

# Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

---

## Historia del desarrollo científico-tecnológico

CTS - DISI

Mateo Cattivelli- [mcattivelli@fing.edu.uy](mailto:mcattivelli@fing.edu.uy)



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## Clase 1 - Módulo I

- Ciencia, Tecnología y Sociedad - Conceptos fundamentales
  - Los estudios en CTS buscan discutir la visión lineal y desconectada de:  
+Ciencia⇒+Tecnología⇒+Riqueza⇒+Bienestar Social
  - El enfoque CTS considera las interacciones sociales, políticas y económicas del desarrollo científico-tecnológico

## Hoja de ruta

**Parte I - “La gran transformación” y “La gran divergencia”**

**Parte II - Tras algunas de las causas...**

**Parte III - Las regularidades históricas y algunos mensajes**

La historia que intentaremos  
“explicar”...

**Nivel de industrialización per cápita. Reino Unido en 1900=100**

	<b>1750</b>	<b>1800</b>	<b>1830</b>	<b>1860</b>	<b>1880</b>	<b>1900</b>	<b>1913</b>
Futuros países desarrollados	8	8	11	16	24	35	55
Futuro Tercer Mundo	7	6	6	4	3	2	2
Mundo	7	6	7	7	9	14	21

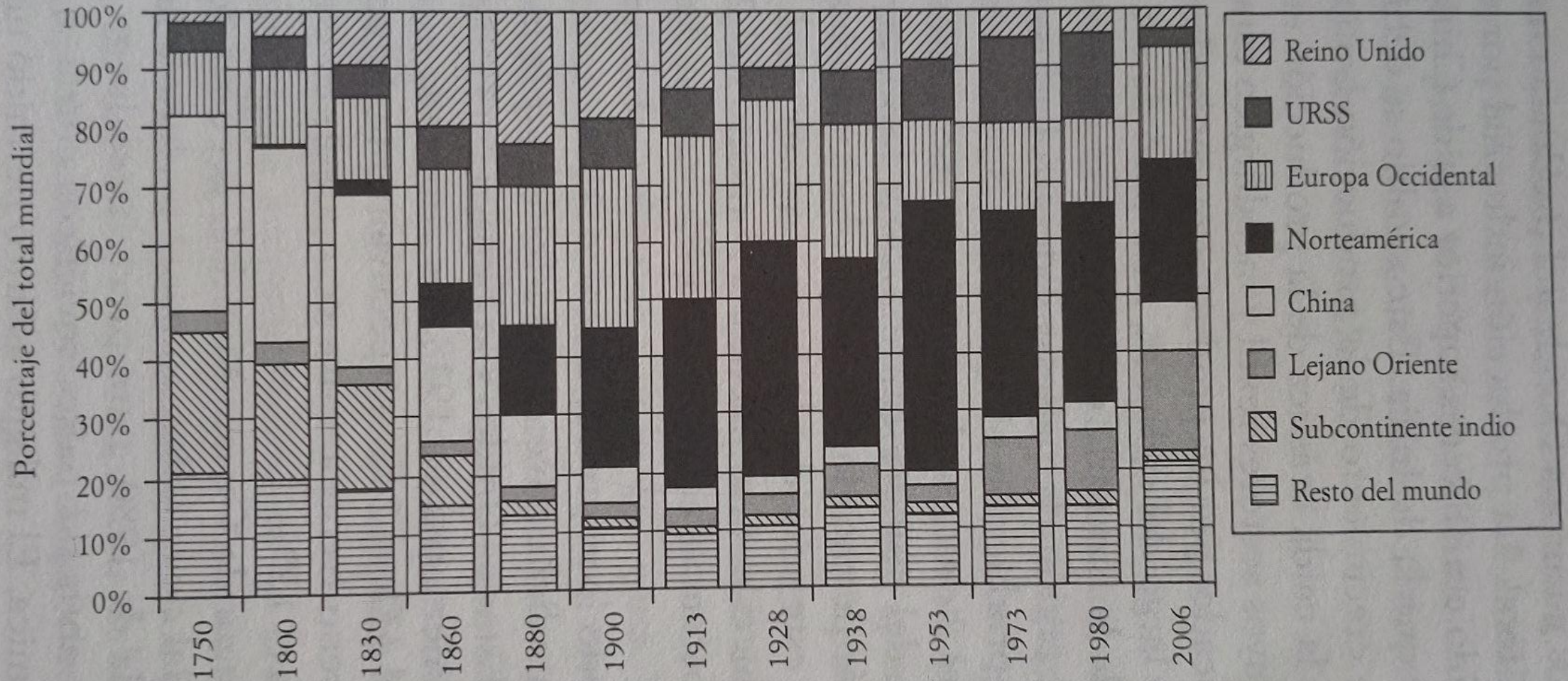
Paul Bairoch (1991)

### Nivel de industrialización per cápita. Reino Unido en 1900=100

	1750	1800	1830	1860	1880	1900	1913
Futuros países desarrollados	8	8	11	16	24	35	55
Futuro Tercer Mundo	7	6	6	4	3	2	2
Mundo	7	6	7	7	9	14	21

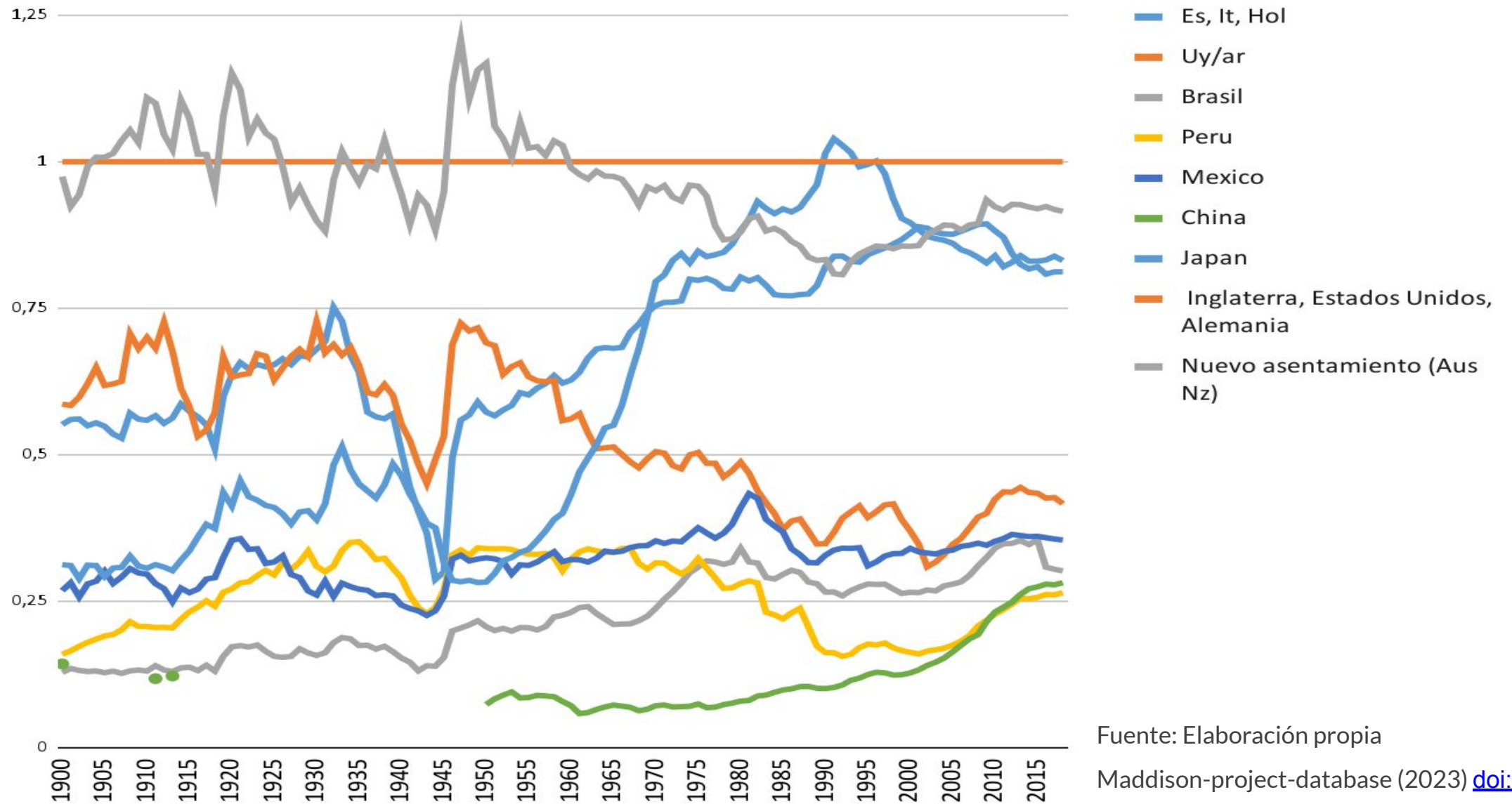
Paul Bairoch (1991)

## Distribución mundial de la Industria (1750-2006)



# PIB per cápita (1900-2018)

Líderes=100

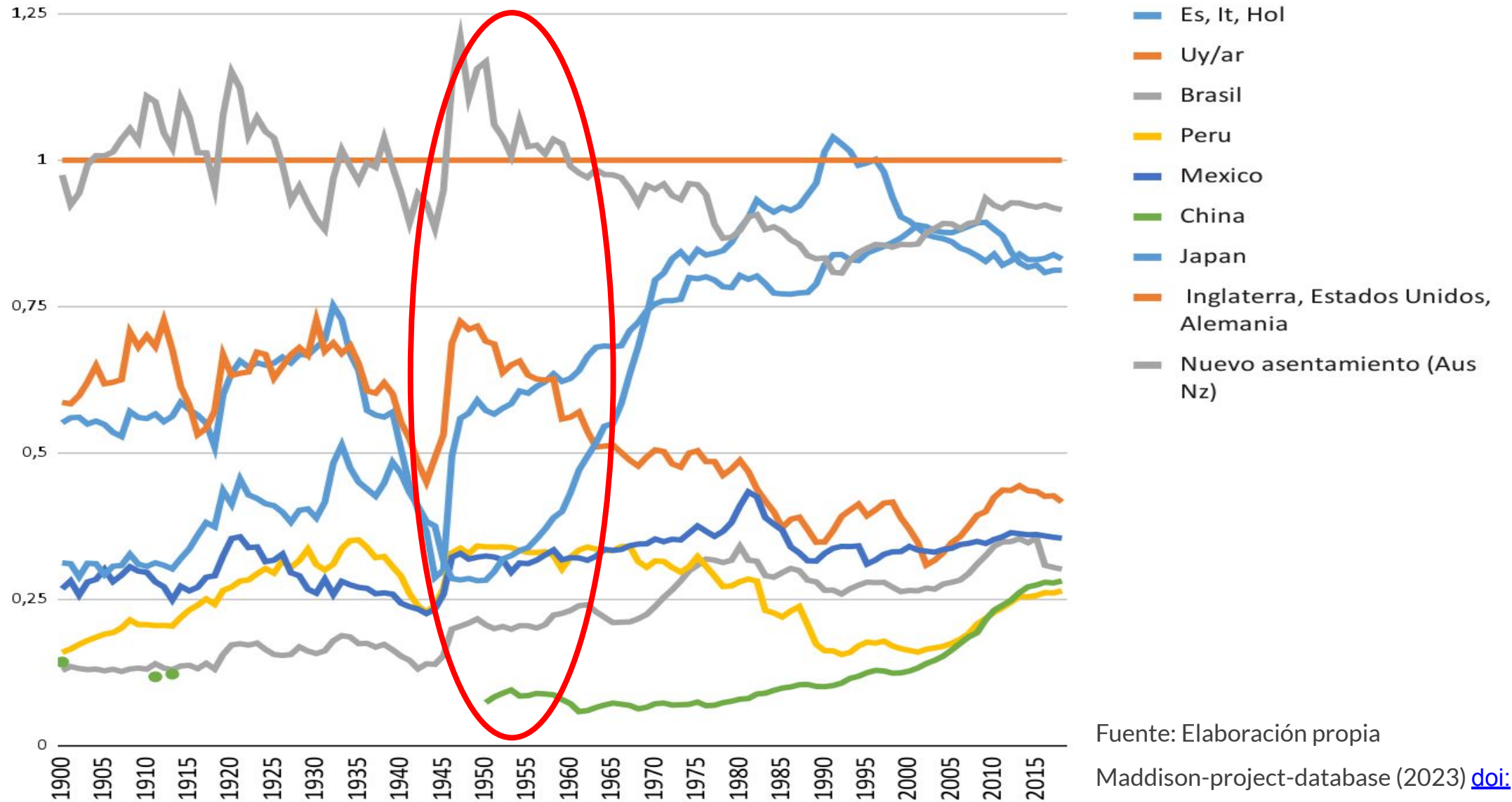


Fuente: Elaboración propia  
Maddison-project-database (2023) [doi: 10.34894/INZBF2](https://doi.org/10.34894/INZBF2)



# PIB per cápita (1900-2018)

Líderes=100



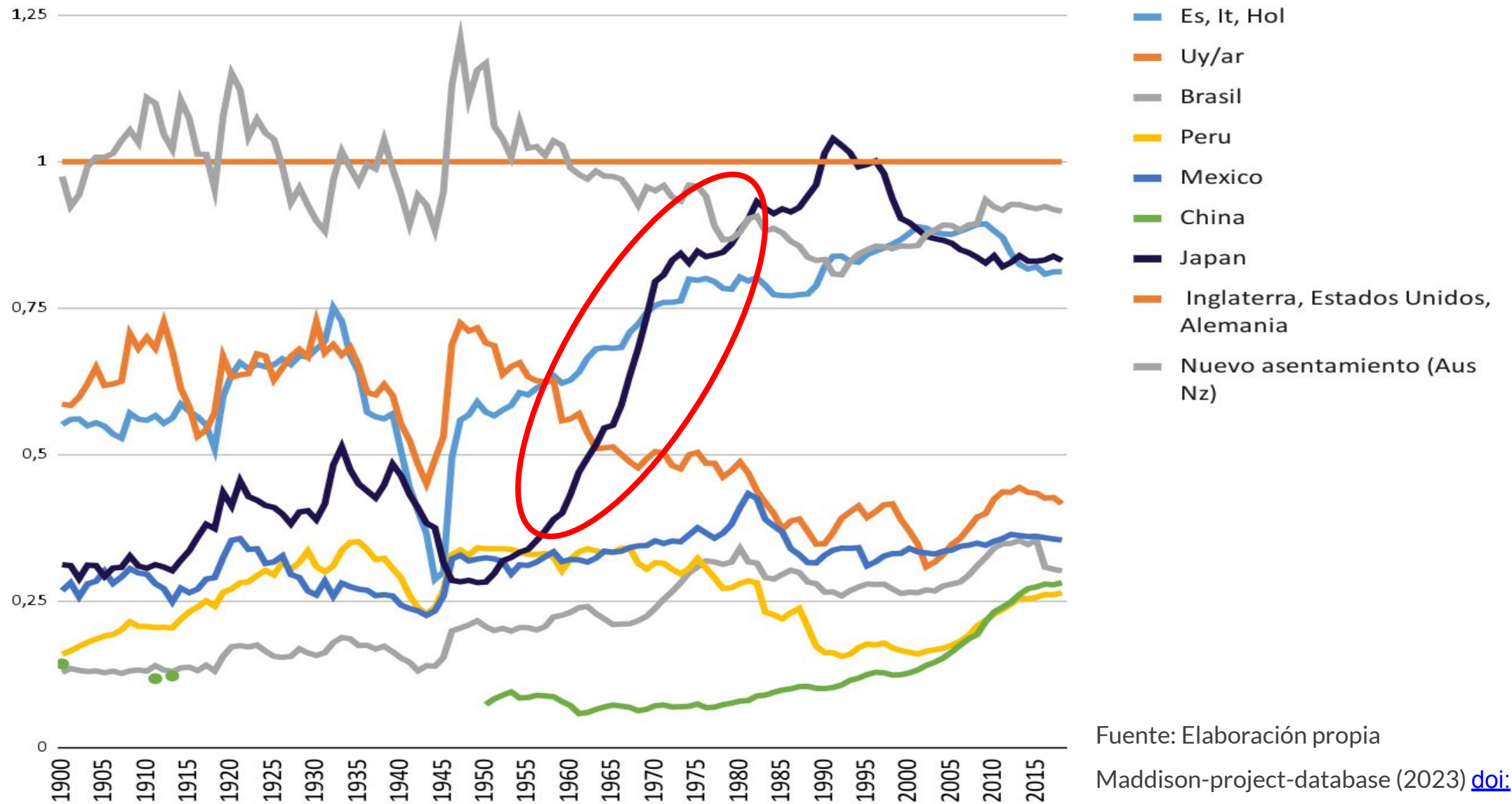
Fuente: Elaboración propia

Maddison-project-database (2023) [doi:](https://doi.org/10.34894/INZBF2)

[10.34894/INZBF2](https://doi.org/10.34894/INZBF2)

# PIB per cápita (1900-2018)

Líderes=100



Fuente: Elaboración propia

Maddison-project-database (2023) [doi:](https://doi.org/10.34894/INZBF2)

[10.34894/INZBF2](https://doi.org/10.34894/INZBF2)

# Revolución Industrial y su impacto

## **Crecimiento económico y desarrollo tecnológico**

- Introducción de maquinaria y sistemas de producción en masa (por ejemplo, la máquina de vapor y los telares mecánicos).
- Aumento radical de la productividad y reducción de los costos de producción en diversos sectores (textil, siderúrgico, etc.).
- Aparición de nuevas fuentes de energía (carbón, luego petróleo), impulsando la expansión de la industria.

## **Urbanización acelerada**

- Migración masiva del campo a la ciudad en busca de trabajo en fábricas.
- Surgimiento y expansión de grandes centros urbanos industriales (como Mánchester en Inglaterra).
- Problemas de vivienda, higiene y salubridad debido al crecimiento descontrolado de las ciudades.

## **Nuevas clases sociales y conflictos laborales**

- Consolidación de la burguesía industrial (propietarios de fábricas, empresarios) como nueva élite económica.
- Formación de un amplio proletariado industrial (obreros) con condiciones de trabajo a menudo precarias (largas jornadas, bajos salarios, etc.).
- Aparición de movimientos obreros y sindicatos que buscan mejoras laborales y sociales.

## **Cambios en las estructuras agrarias**

- Introducción de maquinaria agrícola y técnicas más eficientes (como la rotación de cultivos).
- Disminución relativa de la mano de obra en la agricultura y aumento del trabajo asalariado industrial.
- Contribución a la producción de alimentos más abundante y a menor costo, estimulando el crecimiento poblacional.

## Parte II – Tras algunas de las causas...

# Advertencia 1



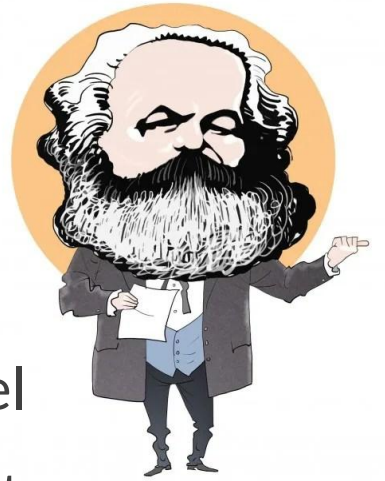
## Eurocentrismo y mito de la neutralidad

- Dussel considera que la ciencia moderna surgió principalmente en Europa bajo una estructura colonial y, por ende, no es completamente “universal” ni “neutral”.
- Sostiene que la producción científica y tecnológica dominante ha ignorado o minimizado las cosmovisiones no europeas, reproduciendo así relaciones desiguales de poder → colonialidad.

## Advertencia 2

# Determinismo tecnológico vs determinismo social

## *Las caricaturas...*



“El molino impulsado por brazos os dará la sociedad del señor feudal; el molino a vapor, la sociedad del capitalista industrial.”

(Marx, 1847, p. 205)

“La historia de todas las sociedades hasta nuestros días es la historia de la lucha de clases.”

(Marx, Karl; Engels, 1848, p. 69)

# La Revolución Industrial, iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII y consolidada durante el XIX

*Grosso Modo*  
1760 y 1840

- Primera circunstancia histórica de cambio de una economía agraria y artesanal a otra dominada por la industria y manufactura mecanizada (Landes).
- Camino de la manufactura a la gran industria: "La gran industria se vio forzada a apoderarse de su medio de producción característico, la máquina misma, y producir máquinas por medio de máquinas." (Marx).
- La Revolución Industrial como punto de inflexión en la aceleración del crecimiento económico sostenible (Mokyr).

# Transformaciones culturales y científicas

S XVI y XVII

- Cambio en la autoridad y preservación del conocimiento observación y experimentación. Copérnico, Galilei, Kepler, Descartes, Newton
- Desarrollo del reloj y su impacto en la percepción del tiempo + que la máquina a vapor. (Munford)
- Revolución científica y el programa de Francis Bacon.

## Construcción de puentes entre conocimiento y tecnología

- "Iluminismo industrial": la ciencia y la tecnología comienzan a entrelazarse.
- Instituciones que facilitaron el aprendizaje mutuo.
- Importancia de la transferencia de conocimiento entre científicos y fabricantes.



# El matrimonio entre la ciencia y la tecnología (North)

## Conocimiento $\Omega$ (proposicional):

- Responde al “qué” y al “por qué” (explicaciones teóricas, leyes, principios).
- Se almacena en publicaciones, libros y en la mente de quienes investigan.

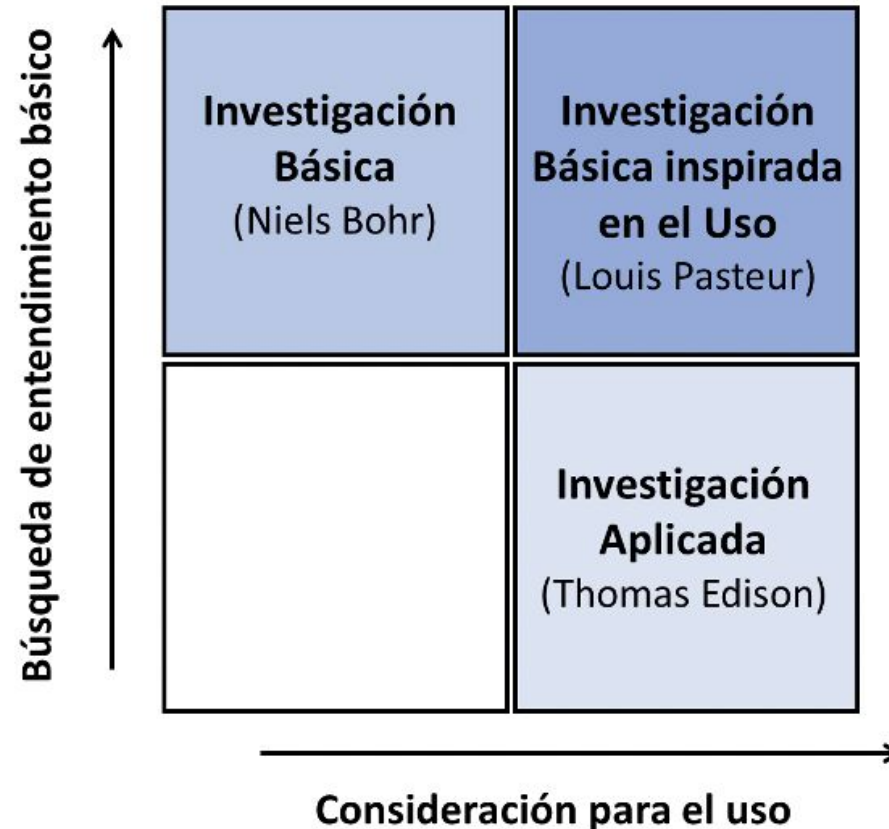
## Conocimiento $\lambda$ (prescriptivo):

- Responde al “cómo hacer” (procedimientos, métodos).
- Se refleja tanto en manuales y patentes como en artefactos y en las habilidades de quienes los fabrican y utilizan.

## Relación entre $\Omega$ y $\lambda$ :

- Antes de este matrimonio, solía haber ciencia con poca aplicación práctica (o tardía) y tecnología con escaso sustento científico (“ $\lambda$  con poca  $\Omega$ ” y “ $\Omega$  con poca  $\lambda$ ”).
- Cuanto más apoyado está el “cómo hacer” en un sólido conocimiento científico ( $\Omega$ ), mayor es la capacidad de innovar y de adaptarse a cambios en el entorno. ( Mokyr.)

# El cuadrante de Pasteur (Stokes)



La contribución central de Stokes es reivindicar que la investigación orientada a resolver problemas concretos no tiene por qué sacrificar la profundidad teórica, y a la inversa, la búsqueda de conocimiento básico puede realizarse con la vista puesta en potenciales aplicaciones. Esto matiza la división tradicional entre “ciencia pura” y “ciencia aplicada”, mostrando que existen proyectos científicos que apuntan a ambas metas al mismo tiempo.

# Parte III – Las regularidades históricas y algunos mensajes

# Ciclos Largos y Revoluciones tecnológicas

## Feeman y Louçã (2001)

- Concepto de ciclos largos o ciclos de Kondratieff (aprox. 50-60 años).
- Fases de expansión y contracción económica.
- Relación con la innovación tecnológica y su impacto económico.

## Paradigma Tecnoeconómico (Pérez 1998)

- Conjunto de principios y mejores prácticas orientados por la tecnología dominante.
- Impacto en la organización de la producción, el consumo y la estructura económica.
- Los paradigmas tecnoeconómicos guían la innovación y establecen nuevas prácticas.

# CADA GRAN OLEADA ES UN PROCESO “QUEBRADO EN DOS”



## Seis revoluciones tecnológicas en la historia del capitalismo

ONDAS LARGAS KONDRATIEV	Características básicas	Constelación de innovaciones técnicas y organizacionales	ONDAS LARGAS CHANDLER o VON TUNZELMANN
<b>1era Revolución Tecnológica</b> Desde 1780	<b>Insumo clave:</b> hierro, <b>Otros:</b> algodón, carbón <b>País líder:</b> Inglaterra	Energía hidráulica Mecanización en la industria	<b>1era Revolución Tecnológica</b>
<b>2da Revolución Tecnológica</b> Desde 1848	<b>Insumo clave:</b> hierro <b>Otros:</b> carbón <b>País líder:</b> Inglaterra <b>Seguidores:</b> Alemania, EEUU	Energía de vapor Mecanización de la industria y el transporte	
<b>3era Revolución Tecnológica</b> Desde 1895	<b>Insumo clave:</b> acero <b>Otros:</b> cobre, metal <b>País líder:</b> EEUU y Alemania	Electrificación de la industria, el transporte y los hogares	<b>2da Revolución Tecnológica</b>
<b>4ta Revolución Tecnológica</b> Desde 1940	<b>Insumo clave:</b> petróleo <b>Otros:</b> gas, materiales sintéticos <b>País líder:</b> EEUU <b>Seguidores:</b> Alemania y resto de Europa  Producción en masa Consumo de masa Refinerías de petróleo Petroquímica Automóvil	Motorización del transporte, civil, economía y guerra Línea de ensamblaje	
<b>5ta Revolución Tecnológica</b> Desde 1973	<b>Insumo clave:</b> Chips <b>País líder:</b> EEUU <b>Seguidores:</b> Europa y Asia  Telecomunicaciones digitales (cable, fibra óptica, radio y satélite) Internet, correo electrónico y otros servicios electrónicos Redes eléctricas de fuente múltiple y uso flexible Red de transporte físico de alta velocidad	TIC (Economía Digital)  Automatización Robotización Inteligencia Artificial	<b>3era Revolución Tecnológica</b>  <b>4ta Revolución Tecnológica</b>
<b>6ta Revolución Tecnológica</b> Desde 2010	<b>Insumo clave:</b> ¿biomasa? <b>País líder:</b> ¿Europa? ¿China? <b>Seguidores:</b> ¿América Latina? Economía Digital Sostenibilidad ambiental Energías renovables Química verde Biorefinerías (Industria a partir de biomasa) Economía Circular	Economía Verde Bioeconomía Nanotecnología	





# Pinceladas sobre el “Fordismo”

*Grosso Modo 1900-1970*

## **Producción en masa y estandarización**

- El rasgo más característico del fordismo es la producción en masa mediante líneas de montaje (assembly line).
- La fabricación de un único modelo estandarizado (como el famoso Modelo T de Ford) permite economías de escala, reducción drástica de costos y precios de venta más accesibles para el gran público.

## **División y simplificación de tareas**

- El trabajo se organiza de manera que cada operario realiza una tarea muy específica y repetitiva.
- Se busca eliminar tiempos “muertos” y movimientos innecesarios, siguiendo estudios que se venían desarrollando, como los de Taylor (taylorismo), para mejorar la eficiencia.

## **Salarios relativamente altos**

- Ford introdujo la “política del 5 dólares diarios” (un salario para la época considerablemente más alto que el promedio) con la idea de que sus propios trabajadores pudieran comprar el producto que fabricaban (el automóvil Ford T).
- Esta mejora salarial, aunque impulsó el consumo, también buscaba asegurar disciplina y continuidad en la producción, reduciendo la rotación de personal.

## **Integración vertical**

- El modelo de Ford era controlar buena parte de la cadena de valor (desde la materia prima hasta el producto terminado).
- Con ello reducía costos y dependencias externas, afianzando la producción a gran escala.

# El taller y el cronómetro Coriat

## El taller y el cronómetro

- Coriat analiza cómo las técnicas de organización fordistas (y tayloristas) fueron imponiendo la disciplina del tiempo y del espacio en el taller.
- Destaca que la producción en cadena no solo es un avance técnico, sino también un modo de control y dominación sobre la mano de obra, que se ve sometida al ritmo de la máquina.

## Las contradicciones del fordismo

- Coriat señala que, si bien el fordismo logró altos niveles de productividad y salarios, acabó entrando en crisis en la década de 1970, cuando la rigidez de la producción en masa (pocos modelos muy estandarizados) no respondía bien a los cambios en la demanda y a la competencia internacional (sobre todo de Japón).
- Los altos costes fijos, la poca flexibilidad y la alienación del obrero (“trabajo repetitivo y descalificado”) son factores que explican esa crisis.

## Del fordismo al “posfordismo”

- Coriat, junto a otros autores, analiza la transición hacia nuevos modelos de organización del trabajo: toyotismo (o lean production), producción flexible, etc.
- Destaca cómo estos modelos intentan solucionar las limitaciones del fordismo a través de la diversificación de productos, la producción “justo a tiempo”, la participación de los trabajadores y la mejora continua.

## Tecnología y organización

- Un aporte clave de Coriat es mostrar que el avance tecnológico (por ejemplo, automatización o robotización) no explica por sí mismo la evolución de la industria.
- Tan importante como la tecnología es la forma de organizar la producción y el trabajo: la disciplina, la vigilancia, la motivación y la integración de los trabajadores en el proceso.



# Las Tecnologías de Propósito General

Las tecnologías de propósito general (Helpman 1998).

Tienen tres características básicas:

i) su uso generalizado,

ii) su potencial para impulsar la innovación, y

iii) la capacidad de generar innovación en las industrias donde se aplican

## Las TIC como TPG

**Según (Freeman y Louçã 2002; Freeman y Perez 1988; Perez 2003)**

- **Mejoran la eficiencia de los procesos productivos**
- **Alteran las fuentes de competitividad global,**
- **Permiten que las empresas adopten nuevos modelos de negocio más flexibles y adaptativos y las CGV**
- **Este cambio de paradigma ha sido clave en la globalización y en la transformación digital de la economía mundial**

**Industria 4.0 y conceptos análogos (Schwab 2016; Rose, 2016).**

## Colofón: El asunto de fondo

[...] si la experiencia de la sociedad moderna nos muestra algo, es que **las tecnologías no son simples medios para la actividad humana, sino también poderosas fuerzas que actúan para remodelar dicha actividad y su significado.** La introducción de un robot en un puesto de trabajo industrial no sólo aumenta la productividad, sino que a menudo modifica de forma radical el proceso de producción, redefiniendo el significado de «trabajo» en ese lugar. [...] **Las alteraciones generalizadas de este tipo en las técnicas de comunicación, transporte, fabricación, agricultura, etcétera, son en gran medida lo que distingue nuestra época de los períodos anteriores de la historia humana.**

# Muchas gracias



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY