

Semana 2 -

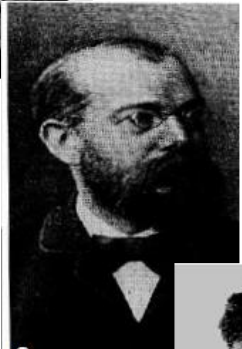
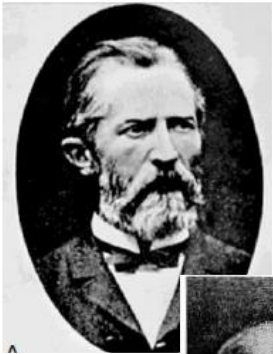
SP6350 Manejo de Enfermedades

Ciclo I-2025

Dr. Mauricio Serrano

La Fitopatología como disciplina

- **Fitopatología:** Es el estudio de las enfermedades de las plantas
 - Su origen etimológico está en las raíces griegas:
 - Fito (phyton): “planta, vegetal”
 - pathos: “afección, sufrimiento, enfermedad”
 - logos: “ciencia que estudia”

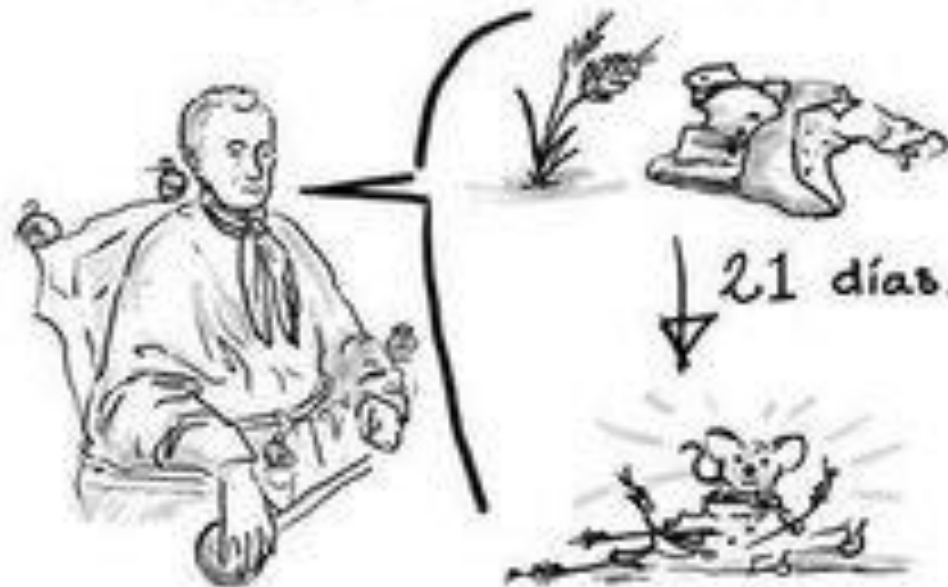


- **Anton DeBary:**
 - Cirujano, botánico, microbiólogo, algólogo, y micólogo alemán.
 - Se considera el fundador de la Fitopatología.
 - 1861- 1863: Demostró que *Phytophthora infestans* era el agente causal del tizón tardío de la papa.
- **Louis Pasteur:**
 - refutó la teoría de la generación espontánea y demostrando que todo ser vivo procede de otro ser vivo anterior (1864)
- **Robert Koch:**
 - microbiólogo alemán, propuso los llamados postulados de Koch (1882)



Aristóteles pensaba que los seres vivos podían surgir de barro y materia en descomposición. Ej. cocodrilos surgiendo de troncos descomponiendose en agua

En la edad media, Helmont propuso varias "recetas" para generar animales. El decía que al mezclar trigo y ropa sucia, después de 21 días, obteníamos ratones.

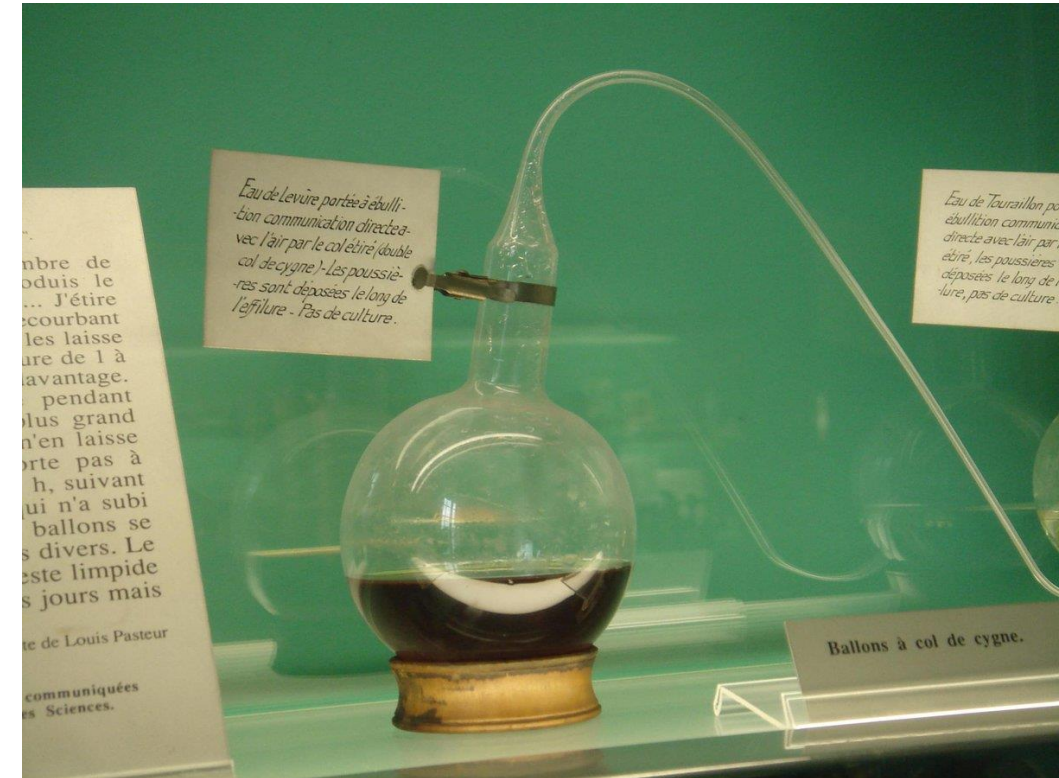
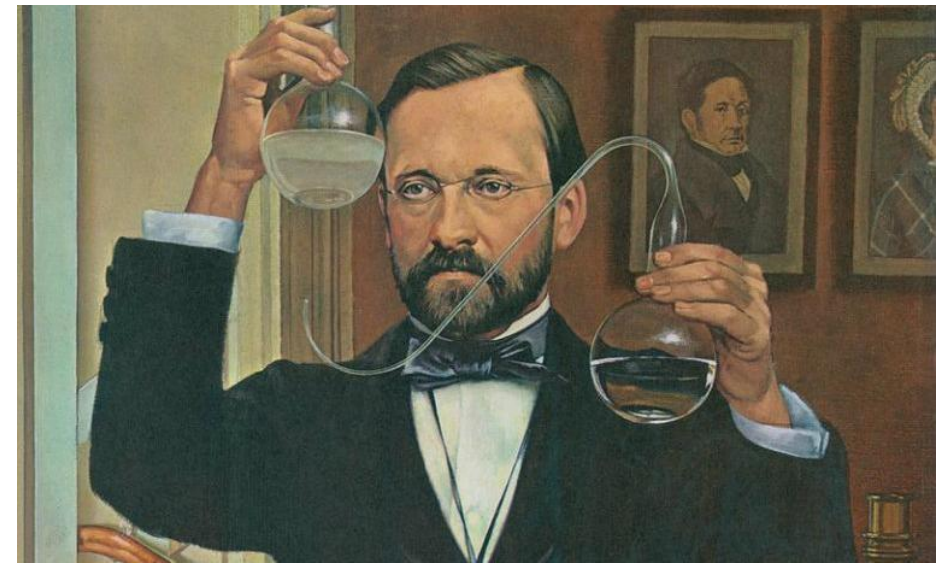
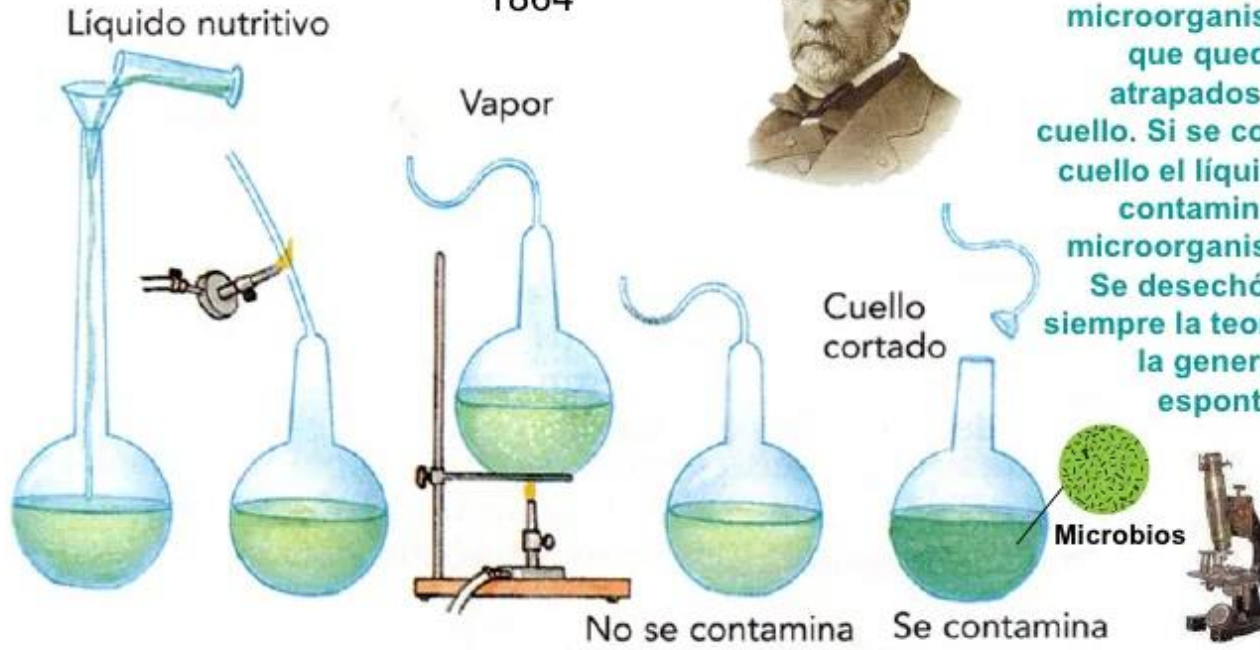


El experimento de Pasteur

1864



El aire podía pasar a los recipientes, pero no así los microorganismos, que quedaban atrapados en el cuello. Si se corta el cuello el líquido se contamina con microorganismos. Se desechó para siempre la teoría de la generación espontánea.





Die
gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit,
ihre Ursache und ihre Verhütung.

Eine pflanzenphysiologische Untersuchung

in allgemein verständlicher Form dargestellt

von

Dr. A. de Bary

Professor der Botanik zu Freiburg i. B.

Leipzig,

A. Förstner'sche Buchhandlung.

(Arthur Felix.)

1861.

- Publicó Monografía en 1861 demostrando que la enfermedad del cultivo de papa era el agente causal de la enfermedad
- Incluye recomendaciones para evitar su diseminación

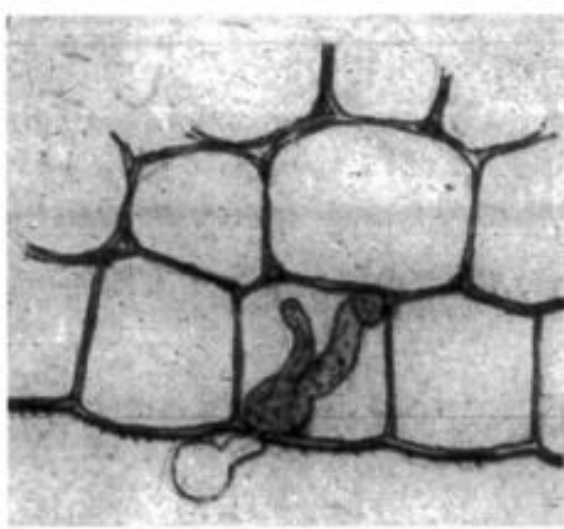


Figure 1. Initial entry of *P. infestans* into host leaf tissue. De Bary's experiments showed that upon germinating, the conidia (now referred to as "sporangia") of *P. infestans* produced slender filaments that penetrated the host tissue. From de Bary, Nachlass, Mpe 15 Bl. 80, undated.

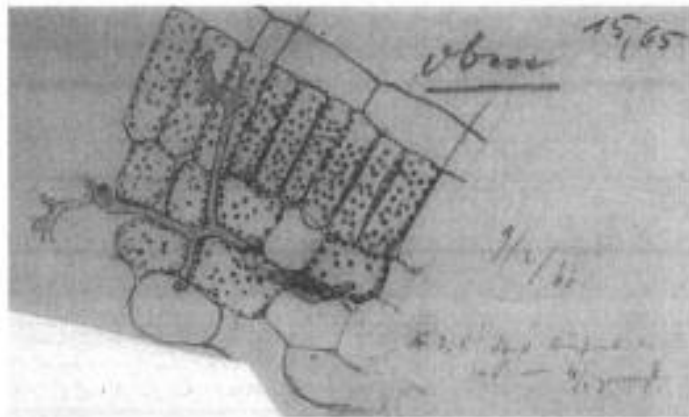


Figure 2. *P. infestans* present in leaf tissue. De Bary's experiments with *P. infestans* in 1860 and 1861 showed that the mycelium, or vegetative structure, of the organism spreads vertically through the cells in the host tissue and horizontally through intracellular space. This sketch is dated February 9, 1861. From de Bary, Nachlass, Mpe 15 Bl. 80.



Figure 5. Conidia with zoospores contained therein. De Bary observed that the conidia of *P. infestans* can either germinate singly on their own or release multiple zoospores, which then germinate on the host tissue. This sketch is dated February 11, 1861. From de Bary, Nachlass, Mpe 15 Bl. 79.

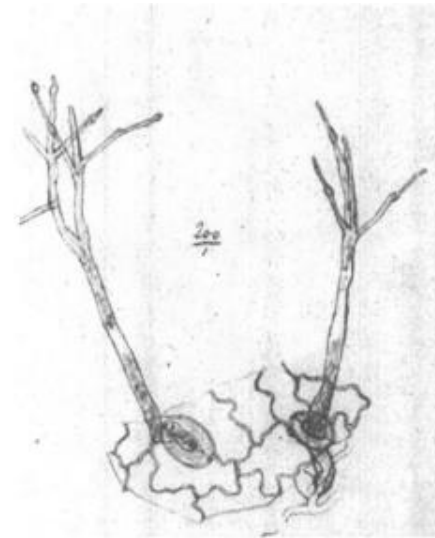


Figure 3. Conidiophores emerging from stomates on leaf tissue. The conidiophores of *P. infestans* emerge from leaf tissue either through the stomates or by raising the epidermis and puncturing individual cells. De Bary observed these conidiophores on August 1, 1853. From de Bary, Nachlass, Mpe 15 Bl. 109.

La Fitopatología como disciplina

- La **fitopatología** es una ciencia integrativa que combina conocimiento básico de disciplinas tales como:
 - Botánica
 - Micología
 - Bacteriología
 - Virología
 - Nematología
 - Anatomía vegetal
 - Fisiología vegetal
 - Genética
 - Biología molecular
 - Horticultura
 - Química
 - Suelos y nutrición vegetal
 - Entre otras
- ... con el objetivo de resolver problemas relacionados con las enfermedades de plantas.

Kudela 2011

- **Fitopatología:** Es el estudio de las enfermedades de las plantas
 - Su origen etimológico está en las raíces griegas:
 - Fito (phyton): “planta, vegetal”
 - pathos: “afección, sufrimiento, enfermedad”
 - logos: “ciencia que estudia”
- **Medicina:** “Arte y ciencia de curar”
- **Porque no usamos el termino medicina vegetal?**
 - **Podemos hablar de medicina humana y medicina veterinaria**
 - **A que se atribuye la división (especialización) y no es una disciplina integrada (Note que en la salud animal se incluye parasitología, intoxicaciones, problemas nutricionales, etc)**

WOOD 1977).
In the second half of the 19th century and in the first quarter of the 20th century, at the beginning of the establishing of plant pathology, there are some indications that founders of that discipline had some scruples (such as an effort for high precision) about using the term plant medicine. It is a fact that the newly emerging discipline did not practically have any available active substances and preparations containing active substances in the form in which they would cure diseased plants. The first plant pathologists could not sense that, at the turn of the 21st century, their succeeding generations would have approximately the same methods both for diagnosis of causal agents of diseases and disease curing through medication (medical treatment).

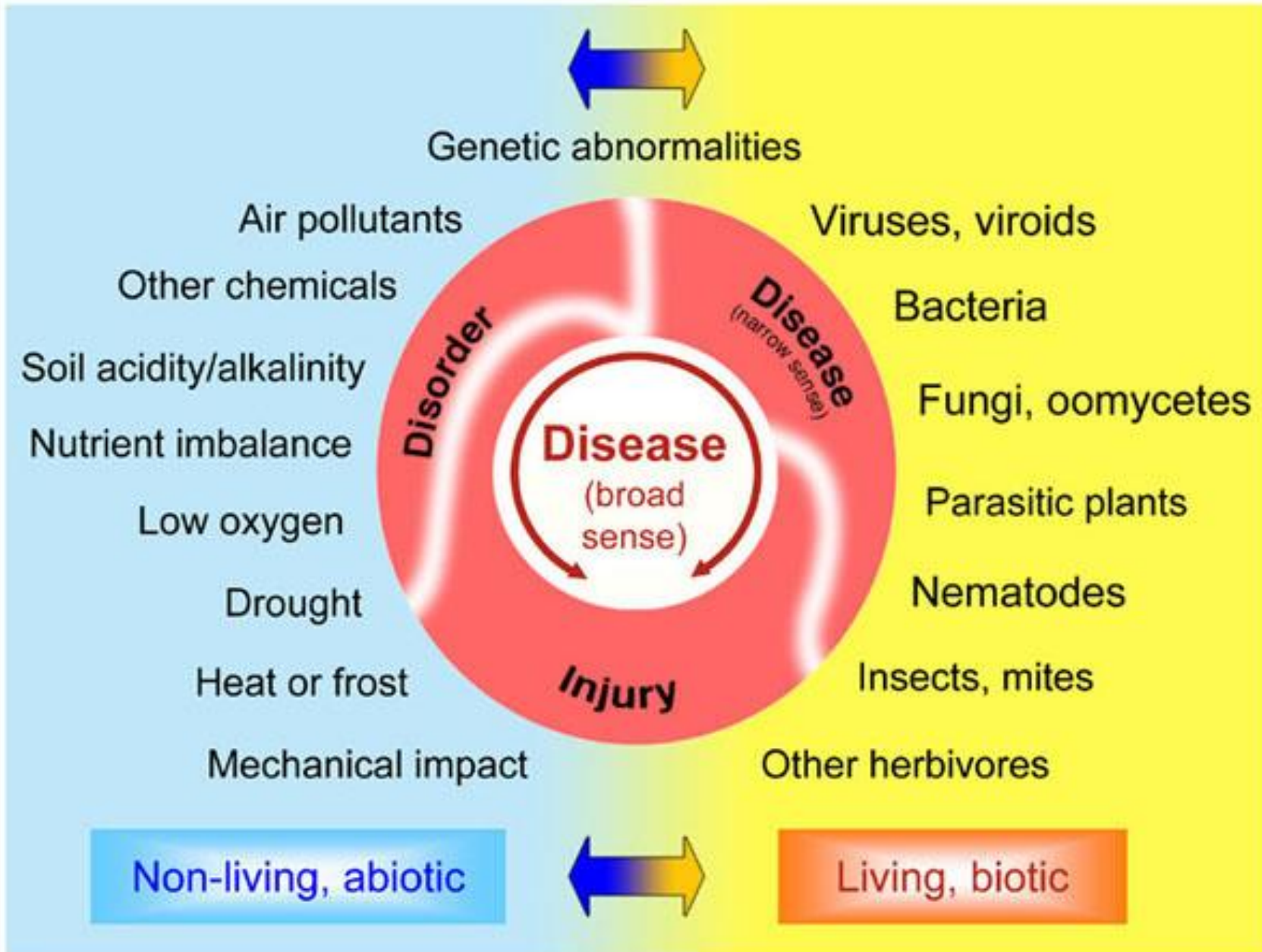
- Otros términos:
 - Phytopathology and Plant Protection, Plant Protection, Plant Medicine, Phytiatry, Phytomedicine, Integrated Pest Management, Plant Health, Plant Health Sciences
 - “Plant Protection” implica que el enfoque es preventivo (?)

Que es una enfermedad?

Different approaches to the concept of health and disease may be found in the literature dealing with plant pathology (Federation of British Plant Pathologists 1973) and veterinary medicine (GUNNARSSON 2006). These approaches take into account the following aspects: *(i)* health as normality and disease as abnormality; *(ii)* health linked to a biological functioning; *(iii)* disease as a structural or functional alteration in the cells of which all living entities are made (which is the common idea within pathology); *(iv)* health as a condition of delicate dynamic functional balance within the organisms or within the processes in the organism (homeostasis); *(v)* disease as a disturbing of the normal interplay of organism functions; *(vi)* disease as a failure to produce at the expected level of nutritional supply and environmental quality.

In the sense of the above-mentioned criteria, plant health can be defined as relative freedom from biotic and abiotic stresses that limit plant productivity both in quantity and quality from its

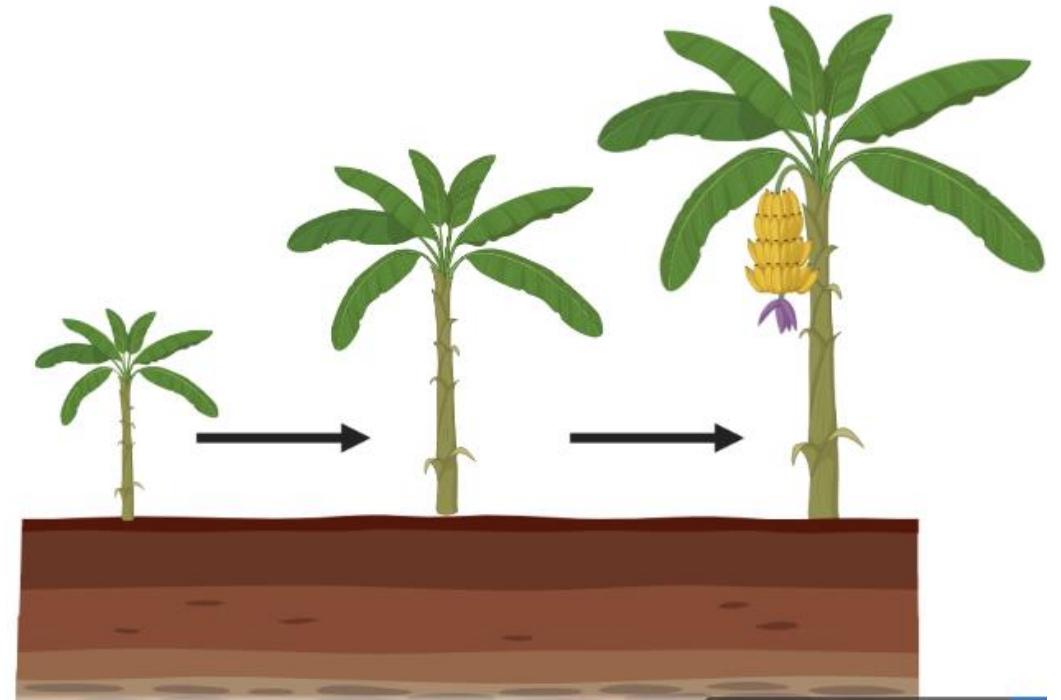
Como definimos:
Enfermedad
Desorden
Lesión (injury)
Daño (damage)
Disease complex
Decline



- Recordemos que existe una definición de enfermedad causada específicamente por agentes bióticos (sentido estricto)
- Y teníamos otra definición de enfermedad que incluía las enfermedades abióticas (desordenes), también llamadas enfermedades no infecciosas.
- Existen daños que ocurren rápidamente (instantáneos) y no se consideran dentro del concepto de enfermedad.
- Note que la Fitopatología tradicionalmente se enfoca en la parte de “Disease narrow sense”.

Definamos primero que entendemos por una planta sana...

- Podemos decir que una **planta sana** o “normal” puede llevar a cabo su funcionamiento fisiológico a su máximo potencial genético (Agrios, 2005).



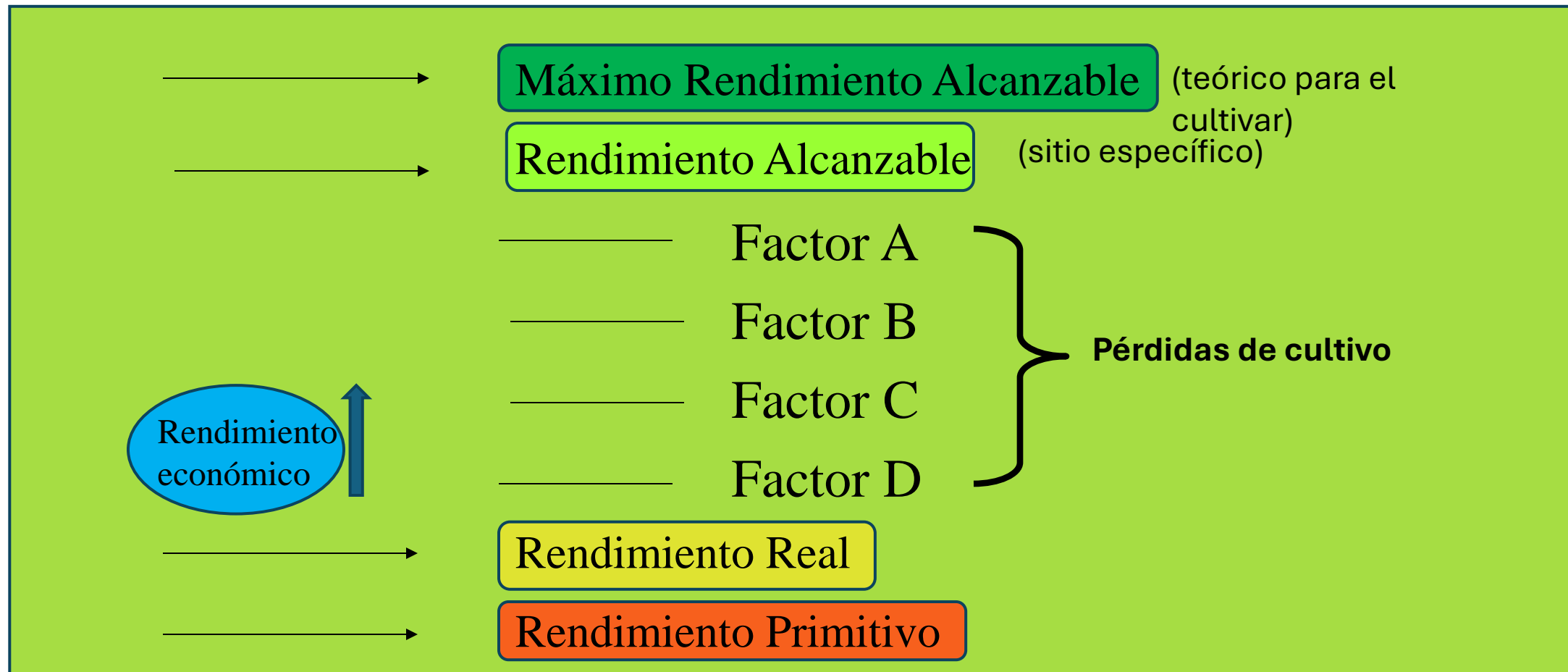


Figura 1. Puntos de referencia para la estimación de pérdidas del cultivo.

(Modificado de Nutter et al, 1993)

Definiciones

- Entonces cómo definimos una planta enferma, o bien, **qué es una enfermedad?**
- Bateman 1978:
 - “una alteración fisiológica dañina a la planta, causada por la irritación continua por un agente extraño”
- Arauz 2011:
 - “una alteración fisiológica dañina a la planta, causada por la irritación continua por un agente extraño o por la carencia prolongada de algún factor ambiental esencial para el funcionamiento adecuado del organismo”.
- Agrios 2005:
 - “la serie de respuestas visibles e invisibles de células y tejidos de la planta hacia un organismo patogénico o factor ambiental que resulta en cambios adversos en la forma, funcionamiento ó integridad de la planta y puede conducir a incapacidad parcial o muerte de partes de la planta o de la planta entera.”

Definiciones (algo más amplias)

- Shumann y D'Arcy 2010:
 - “Una enfermedad es el funcionamiento anormal de un organismo”
- Kudela 2011:
 - Cualquier desviación dañina del funcionamiento normal y estructura de la planta como resultado de un agente endógeno o exógeno, tales como defectos genéticos, factores bióticos y agentes abióticos, los cuales son caracterizados por un grupo identificable de signos o síntomas”.

- Una característica importante de las enfermedades es que son **perjudiciales**, causando daño a la planta de alguna manera.
- La enfermedad también es **progresiva**, lo cual ayuda a diferenciar el desarrollo de una enfermedad en el tiempo vs un daño instantáneo a la planta (ej: un rayo que cae sobre un árbol).

- La enfermedades no-infecciosas son también llamadas **desordenes** ó **enfermedades abióticas**, y no se diseminan de planta a planta. Resultan de la exposición a factores tales como:
 - Clima desfavorable
 - Deficiencias nutricionales o toxicidades
 - Salinidad
 - Otros
- Los desordenes pueden **predisponer** a la planta a la infección por un patógeno, sin embargo los desordenes no se corrigen directamente utilizando pesticidas. Como clasificamos esto según Kudela?

Otras definiciones importantes

- **Patogenicidad:** La capacidad de un organismo de causar una enfermedad.
- **Patógeno:** el agente causal de una enfermedad.
- **Parasitismo:** relación entre dos especies en la cual el parásito se alimenta del hospedante (absorción de nutrientes) por períodos prolongados. El hospedante no recibe ningún beneficio y más bien le causa daño (eventualmente puede ocasionarle la muerte).
 - Note que en depredación y herbivoría hay ingestión del organismo entero o trozos del organismo.
- **Lesión (en el cultivo):** síntomas ó signos visibles causados por el patógeno.
- **Daño (al cultivo):** la reducción en el rendimiento o calidad del producto como resultado de las lesiones.
- **Pérdidas del cultivo:** reducción en el valor o en el retorno financiero como consecuencia del daño de uno ó más enfermedades (ó plagas)
- **Pérdidas de cosecha, producción ó rendimiento:** La diferencia entre rendimiento real y rendimiento alcanzable que se atribuye a una única enfermedad.

Otras definiciones importantes

- **Síntomas:** Manifestaciones visibles de la enfermedad como respuesta o resultado de las actividades del patógeno:
 - Alteraciones del crecimiento: Enanismo, Deformación, Agallas, Escobas de bruja.
 - Alteraciones en la coloración (ej. Clorosis)
 - Muerte de tejido: Necrosis, Pudrición, Cancro o chanchro, Muerte descendente
 - Marchitez (perdida de turgencia y eventualmente muere)
- **Signos:** manifestaciones del patógeno que se pueden observar a simple vista.

Procesos fisiológicos afectados

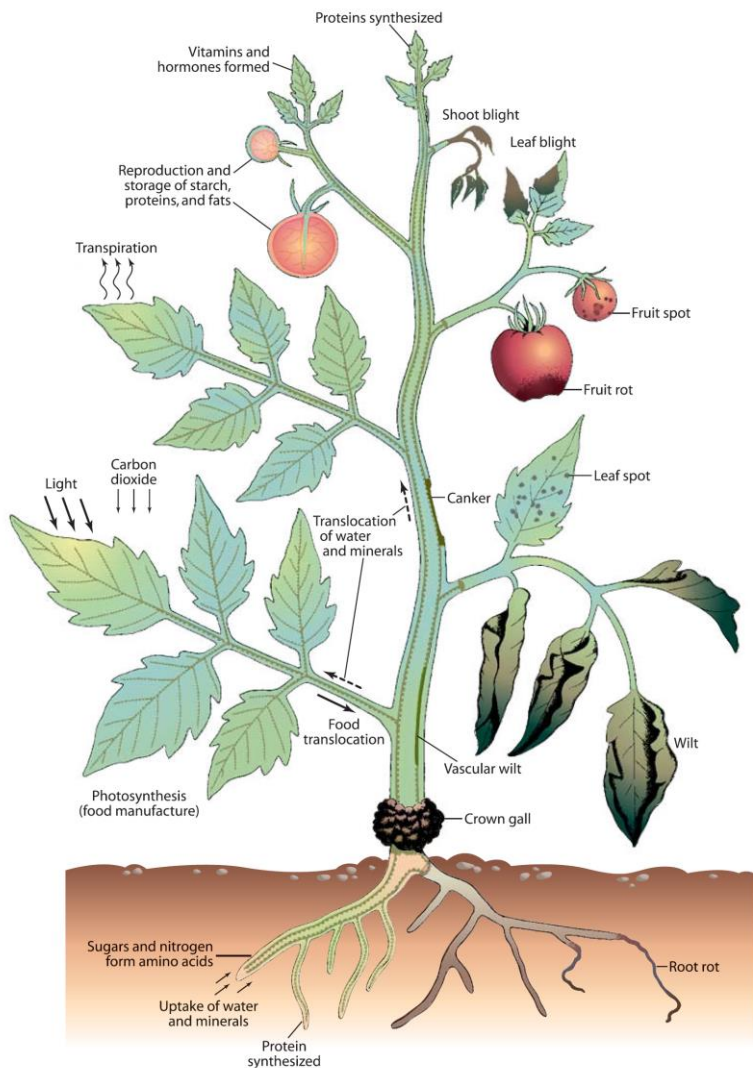


FIGURE 1-1 Schematic representation of the basic functions in a plant (left) and of the kinds of interference with these functions (right) caused by some common types of plant diseases.

- **Germinación y establecimiento temprano.**
- **Absorción de agua y nutrimentos.**
- **Transporte de agua y nutrimentos**
- **Fotosíntesis**
- **Respiración**
- **Transporte de fotoasimilados**
- **Formación y conservación de estructuras reproductoras**

Enfermedades de importancia histórica (Campbell y Madden 1990).

- Ergot disease
- *Claviceps purpurea*
- Hongo que afecta el centeno
- LSD (alucinógeno) presente en los esclerocios
- Diversos síntomas en humanos que consumen harina de centeno contaminada.





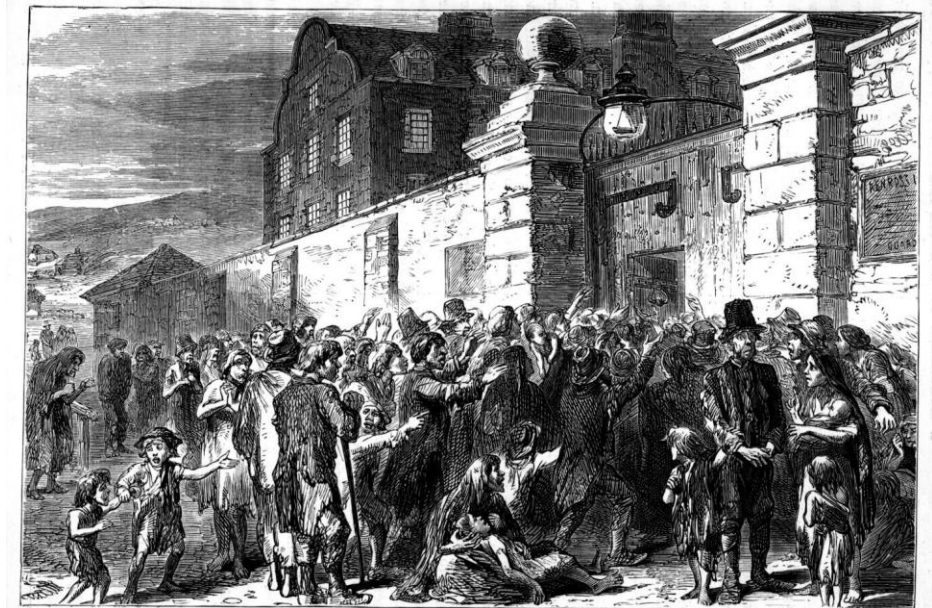
Foto 12. Detalles de las "Las tentaciones de San Antonio", realizado entre 1492 y 1496 por Hiéronymus Bosch "El Bosco". Museo Nacional de Arte Antiquo de Lisboa (Portugal). En el tríptico existen representados miembros gangrenados, y hombres mutilados.

La hambruna Irlandesa, 1846-1850.

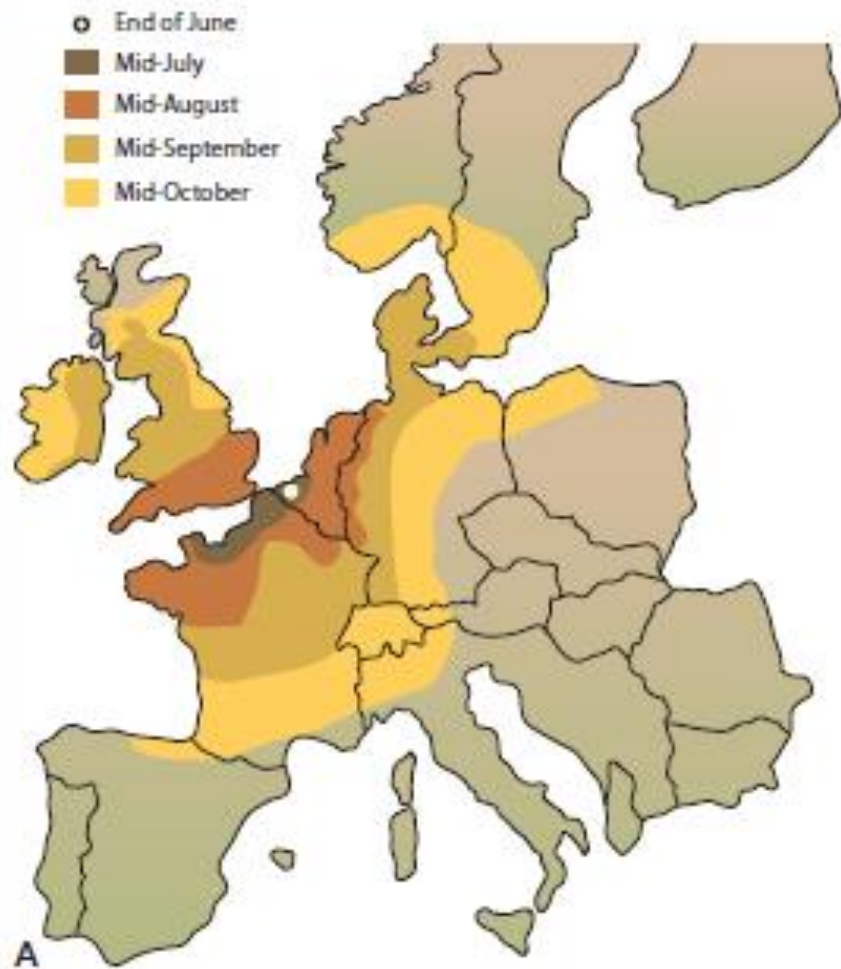
- **Epidemia en el cultivo de papa causada por el Oomycete *Phytophthora infestans*.**
 - Colonia Inglesa: Campesinos cultivaban cereales y animales para pagar renta e impuestos.
 - La papa era el principal alimento de los campesinos.
- **La población irlandesa redujo de 8 a 5 millones.**
 - Se calcula que 1.5 millones murieron de hambre.
 - El resto migró principalmente a USA



The Great Famine Memorial. Dublin, Irlanda



THE FAMINE IN IRELAND—PEASANTS AT THE GATE OF A WORKHOUSE.



- Fue detectada por primera vez en Bélgica.
- La epidemia se expandió por Europa entre Junio y Octubre de 1845

FIGURE 1-17 The late blight of potato and the Irish famine. (A) Itinerary of the advance of the potato blight between June, when the blight was first detected in Belgium, and the end of October 1845, by which time it spread from Italy to Ireland and from Spain to the Scandinavian countries. (B) A young lesion on a potato leaf covered with sporangiophores and sporangiospores of the fungus (oomycete). (C) A potato plant killed completely by the blight (right) next to a healthy-looking resistant plant (left). (D) External and internal appearance of potato tubers infected with the late blight disease. The oomycete is still found near the surface. (E) Advanced invasion and rotting of potato tuber infected with late blight. (F) A period drawing of a family digging for potatoes to avoid starvation during the Irish famine. [Photographs courtesy of (A) W. E. Fry, Cornell University, (B) D. P. Weingartner, University of Florida, (C and D) Cornell University, (E) USDA, and (F) Illustrated London News, 1849.]

Mal de Panamá en Banano

- En Costa Rica, el cultivo de banano “Gross michel” comenzó en 1872, en 1879 comenzaron las exportaciones.
- Hacia 1898 se exportaban aprox 2.3 millones de racimos.
- **Mal de Panamá** es causado por *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Raza 1.
- Durante los años 40s comenzó una epidemia que destruyó las plantaciones.
- Actualmente los bananos “Cavendish” se cultivan para exportación.
- La **Raza 4** de este patógeno podría generar una epidemia de similar magnitud.



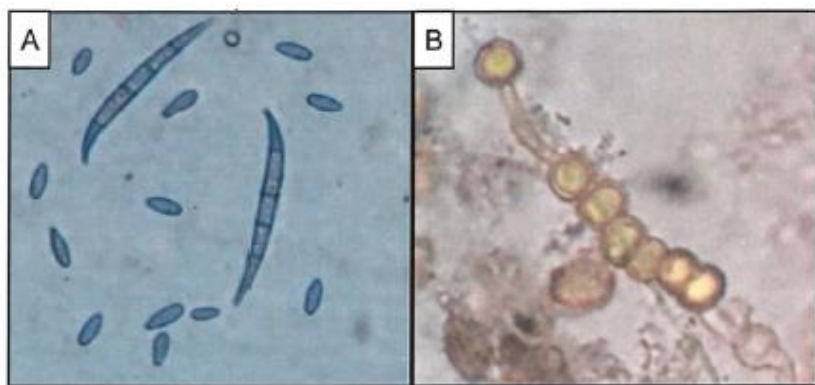


Figura 4. Estructuras reproductivas de Foc. (A) Macro y micro conidios y (B) Clamidósporas formando una cadena.

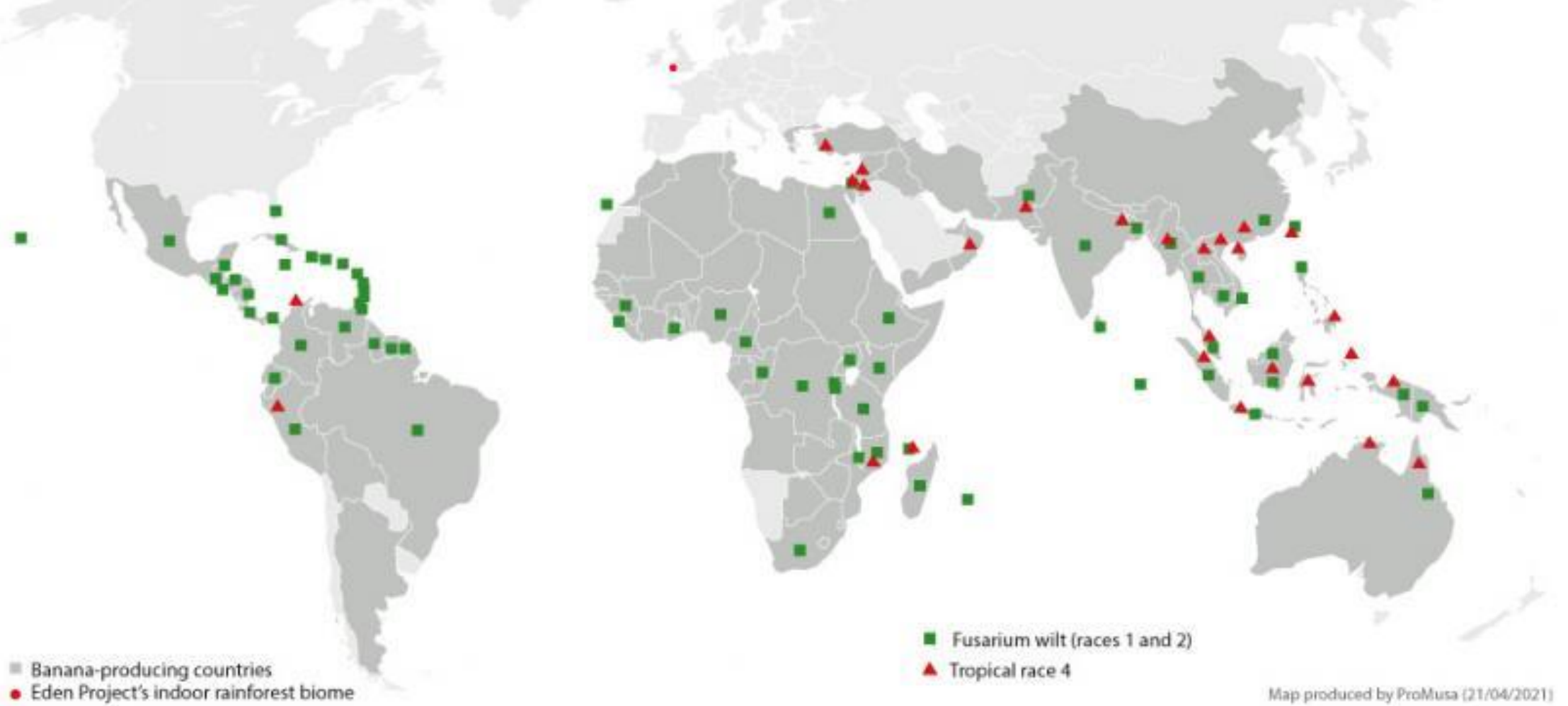


Figura 1. Marchitamiento y muerte de plantas de 'Gros Michel' por Foc raza 1 (La Rita, Pococí, Costa Rica).



Area devastada por Foc TR4 en Mozambique

Distribution of Fusarium wilt of banana



Por que los Ingleses toman Té?

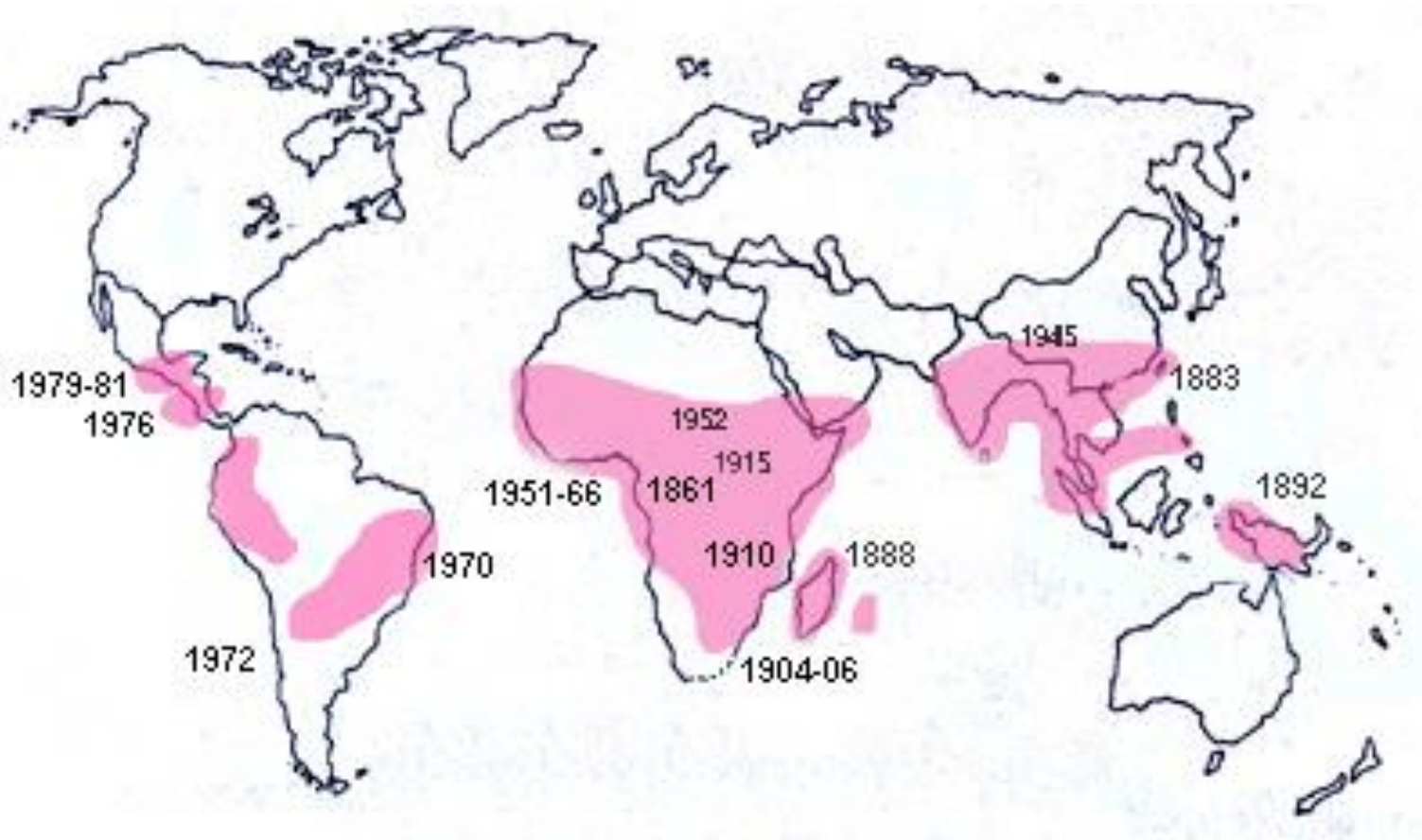
- El café es originario de Etiopía.
- Cafeterías (o casas de café) en Egipto, Arabia y Turquía fue un modelo de negocio imitado por los Holandeses y se extendió por el resto de Europa desde el siglo XVI.
- En las casas de café se reunían a discutir sobre filosofía, religión y política.
- Los holandeses comenzaron a plantar café en sus colonias en Ceylon (actual Sri Lanka), Sumatra y Java, que posteriormente fueron cedidas a Inglaterra.
- Para 1870 las plantaciones de Ceylon exportaban 100 millones de libras de café, principalmente a Inglaterra.





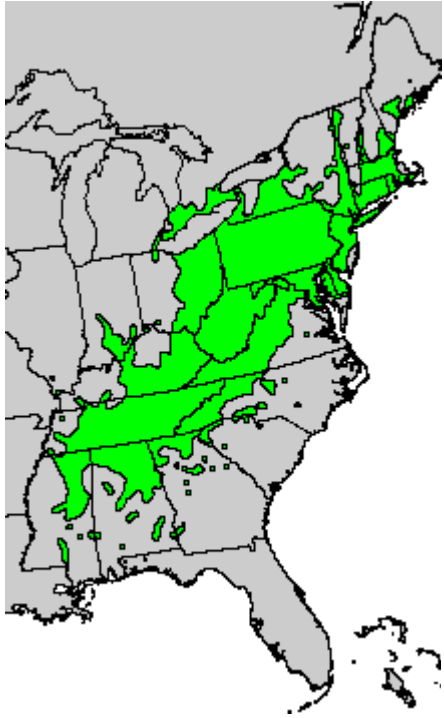
- En 1867 aparece en Ceylon la roya del café (causada por el hongo *Hemileia vastatrix*)
- Rápidamente se extiende por el país y regiones vecinas.
- La producción declinó hasta el punto de no ser económicamente rentables.
- Se sustituyó el café con el cultivo de Té, y los ingleses comenzaron a tomar Té



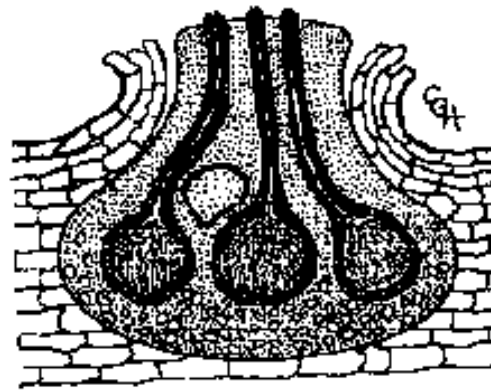


- La aparición de la roya en Ceylon, Sumatra y Java llevó la producción de café a América
- La roya llega a Brasil en 1970.
- En Costa Rica, se detectó en diciembre del año de 1983.
- Durante varias décadas se mantuvo en niveles bajos
- En 2012, se sufrió un aumento inusual de la incidencia de la roya del cafeto en todas las zonas cafetaleras de Costa Rica.

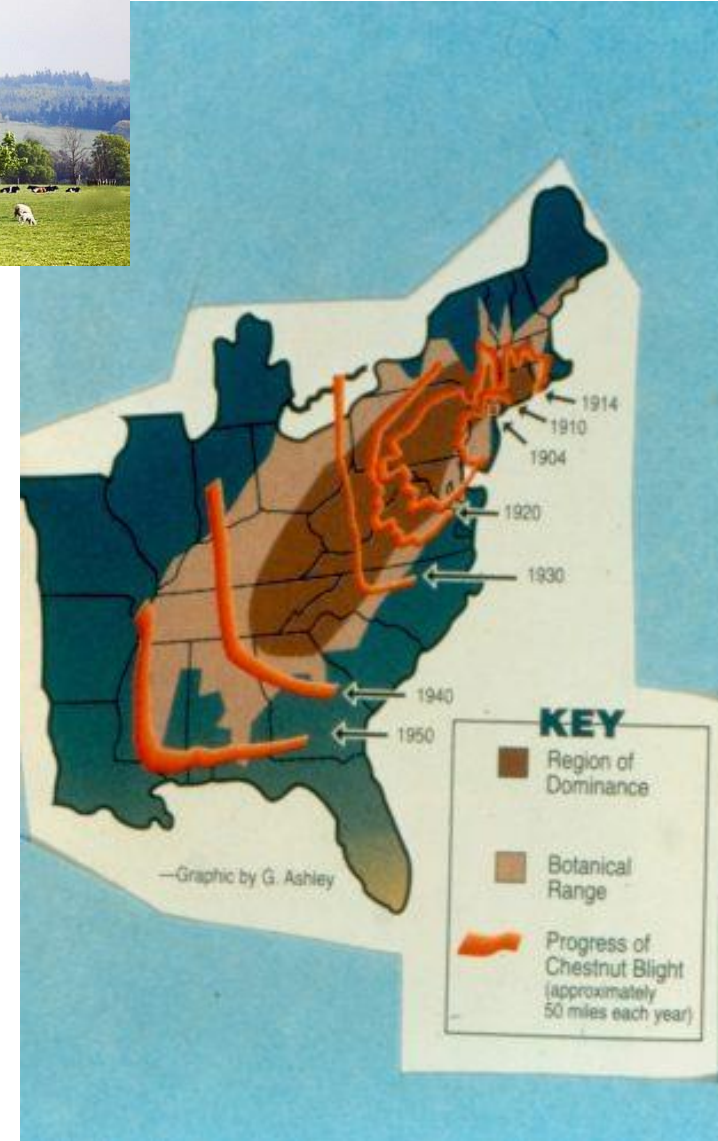
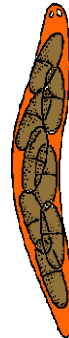
Chestnut blight



Native range of American chestnut.
From Little (1977).



Perithecia of *Cryphonectria parasitica*
in a stroma. The perithecia contain
many asci (left) with 8 ascospores each
The ascospores are forcibly ejected
and carried in air currents.



Epidemiologia

- epi (upon) + demio (people) + logy (treatise).

determining these characteristics and differences, Gäumann (1946) enumerated the nine conditions that must occur *simultaneously* if an epidemic is to develop. These conditions for the establishment of an epidemic are as follows:

. . . On the part of the host, an abundant supply of susceptible individuals produced by (a) an accumulation of susceptible individuals. . . ; (b) heightened disease proneness of the hosts. . . ; (c) the presence of appropriate alternate hosts. . . ; on the part of the pathogen, the possession of high infective capacity, i.e., a high epidemic potential, conditioned by (d) the presence of an aggressive pathogen. . . ; (e) high reproductive capacity. . . ; (f) efficient dispersal. . . ; (g) unexacting growth requirements. . . ; on the part of environment, (h) optimal weather conditions for the development of the pathogen. . . .

- Vanderplank's 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control.

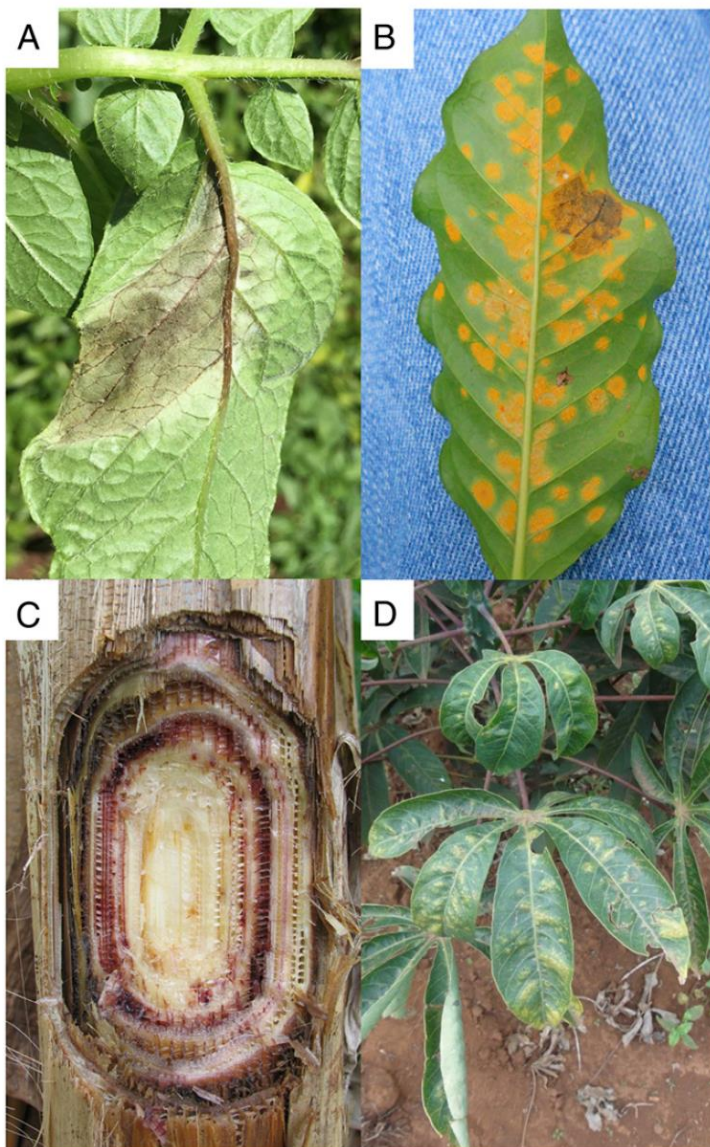


Fig. 1. Several important emerging plant diseases that threaten food security, including (A) late blight of potato caused by *P. infestans*, (B) coffee rust caused by *H. vastatrix*, (C) Panama disease caused by *F. oxysporum* f. sp. *cubense* (TR4) on banana, and (D) cassava mosaic disease caused by East African CMV.

- Las enfermedades pueden causar **epidemias** impactan la economía y la seguridad alimentaria
- Esto es particularmente importante en países en desarrollo en donde se cuenta con menos recursos para hacer frente a las epidemias.
- 1845: Epidemia del tizón tardío de la papa.
- 2008-2013: Epidemia de roya en Colombia y América Central.
 - Cambio climático
 - Precios bajos del café
 - Alto costo de los insumos
 - Poca disponibilidad de variedades resistentes en ese momento.
- El virus del mosaico de la yuca en los años 80s causó una severa caída en la producción de Uganda, generando una crisis alimentaria al ser un importante componente de la dieta de sus pobladores.

Table 1. Impact of emerging plant diseases on four components of food security on key food and subsistence crops

Component	Definition	Example of a plant disease	Consequence
Availability	The existence of food in a particular place and time	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i> tropical race 4 (TR4)	Cavendish banana, a key food source for many smallholder farmers, is threatened by TR4 race of <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> that migrated from southeast Asia to Mozambique (19, 20). The disease could eliminate production of the crop in some areas of the world.
Access	The ability of a person or group to obtain food	Cassava mosaic disease caused by East African CMV (EACMV-IUG2)	A strain of a CMV caused huge losses and cassava fields were abandoned in sub-Saharan Africa. Food shortages and famine-related deaths occurred in Uganda due to dependence on cassava (21).
Utilization	The ability to use and obtain nourishment from food (includes food nutritional value assimilation of nutrients)	Mycotoxins on corn caused by <i>A. flavus</i> and <i>Fusarium</i> species	Eighty-seven percent of East Kenyan corn mills had over the legal limit of fumonisins in corn (22). Consuming fumonisin-affected corn affects nutritional value of corn and is carcinogenic.
Stability	The absence of significant fluctuation in availability, access and utilization	Coffee rust <i>H. vastatrix</i>	Coffee yields reduced by 16 to 31% in Central and South America. Low price of coffee and lack of inputs such as new varieties and fungicides exacerbated disease (16, 17). Smallholder income was lost for food purchases and stability of the commodity in the region was threatened.

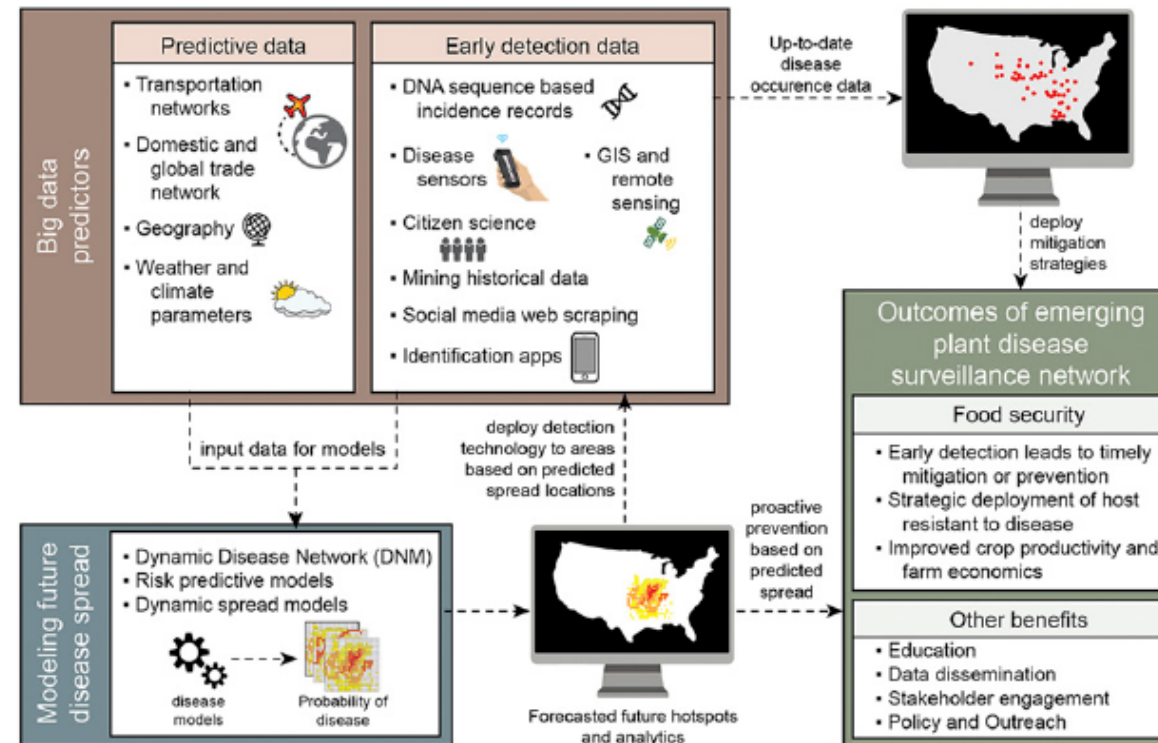


Fig. 2. Critical components and data analytics needed for an emerging plant disease surveillance network. Data include predictive data such as transportation and trade networks, geography, weather and climate parameters, and early detection data such as DNA sequence data, pathogen detection from sensors, text mining of historical and social media data, citizen science data, and identification applications. These data can be used to model spread of plant diseases and predict future spread. Enhanced monitoring and proactive mitigation strategies can be deployed in forecasted future hotspots. Early detection of plant diseases leads to more timely deployment of mitigation strategies.

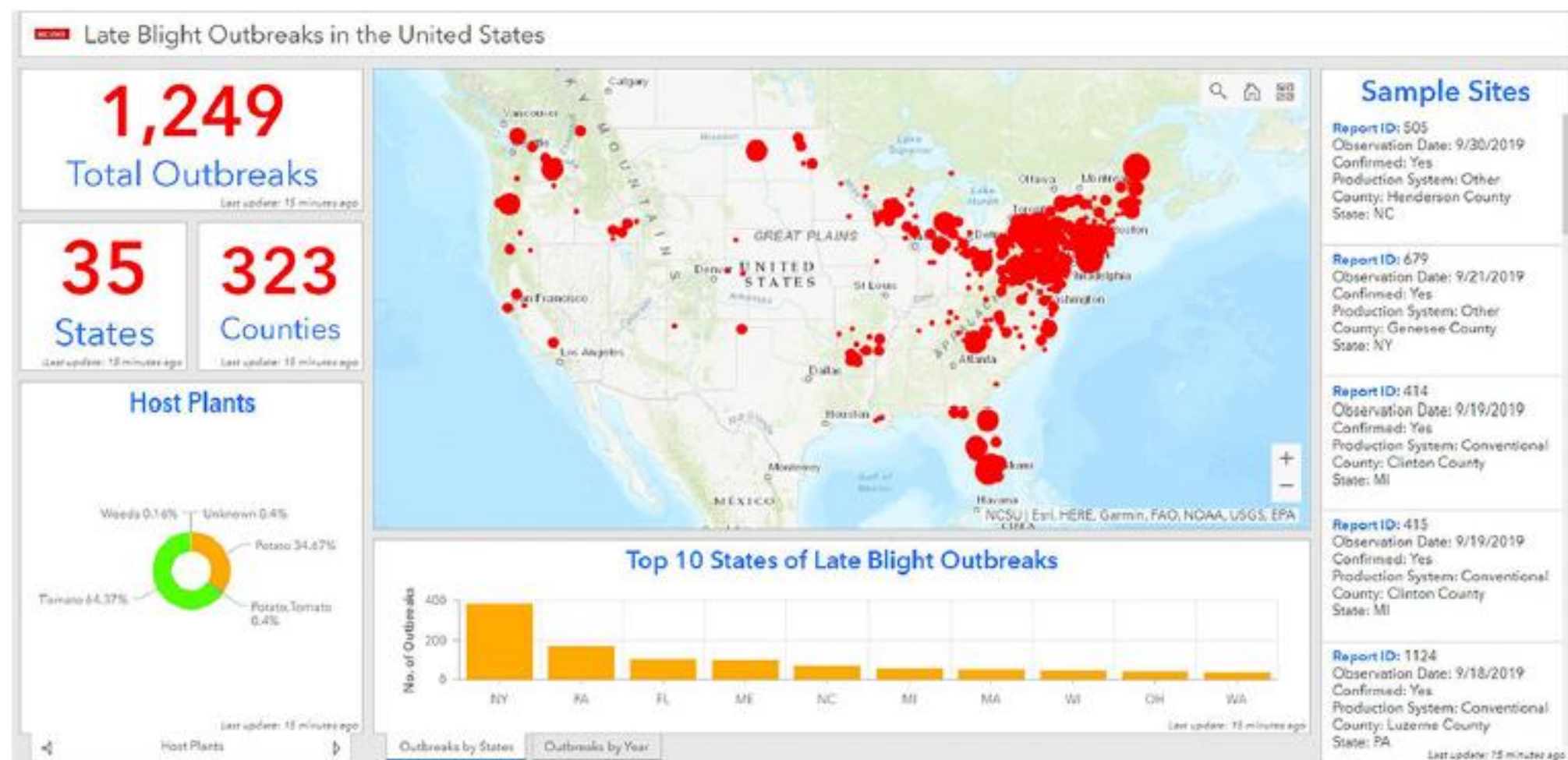


Fig. 3. Reports of late blight caused by *P. infestans* on potato and tomato in the United States mapped using geospatial analytics. Data are analyzed from USAblight (2011 to 2019). The total number of outbreaks and the number of states and counties reporting over 9 y are shown. Most of the reports were from tomato and the top 10 states that were hot spots of disease in the eastern United States are indicated.