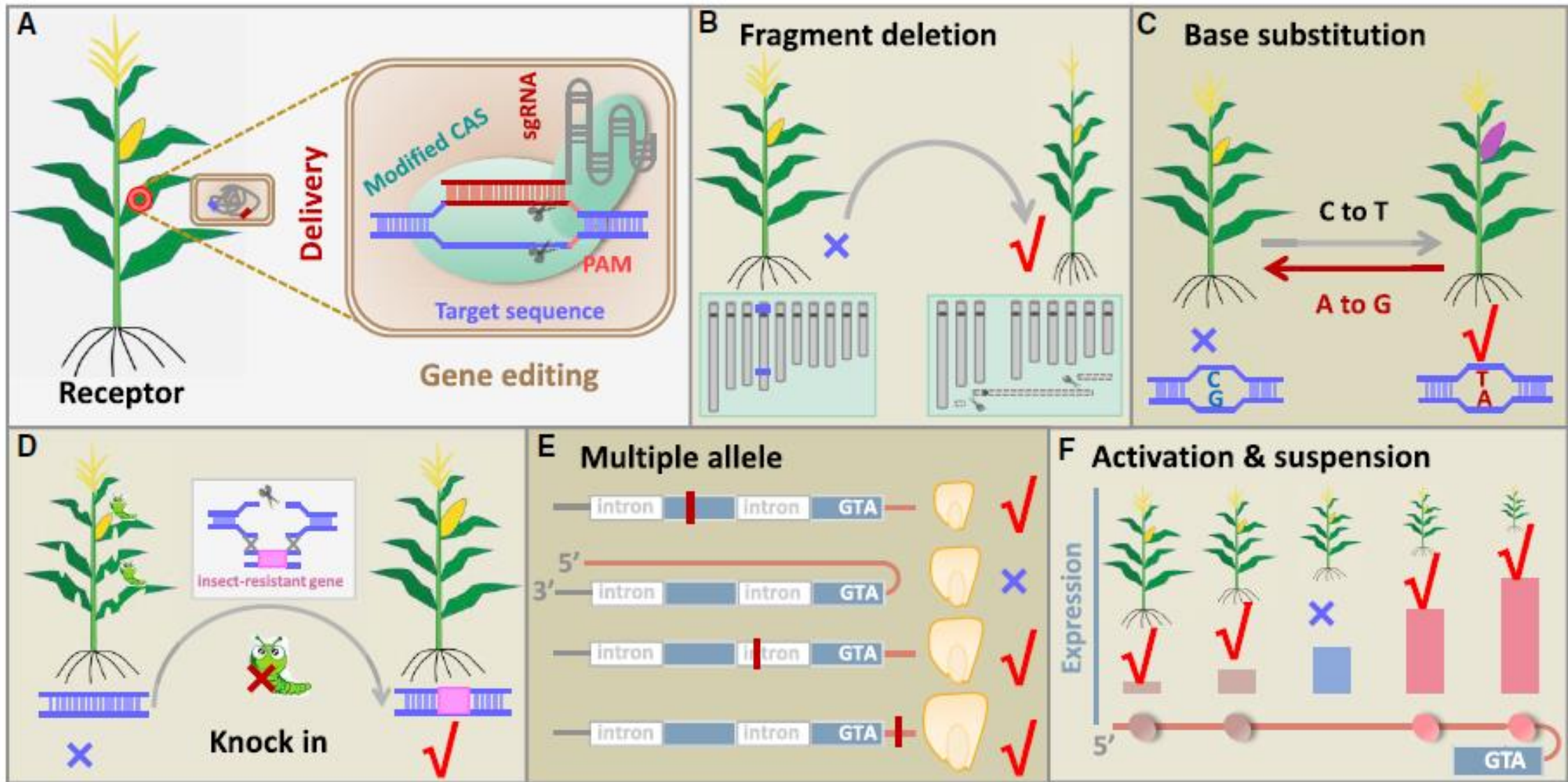
Chaudhuri, A. et al. Classification of CRI

CRISPR in Agriculture

Today: CRISPR can remove single genes that make plants susceptible to disease.



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Fernie A.R. and Yan J. (2019). De Novo Domestication: An Alternative Route toward New Crops for the Future. Mol. Plant. 12, 615–631.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



CRISPR (short for “clustered regularly interspaced short palindromic repeats”) is a technology that research scientists use to selectively modify the DNA of living organisms. CRISPR was adapted for use in the laboratory from naturally occurring genome editing systems found in bacteria.

“Interstrand crosslinking of homologous repair template DNA enhances gene editing in human cells” by Hannah I. Ghasemi, Julien Bacal, Amanda C. Yoon, Katherine U. Tavasoli, Carmen Cruz, Jonathan T. Vu, Brooke M. Gardner and Chris D. Richardson, 27 February 2023, *Nature Biotechnology*.

[DOI: 10.1038/s41587-022-01654-y](https://doi.org/10.1038/s41587-022-01654-y)

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

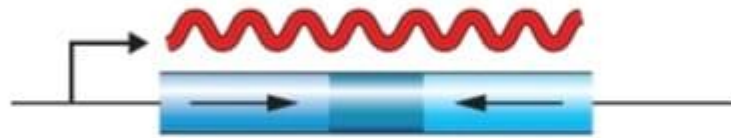
Disrupting gene function with the use of RNA interference

dsRNA is synthesized in vitro



dsRNA is injected into cell

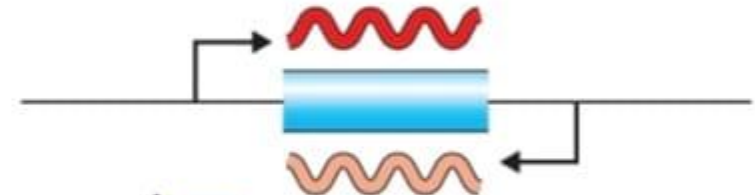
1 A transgene containing a reverse repeat is introduced into the genome



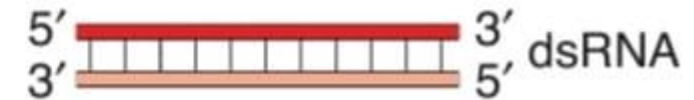
2 RNA transcript forms a self-complementary stem and loop



1 A transgene containing two promoters in opposite orientations is introduced into the genome

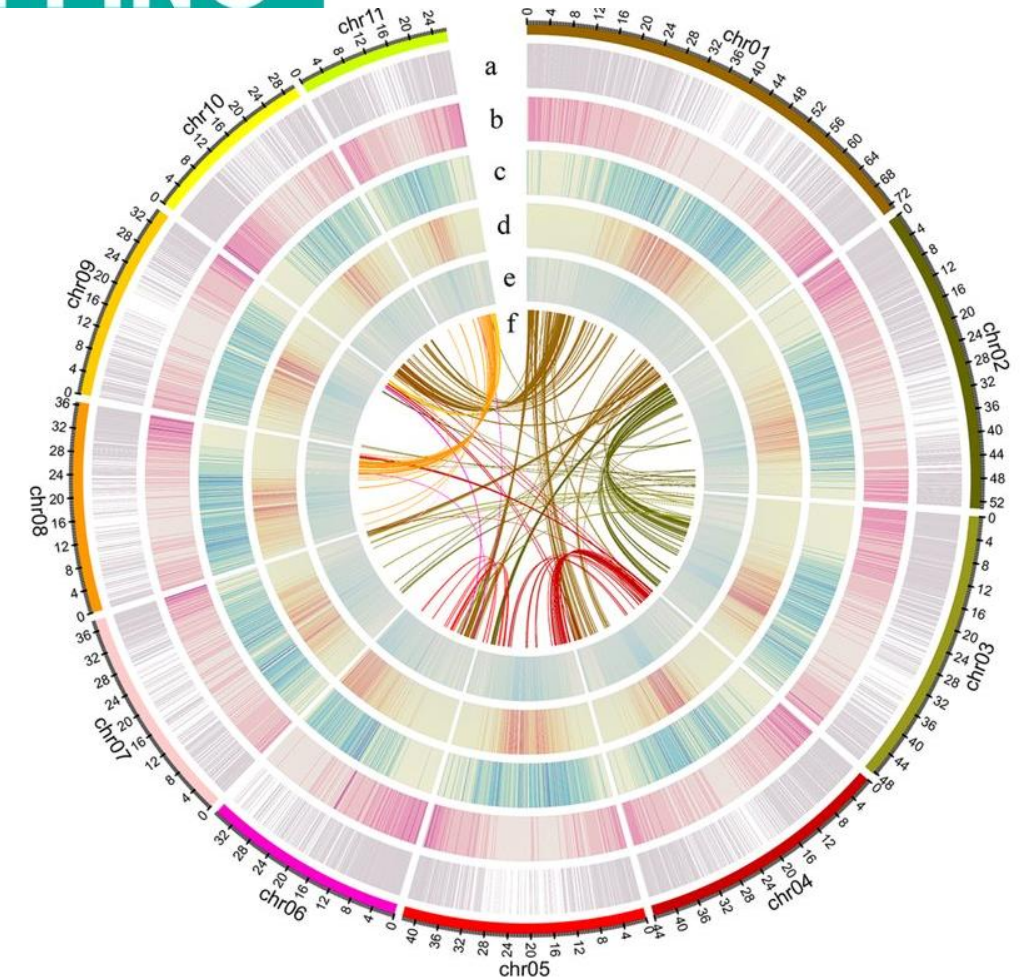
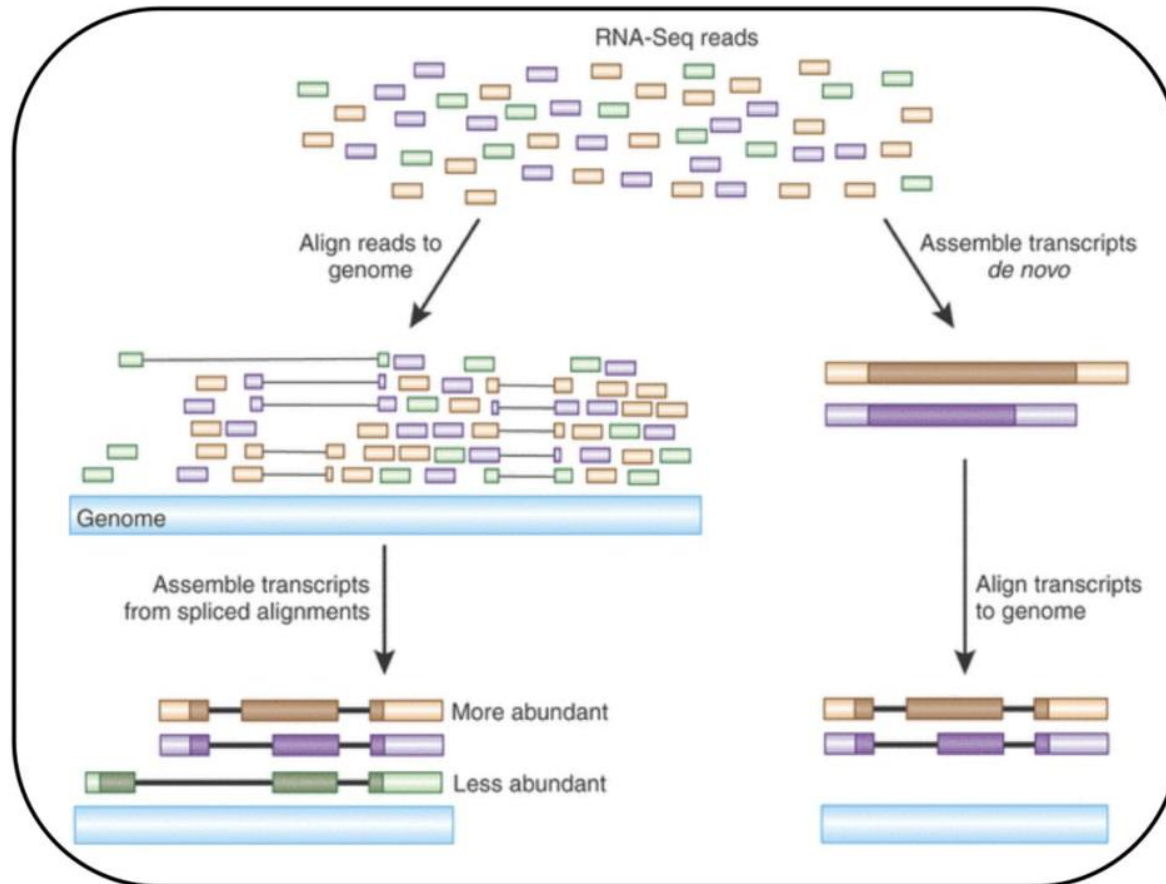


2 Complementary RNA molecules are transcribed and hybridize



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

GENOME MAPPING



Genome mapping is crucial for understanding genes and gene products. It allows us to identify biomarkers and genes associated with genetic diseases. For mapping, many methodologies and software are present. The choice of method depends upon the type of biological question we are answering. The choice of mapping software is a tough task, as a variety of them are available. It will depend upon the type of analysis needed, input data, and efficiency required. Click on the following link to read more:

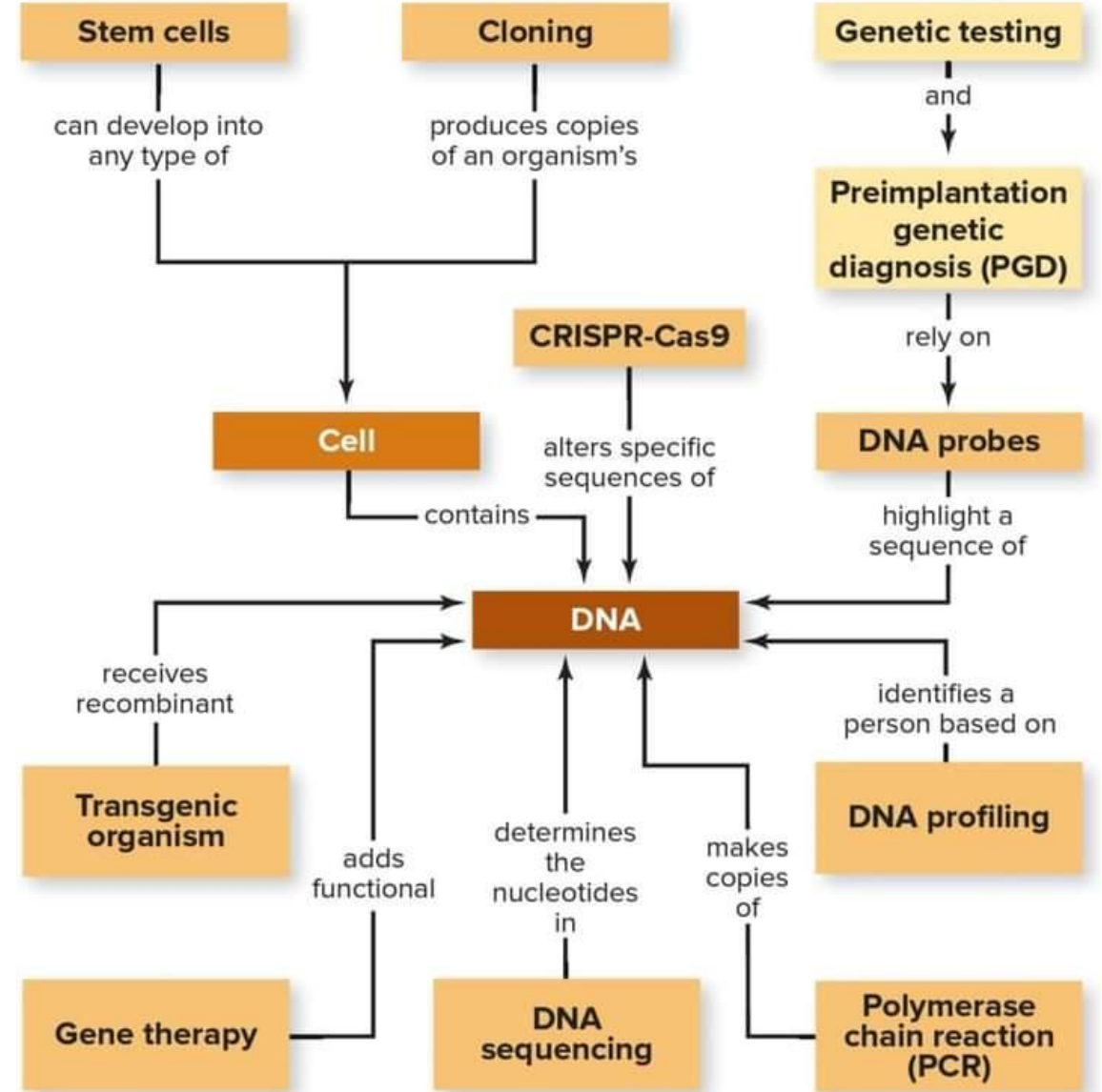
<https://www.biocode.org.uk/.../what-is-genome-mapping-and...> join our BioCode Telegram group: <https://t.me/biocodeltd>

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



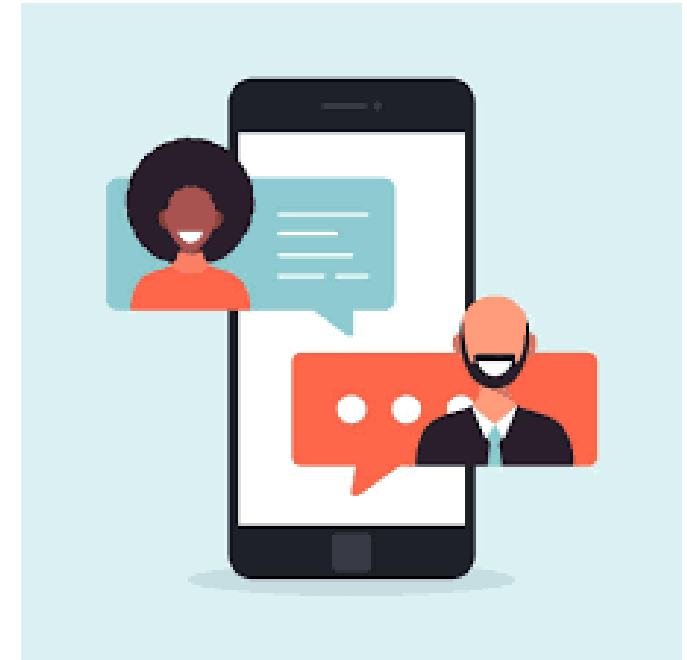
EDICIÓN GENES: ensalada editada en Crisprs en llegar al mercado estadounidense. La mostaza está llena de vitaminas y minerales, pero tienen un fuerte sabor a pimienta cuando se comen crudo

Universidad de California



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ Pero así.... **como los datos requieren algo más para ser información** (procesamiento, comunicación e interpretación), a pesar de gigas y gigas de información.
- ✓ La **información en sí misma no alcanza a ser conocimiento, ni comprensión, ni sabiduría...** hoy nos encontramos que también es posible hablar de **segregación o analfabetismo digital...** coartando cada vez más el poder de la deliberación con una impensable
- ✓ **Degradación de las habilidades comunicativas** a pesar de las tecnologías disponibles para comunicarnos



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ Hacia el 2030 y 2050 habrá diferencias en los países afectados por el impacto tecnológico
- ✓ Las nuevas tecnologías generarán nuevas formas de empleo
- ✓ El aprendizaje permanente y a lo largo de la vida permitirá cambiar de actividades y volver a capacitarse



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

En el caso de la agricultura, los trabajos de prospección tradicional (vehículos automotores) van siendo progresivamente reemplazados por drones y esa incorporación tecnológica implica un mayor requerimiento y diversificación de actividades: siendo importantes los diseñadores y fabricantes..... desarrolladores de Software...



Robots para agricultura: hacia un mayor aprovechamiento de los recursos

Comercio digital... profesionales que efectúan arreglos mecánicos y electrónicos (Ingenieros en Mecatrónica).

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ La inminente necesidad de aumentar la producción sin aumentar los recursos y minimizando el impacto ambiental
- ✓ Demanda, tal vez de manera inexorable, dar el paso de la **mecanización a la automatización de la agricultura**, la mano de obra es cada vez más escasa pero también más costosa...



La robótica agrícola gana progresivamente un protagonismo destacado.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ Se hace necesario, por lo tanto comenzar a construir y a reflexionar sobre las políticas públicas
- ✓ **Revisar planes de estudio y formas de aprendizaje**
- ✓ Propiciar una agricultura climáticamente inteligente
- ✓ Fortalecer los sistemas de alerta temprana y respuesta inmediata
- ✓ Prevenir la propagación de plagas y enfermedades



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Trabajando por el #HambreCero 

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ Incrementar las Inversiones en Investigación y desarrollo
- ✓ Monitorear fenómenos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones
- ✓ Mitigar desastres naturales
- ✓ Considerar a futuro la escasez de recursos hídricos
- ✓ Desarrollar y mejorar la muy baja eficiencia de los sistemas de riego y manejo del recurso agua y fertilizantes



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Adaptación y mitigación, considerando que la agricultura y los cambios en el uso de la tierra

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

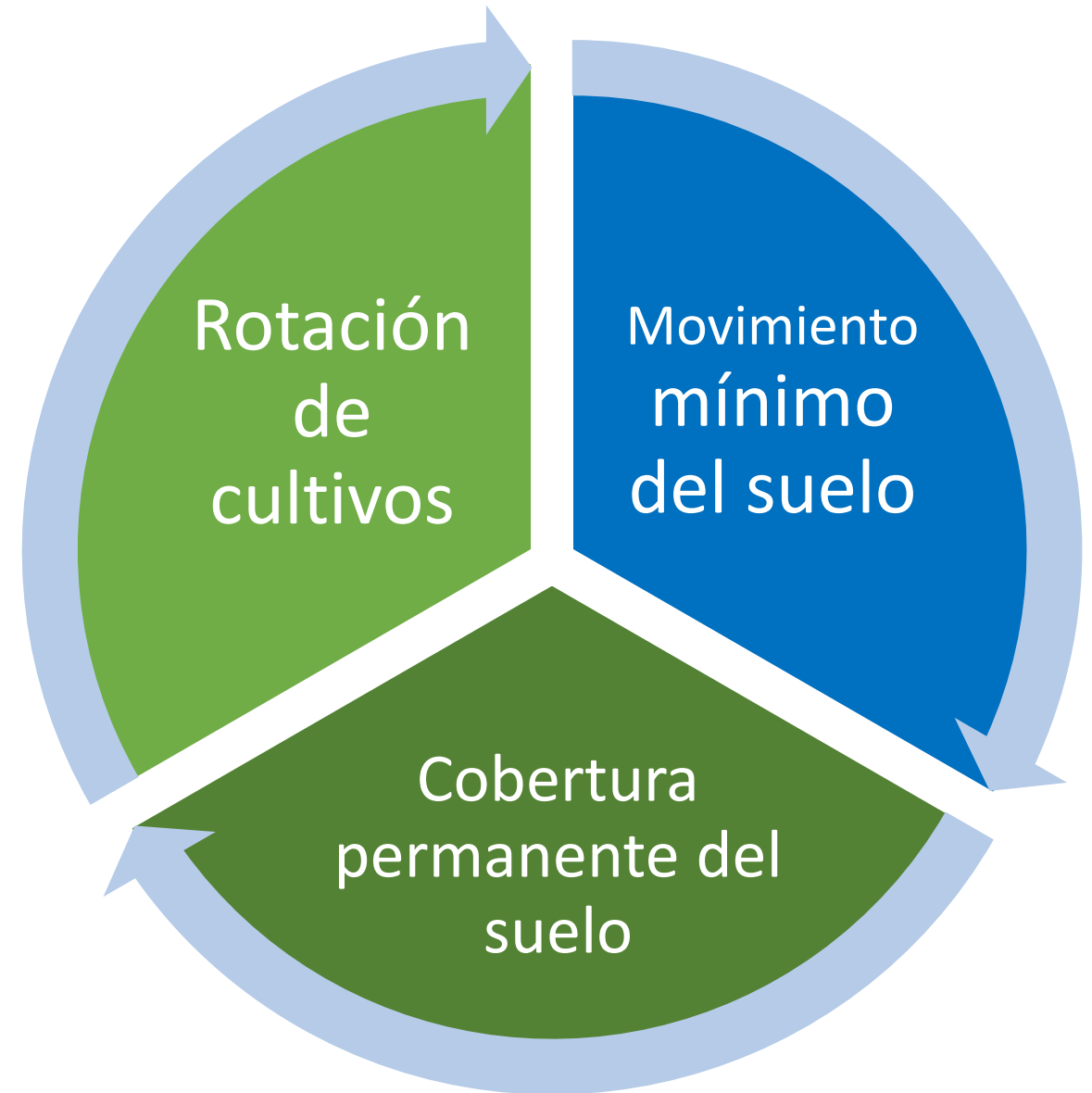
- ✓ Reducir el desperdicio de alimentos
- ✓ Atenuar la pobreza y la desigualdad
- ✓ Erradicar el hambre y todas las formas de malnutrición
- ✓ Mejorar la de generación de ingresos en zonas rurales
- ✓ Abordar las causas de las migraciones



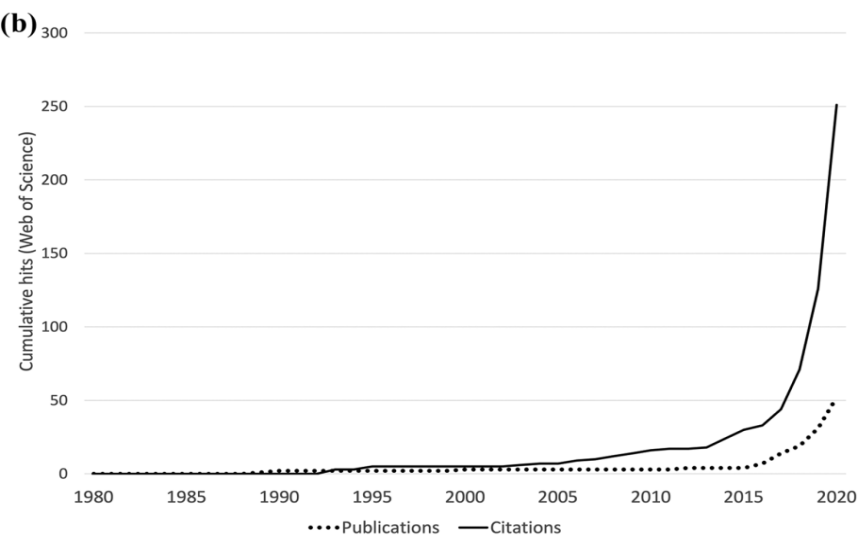
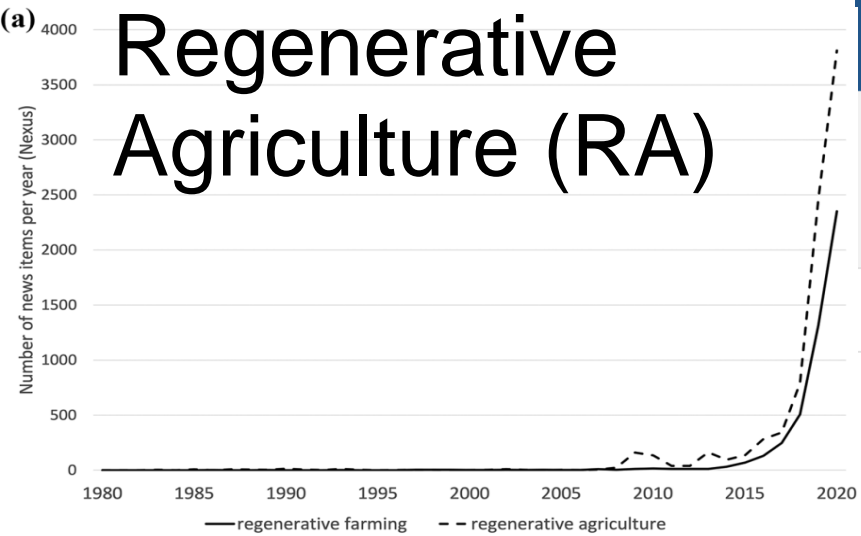
- ✓ transformar los sistemas alimentarios para que sean más eficientes, inclusivos y resilientes

Regenerative Agriculture (RA)

- ✓ La agricultura está en crisis
- ✓ La salud del suelo se está derrumbando
- ✓ La biodiversidad se enfrenta a la sexta extinción masiva
- ✓ Los rendimientos de los cultivos se están estancando



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



NIH National Library of Medicine
National Center for Biotechnology Information

Log in

PubMed®

Soil organic carbon (SOC) ✕

Search

[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#) [User Guide](#)

Save Email Send to Sorted by: Best match Display options ⚙️

RESULTS BY YEAR 2,357 results Page 1 of 236

1990 2023

MY NCBI FILTERS

TEXT AVAILABILITY

Abstract

Free full text

Full text

ARTICLE ATTRIBUTE

Associated data

ARTICLE TYPE

Soil carbon sequestration by root exudates.

1 Panchal P, Preece C, Peñuelas J, Giri J.
Cite Trends Plant Sci. 2022 Aug;27(8):749-757. doi: 10.1016/j.tplants.2022.04.009. Epub 2022 May 20.
PMID: 35606255 Review.

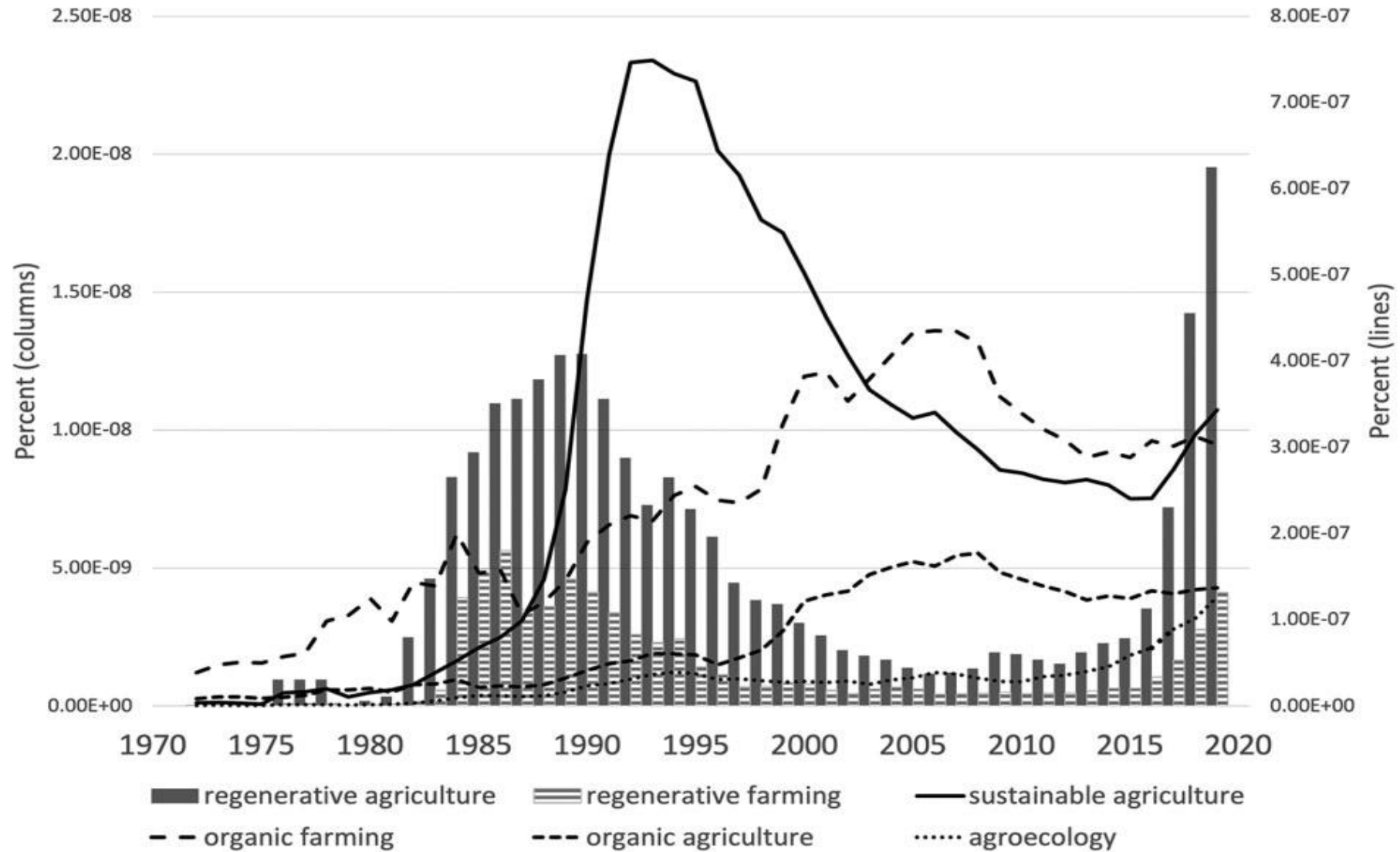
Share Root exudates are well-known 'labile' sources of **soil carbon** that can prime microbial activity. Recent investigations suggest that the stability of labile **carbon** inputs in **soil** mostly depends upon the physical, chemical, and biological properties of th ...

Soil organic carbon stocks and dynamics in a mollisol region: A 1980s-2010s study.

2 Wang S, Wang Z, Heinonsalo J, Zhang Y, Liu G.
Cite Sci Total Environ. 2022 Feb 10;807(Pt 2):150910. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150910. Epub 2021 Oct 12.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

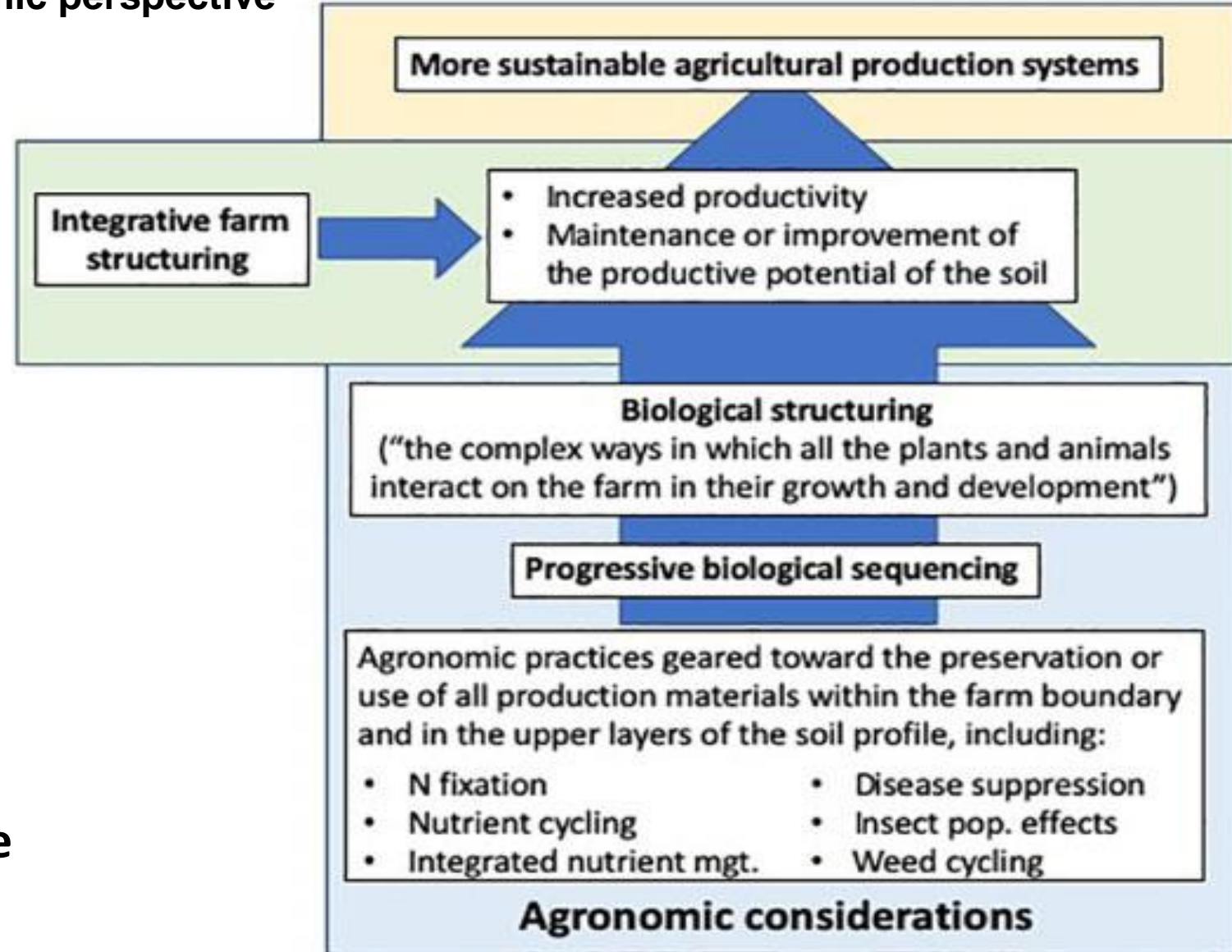
Regenerative Agriculture: An agronomic perspective



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Regenerative Agriculture: An agronomic perspective

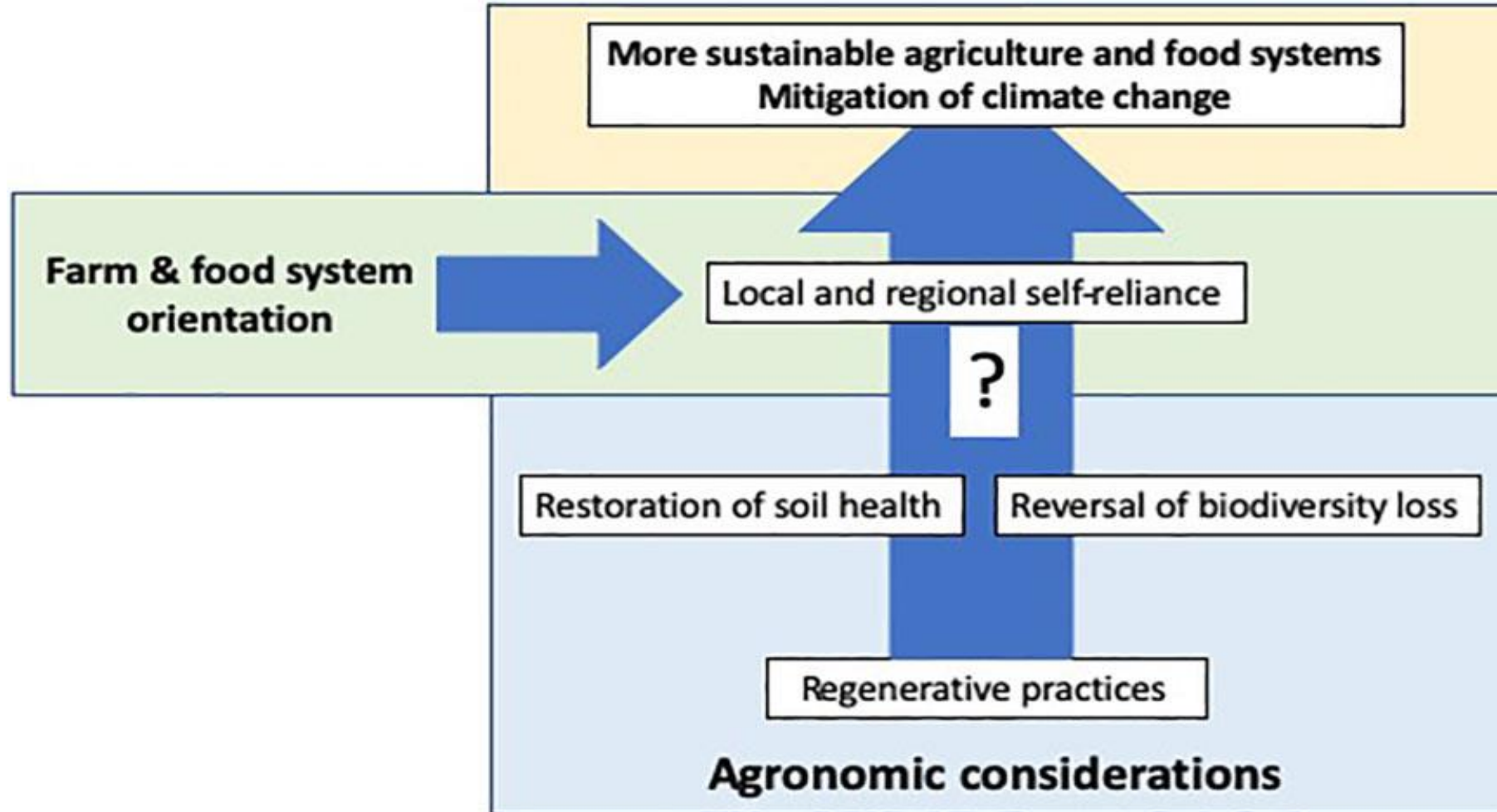
- ✓ La agricultura debe producir alimentos altamente **nutritivos**, **libre de biocidas**, con altos rendimientos
- ✓ La agricultura debe aumentar en lugar de disminuir productividad del suelo, al aumentar la profundidad, la fertilidad y características físicas del suelo
- ✓ Sistemas de **flujo de nutrientes** que integran completamente el suelo la **flora y la fauna**
- ✓ Garantizar una **mejor nutrición de los cultivos**



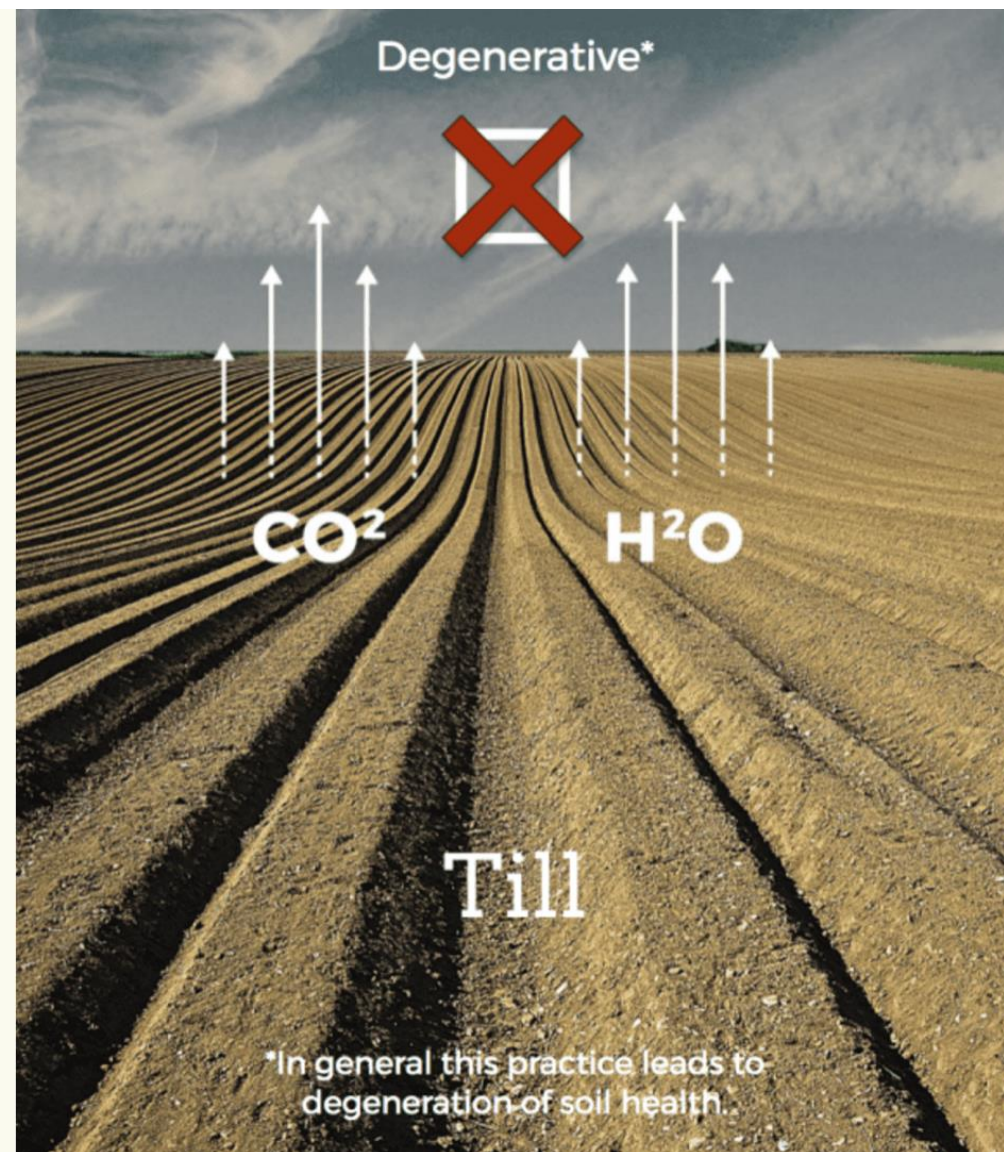
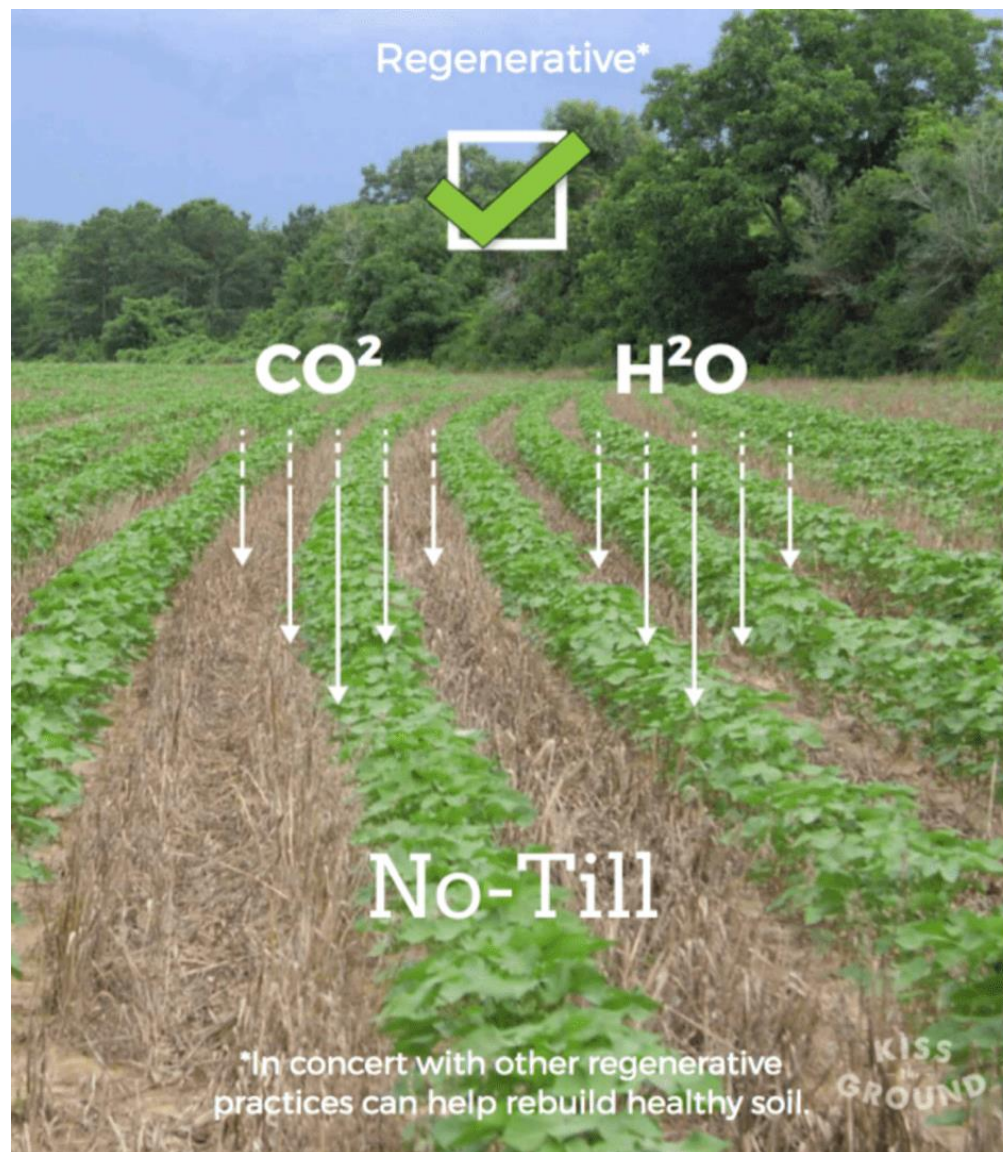
Early theory of Regenerative Agriculture in developing countries. Source: Authors' interpretation of Francis et al. (1986).

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

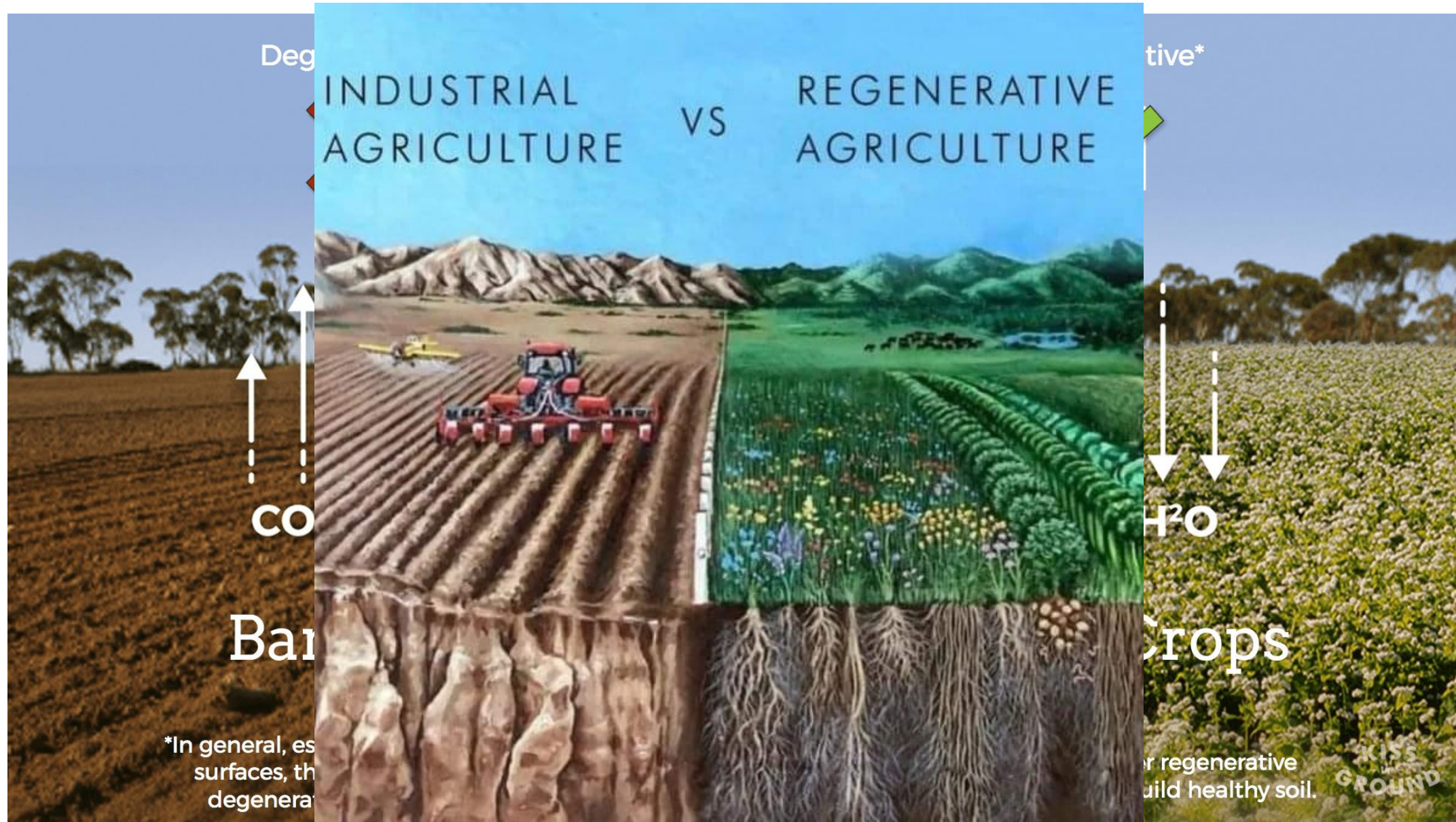
Regenerative Agriculture: An agronomic perspective



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Regenerative Agriculture: An agronomic perspective

Table 1. Agronomic principles and practices considered to be part of Regenerative Agriculture and their potential impacts on restoration of soil health and reversal of biodiversity loss.

Principles	Practices	Restoration of soil health	Reversal of biodiversity loss
Minimize tillage	Zero-till, reduced tillage, conservation agriculture, controlled traffic	***	—
Maintain soil cover	Mulch, cover crops, permaculture	***	*
Build soil C	Biochar, compost, green manures, animal manures	***	—
Sequester carbon	Agroforestry, silvopasture, tree crops	***	**
Relying more on biological nutrient cycles	Animal manures, compost, compost tea, green manures and cover crops, maintain living roots in soil, inoculation of soils and composts, reduce reliance on mineral fertilizers, organic agriculture, permaculture	***	—
Foster plant diversity	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry	**	***
Integrate livestock	Rotational grazing, holistic [Savory] grazing, pasture cropping, silvopasture	**	?
Avoid pesticides	Diverse crop rotations, multi-species cover crops, agroforestry	*	***
Encouraging water percolation	Biochar, compost, green manures, animal manures, holistic [Savory] grazing	***	—

Based on McGuire (2018), Burgess et al. (2019) and Merfield (2019).

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

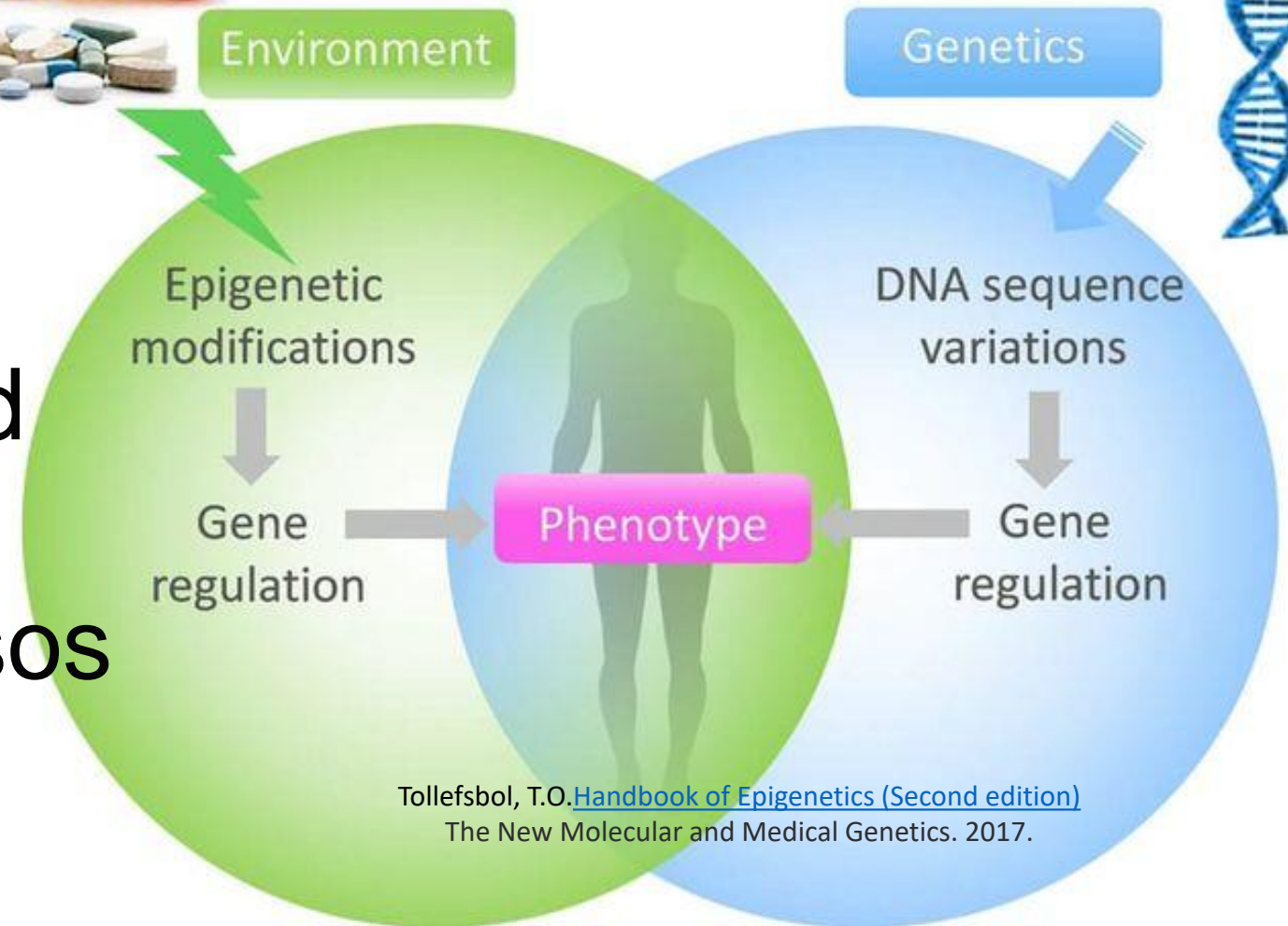


Environment

Genetics



- ✓ Agricultura= salud
- ✓ Planta=productividad
- ✓ Repensar los procesos de formación



Epigenética: estudio de los mecanismos que conducen a cambios en la expresión genética que se pueden pasar de célula a célula y son reversibles pero no implican un cambio en la secuencia del ADN.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

- ✓ **Inteligencia artificial** a su disposición, los científicos están prestando más atención a la producción de cultivos para **secuestrar más carbono**, especialmente a través de las **raíces**
- ✓ Examinando leguminosas que están lejanamente relacionadas con la soya
- ✓ Las plantas podrían proporcionar información sobre diferentes morfologías de raíces y estrategias de crecimiento de raíces especializadas para aumentar la capacidad de secuestro de carbono de la soya



<https://doi.org/10.1002/csan.21032>.

Breeding for Carbon Storage

While breeding for yield has brought with it some carbon-storage benefits, plant and soil scientists see much more potential below ground

CO₂



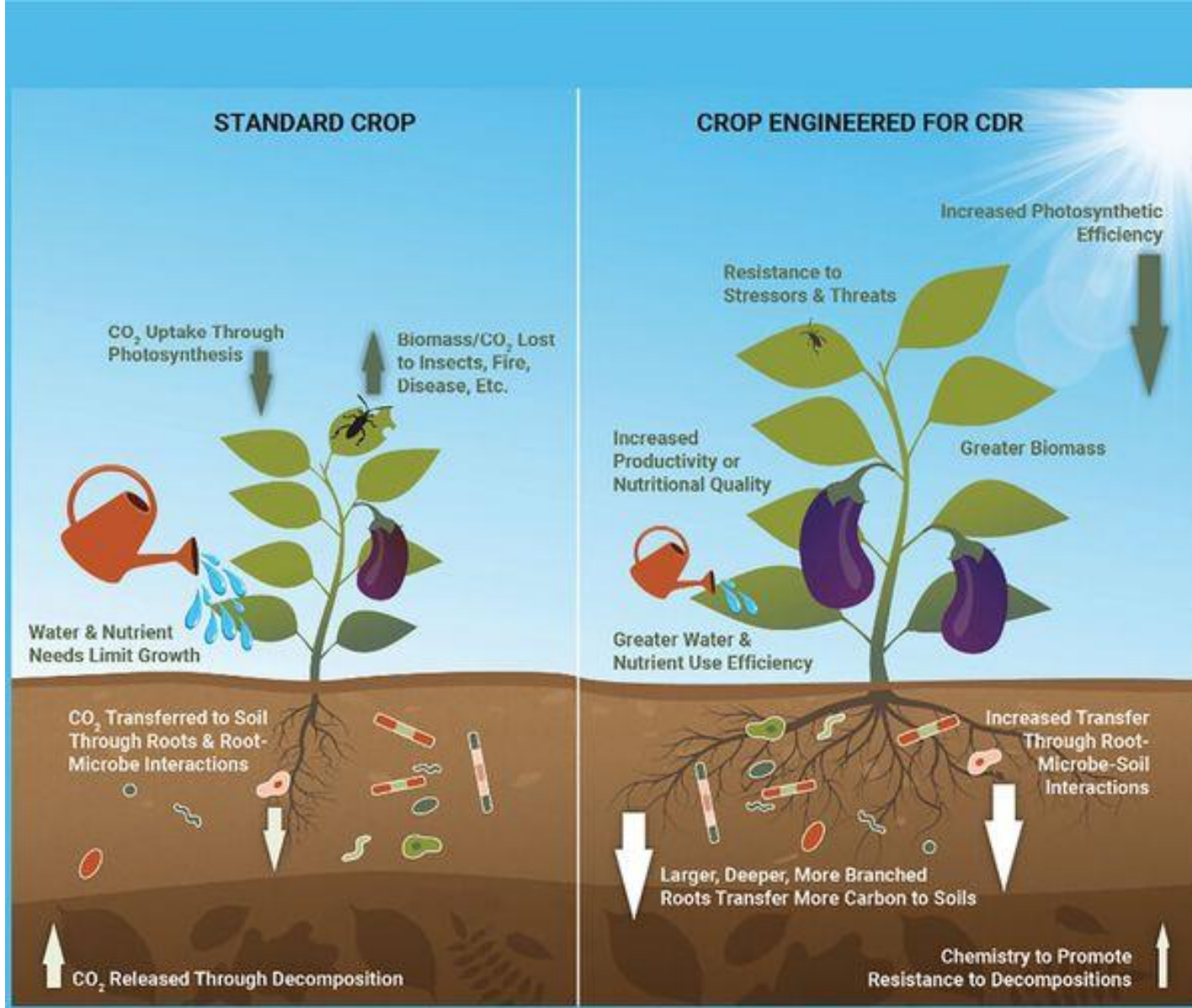
| By Kristen Coyne

Farmers, scientists, and policymakers are becoming increasingly aware of how critical soils will be in our struggle to cope with climate change. That includes agricultural lands where they have focused on management practices such as cover crops and no-till to help store carbon. But with more powerful tools like artificial intelligence at their disposal, scientists are paying more attention to breeding crops to sequester more carbon, especially via the roots. The strategy promises to be far more effective at trapping carbon in the long term than management.



Wolfgang Busch's HPI team recently conducted a soybean yield trial for coring/root washing. Upper left: Team members harvest mature soybean crown roots. Lower left: Samples ready for processing. Right: Washed crown root samples, ready for photographing and downstream analysis. Photos by Ashish Rajurkar.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



“Fine roots, root hairs, and mycorrhizae can become wedged in teeny, tiny pores between the soil, so that makes it harder for the microbes to decompose them.”

<https://doi.org/10.1002/csan.21032>.

- ✓ Restauración de la salud del suelo, incluida la captura de carbono (C) para mitigar el cambio climático
- ✓ Reversión de la pérdida de biodiversidad

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



Busch examines legumes that are distantly related to soybean. The plants could provide insights into different root morphologies and specialized root growth strategies to increase the carbon sequestration capacity of soybean. Photo courtesy of the Salk Institute.



Images from Busch's soybean field trial in Chile illustrate crown root diversity mid-season. Images by Ashish Rajurkar.

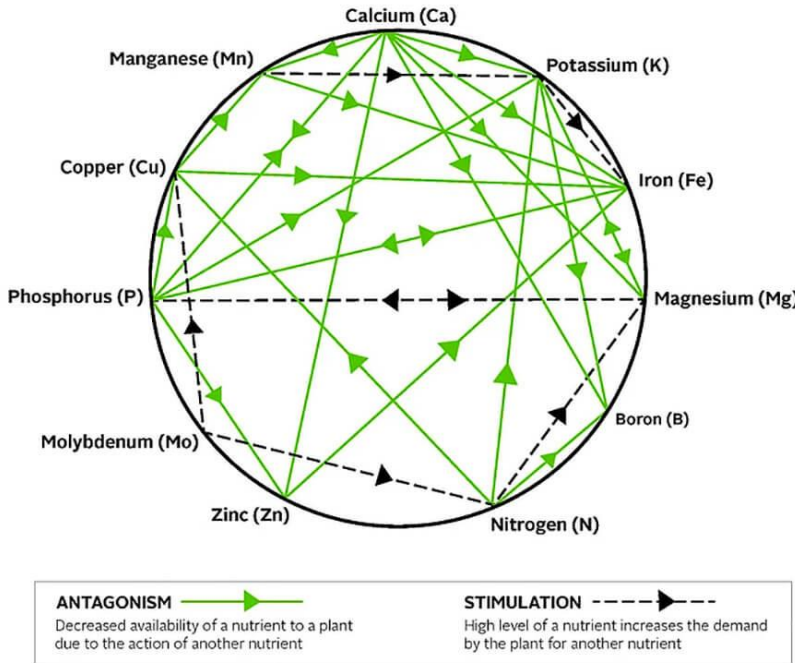
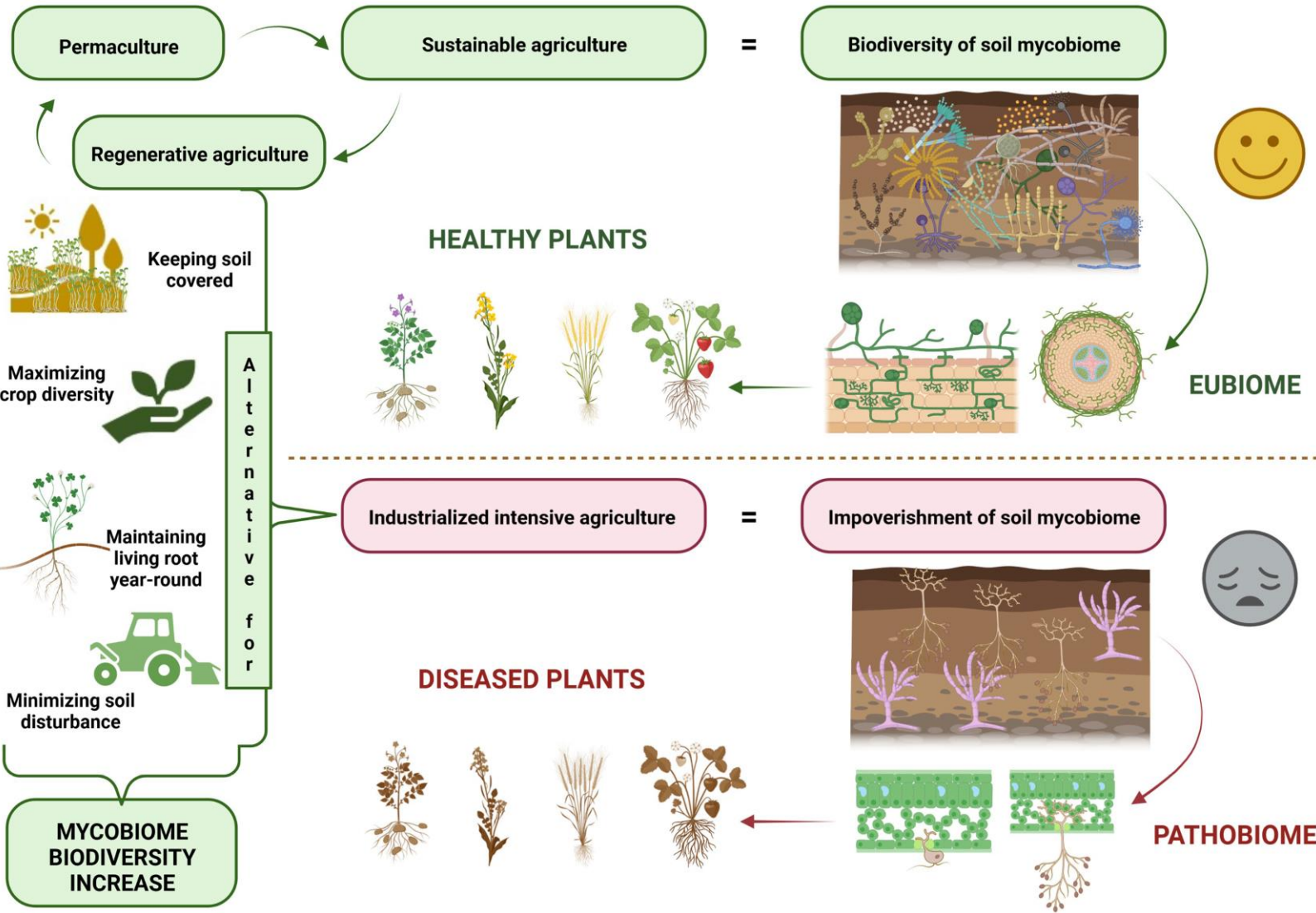
May 2023

CSA News 9

<https://doi.org/10.1002/csan.21032>.

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Soil mycobiome plays a vital role in sustainable agriculture, horticulture, and forestry

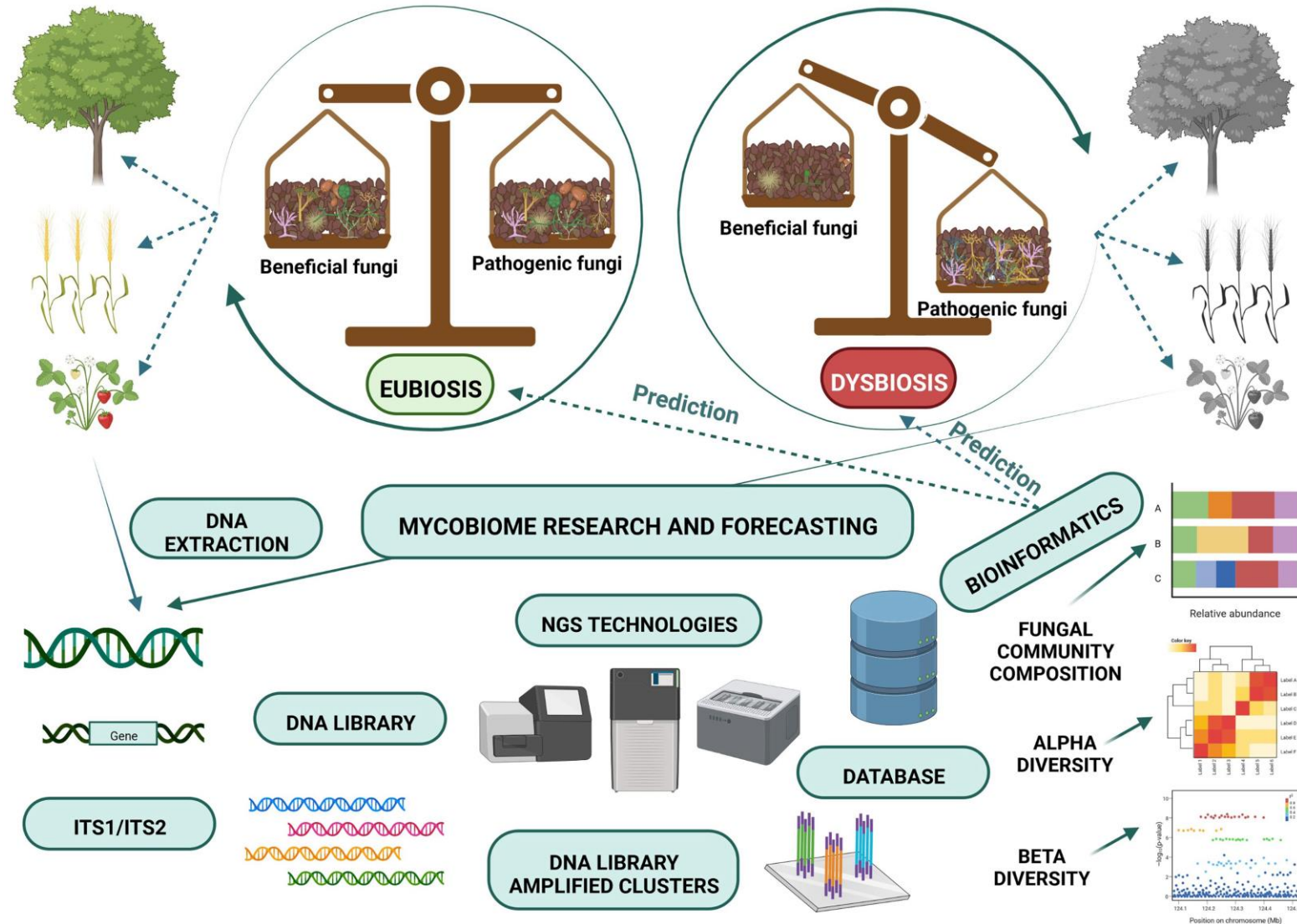


Mulder

Can Regenerative Agriculture increase national soil carbon stocks?
 Simulated country-scale adoption of reduced tillage, cover cropping, and ley-arable integration using RothC [Science of the Total Environment 825 \(2022\) 153955](#)

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Next Generation Sequencing and bioinformatic programs are modern tools for the monitoring of soil mycobiome composition.

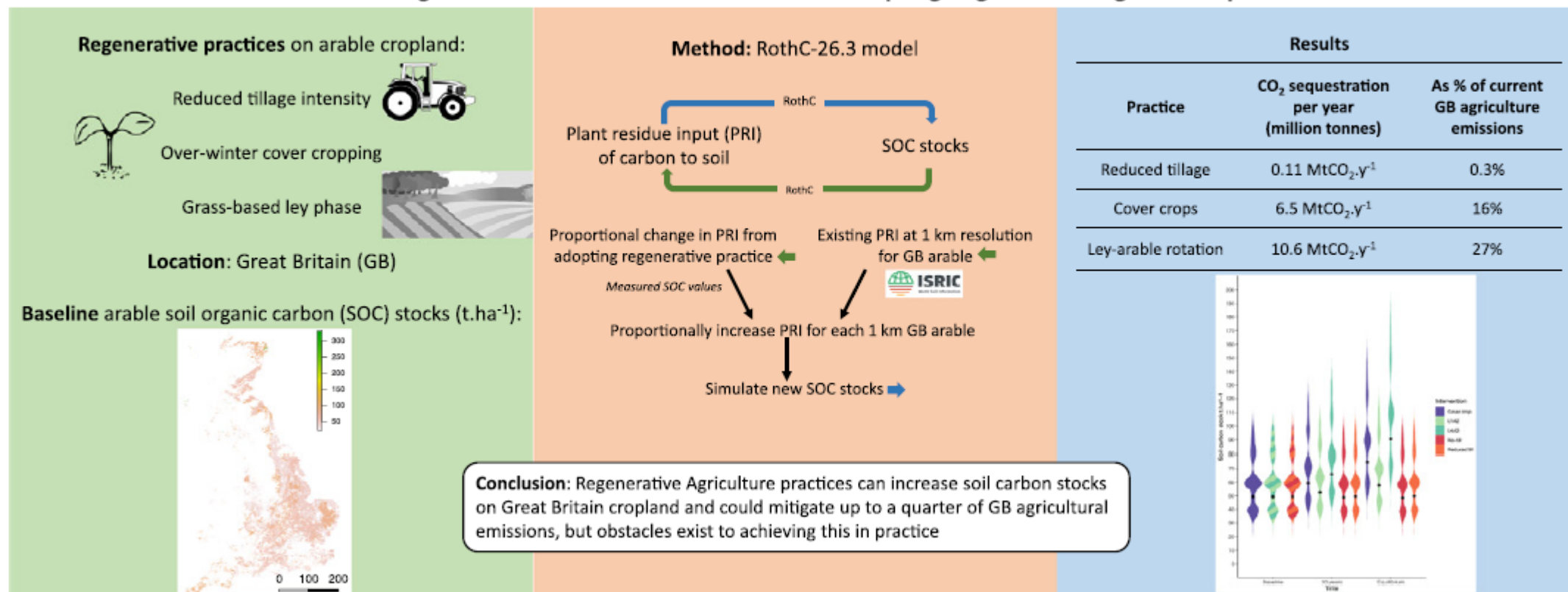


Can Regenerative Agriculture increase national soil carbon stocks?
Simulated country-scale adoption of reduced tillage, cover cropping, and ley-arable integration using RothC [Science of the Total Environment 825 \(2022\) 153955](#)

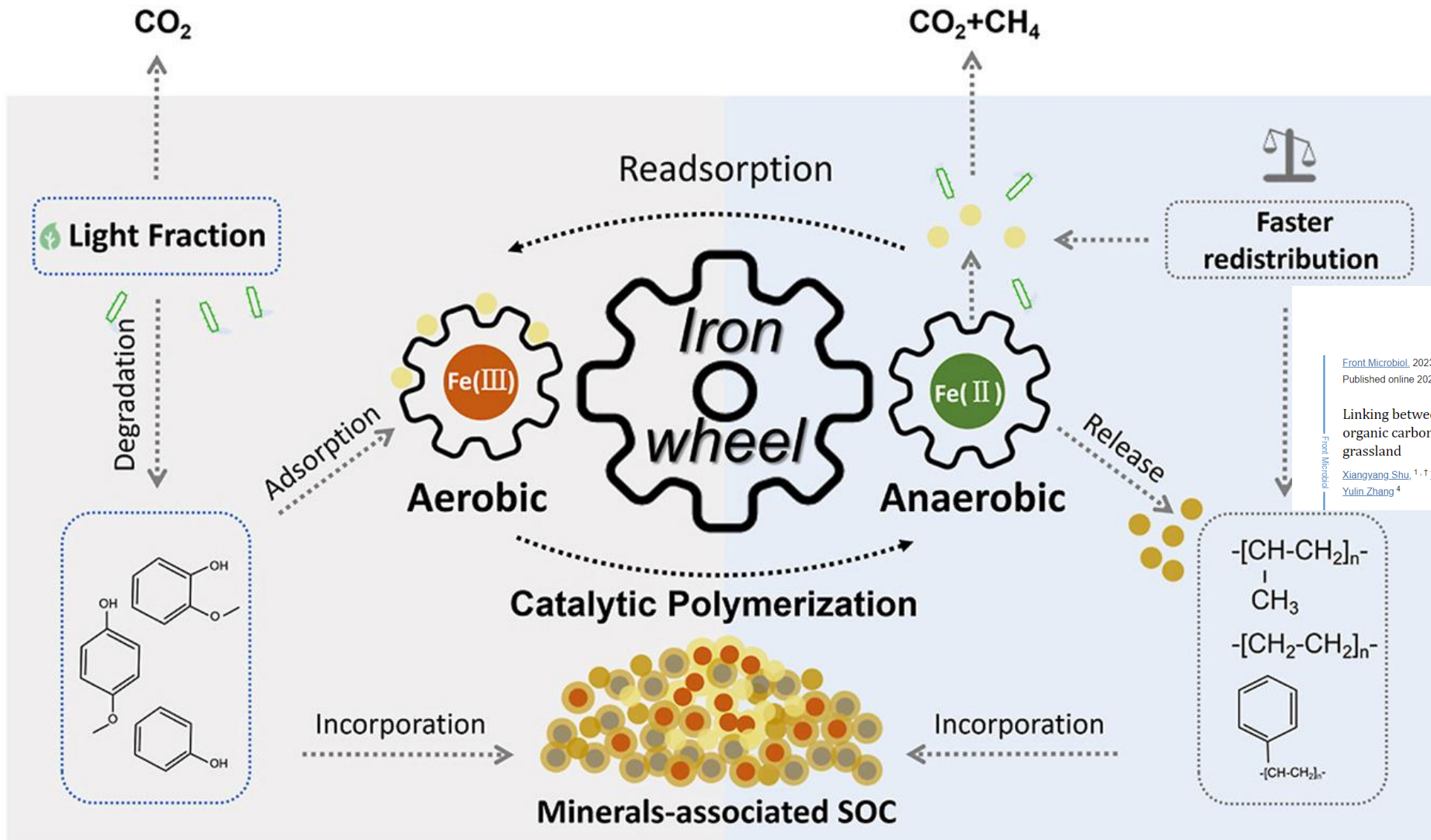
Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Regenerative Agriculture: An agronomic perspective

Simulated changes in national soil carbon stocks from adopting Regenerative Agriculture practices



Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro



- Fe-II
- Fe-III
- Clay
- SOC-Hydrophilic
- SOC-Hydrophobic
- Iron-associated SOC
- Clay-associated SOC
- 🌱 Microorganisms and their enzymes

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

Regenerative Agriculture: An agronomic perspective

- ✓ Formación **¿Cómo debería ser?**
- ✓ ¿Cuál es el problema al que se enfrenta la Agricultura Regenerativa? se supone que es la solución?
- ✓ ¿Qué debe ser renovado?
- ✓ ¿Cuál manejo agronómico permitirá o facilitará esta renovación?
- ✓ ¿Se puede integrar este mecanismo el manejo agronómico?
- ✓ Debe ser económica y socialmente viable en el contexto específico?
- ✓ ¿Qué fuerzas políticas, sociales y/o económicas son necesarias?

Agricultura y desarrollo tecnológico: Una visión de futuro

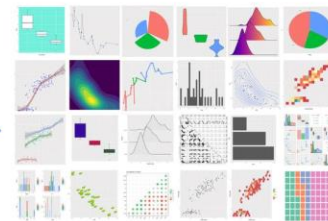
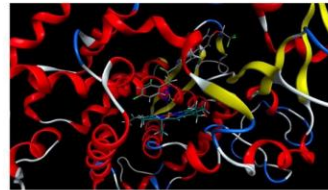
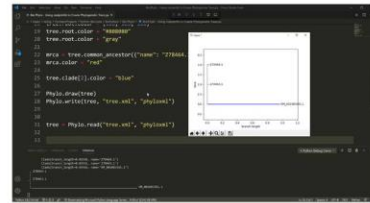


FUNCTIONAL BIOINFORMATICS INTERNSHIP COURSE

NO PRIOR BIOINFORMATICS KNOWLEDGE REQUIRED

Course Contents:

- ✓ Bioinformatics Databases
- ✓ Understanding Bioinformatics
- ✓ Sequence and Biological Data Analysis
- ✓ Predictive Bioinformatics
- ✓ Bioinformatics Scripting in Linux, Python & R
- ✓ Functional Bioinformatics Analysis & High-Throughput Genomics Data Analysis



- ➔ SELF-PACE LEARN ANYTIME, ANYWHERE
- ➔ THEORETICAL & PRACTICAL IN-DEPTH COURSE

NO
EXPERIENCE
REQUIRED

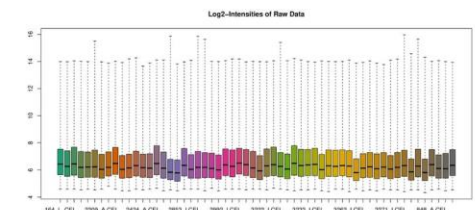
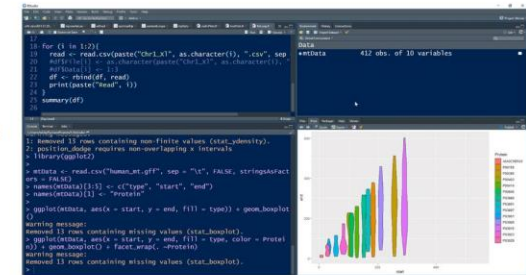


INTRODUCTORY R AND DATA VISUALIZATION FOR BIOINFORMATICS



Course Contents:

- Introduction to R Language
- R Variables & Functions
- R Vectors & Data Types
- R Packages
- Biological Data Analysis
- Control Flow
- Data Visualization: ggplot2



- ✓ SELF-PACE LEARN ANYTIME, ANYWHERE
- ✓ THEORETICAL & PRACTICAL IN-DEPTH COURSE

NO EXPERIENCE REQUIRED

“El futuro ya está aquí, solo esperando sobreponer... que siga desigualmente repartido”



“Muchas gracias”