

BC BANCO  
CR CENTRAL DE  
COSTA RICA

70  
aniversario

JORNADAS VIRTUALES DE  
INVESTIGACIÓN ECONÓMICA 2020

# Diferencias tecnológicas en Costa Rica

Carlos Chaverri & Alberto Vindas

17 de noviembre, 2020

Las ideas aquí expresadas son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica

# Exploración de datos agregados, desagregados

## **Costa Rica forma parte del proyecto LAKLEMS**

- El país dispone de una nueva base de datos por actividad económica
- Permite apreciar movimientos macro más detalladamente
- Objetivo de este proyecto: estudiar cambios tecnológicos

## El proyecto KLEMS en el ámbito mundial

### Idea fundamental:

- Construir bases de datos consistentes con la contabilidad nacional sobre
  - K – Capital
  - L – Trabajo
  - E – Energía
  - M – Materiales
  - S – Servicios
- Datos se presentan para el total de la economía, y por actividad económica
  - Se usa clasificación CIIU Rev. 3
- El Departamento de Estadística Macroeconómica (BCCR) creó bases anuales a partir de 1990 con el apoyo de CEPAL, BID e IVIE
  - Resulta en datos comparables entre países en el tiempo
  - Permite estudios de productividad, uso de insumos, y determinantes del crecimiento

## Contabilidad del crecimiento

- Un uso de los datos KLEMS es trabajar la contabilidad del crecimiento
- La contabilidad del crecimiento se popularizó por el trabajo en Solow (1957)
- Al suponer una función de producción  $Q(t) = A(t)f(K, L)$ , podemos descomponer las fuentes del crecimiento:

$$dQ(t) = \frac{\partial f(K, L)}{\partial K}dK + \frac{\partial f(K, L)}{\partial L}dL + dA(t)$$

- El término  $A(t)$  se llama productividad total de los factores (PTF)
  - Explica el 45,8 % del crecimiento en EEUU entre 1945 y 1965
- Abramovitz (1956) le llamó una medida de nuestra ignorancia

## Más desagregación aumenta precisión en esta contabilidad

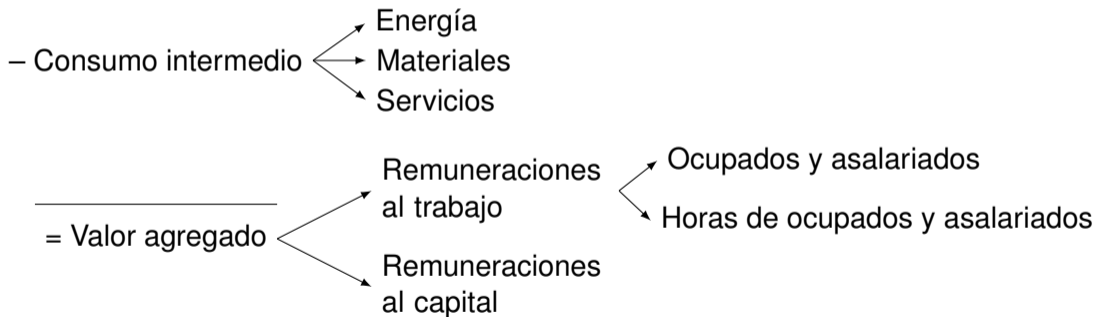
- Jorgenson & Griliches (1967) muestran que son errores de medición, no ignorancia
- Desarrollan un esquema de contabilidad del crecimiento que hace ajustes por errores de:
  - Agregación entre actividades económicas
  - Precios de bienes de inversión
  - Utilización relativa
  - Agregación de servicios de capital
  - Agrergación de servicios de trabajo

$$dQ(t) = \sum_{i=1}^I \frac{\partial f(\mathbf{K}, \mathbf{L})}{\partial K_i} dK_i + \sum_{j=1}^J \frac{\partial f(\mathbf{K}, \mathbf{L})}{\partial L_j} dL_j + dA(t)$$

- Al considerar estas diferencias, el rol de la PTF disminuye drásticamente
  - Explica el 2,8% del crecimiento en EEUU entre 1945 y 1965

# KLEMS: archivo básico desagrega el valor de la producción bruta

Valor bruto de la producción



## KLEMS: archivo insumos de capital desagrega por tipos

- Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
  - Equipos computacionales
  - Equipos de comunicación
  - Software
- No TIC
  - Equipos de transporte
  - Otra maquinaria y equipos
  - Construcción no residencial
  - Estructura residencial
  - Activos cultivables
  - Investigación y desarrollo
  - Otros activos de propiedad intelectual

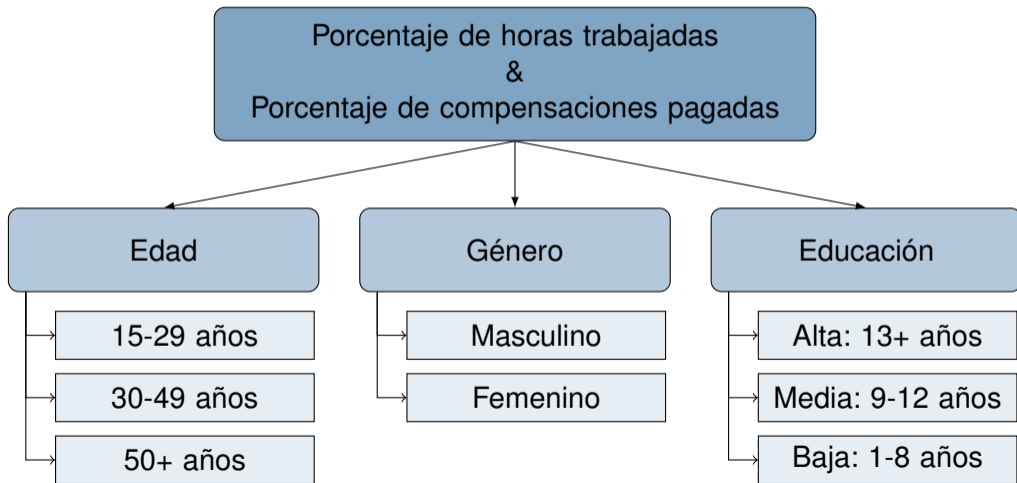
Formación bruta de capital fijo

Acervo de capital fijo

Índice de precios de formación  
bruta de capital fijo

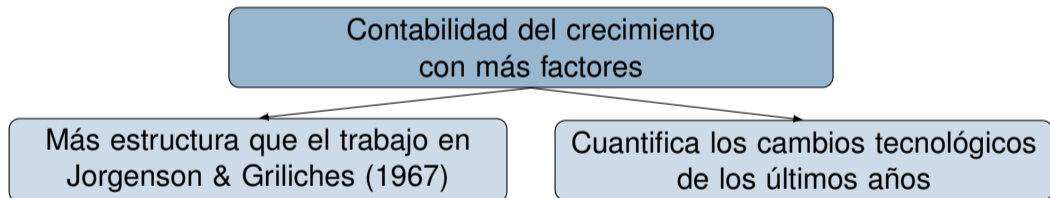


# KLEMS: archivo insumos de trabajo incluye horas y compensación



## El objetivo de este proyecto es estimar diferencias tecnológicas

- Plantear un modelo de producción que considera:
  - Distintas actividades económicas
  - Distintos tipos de trabajo
  - Distintos tipos de capital



- En este contexto:

Cambio tecnológico desigual

=

sesgo tecnológico

- Variación clave:

Cambios en las retribuciones

vs.

cambios en uso de factores

## Tecnología de valor agregado es elasticidad de sustitución constante

- Seguimos a Caselli (2005), Caselli (2017), Herrendorf, Herrington & Valentinyi (2015) modelando la producción de valor agregado:

$$P_{i,t}Y_{i,t} = P_{i,t} \left[ (A_{\tilde{K},i,t} \tilde{K}_{i,t})^\rho + (A_{\tilde{L},i,t} \tilde{L}_{i,t})^\rho \right]^{1/\rho}$$

donde:

- $P_{i,t}Y_{i,t}$  es el valor nominal del valor agregado de la actividad  $i$
- $\tilde{K}_{i,t}$  y  $\tilde{L}_{i,t}$  son los niveles de capital y trabajo *compuestos*
- $A_{\tilde{K},i,t}$  y  $A_{\tilde{L},i,t}$  son las productividades asociadas a los insumos capital y trabajo
  - **Sí** varían según actividad económica
- $1/(1 - \rho)$  es la elasticidad de sustitución entre capital y trabajo
  - **No** varía según actividad económica

## La agregación de los insumos compuestos también

- El capital y trabajo *compuestos* son funciones de elasticidad de sustitución constante
- Hay  $M$  tipos de capital (denotados por  $m$ ) y  $N$  tipos de trabajo (denotados por  $n$ ):

$$\tilde{K}_{i,t} = \left[ \sum_{m=1}^M (A_{K,m,t} K_{i,m,t})^\xi \right]^{1/\xi}$$

$$\tilde{L}_{i,t} = \left[ \sum_{n=1}^N (A_{L,n,t} L_{i,n,t})^\eta \right]^{1/\eta}$$

donde, en la actividad  $i$ ,

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>K_{i,m,t}</math> es la cantidad del capital tipo <math>m</math></li> <li>• <math>A_{K,m,t}</math> es su productividad             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No</b> varía según actividad económica</li> </ul> </li> <li>• <math>1/(1 - \xi)</math> es la elasticidad de sustitución entre los tipos de capital             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No</b> varía según actividad económica</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>L_{i,n,t}</math> es la cantidad del trabajo tipo <math>n</math></li> <li>• <math>A_{L,n,t}</math> es su productividad             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No</b> varía según actividad económica</li> </ul> </li> <li>• <math>1/(1 - \eta)</math> es la elasticidad de sustitución entre los tipos de trabajo             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No</b> varía según actividad económica</li> </ul> </li> </ul> |
|---|--|

## La estructura de mercado es competitiva

- Suponemos empresas tomadoras de precios:

$$\max_{\{K_{i,m,t}\}_{m=1}^M, \{L_{i,n,t}\}_{n=1}^N} P_{i,t} Y_{i,t} - \sum_{m=1}^M R_{i,m,t} K_{i,m,t} - \sum_{n=1}^N W_{i,n,t} L_{i,n,t}$$

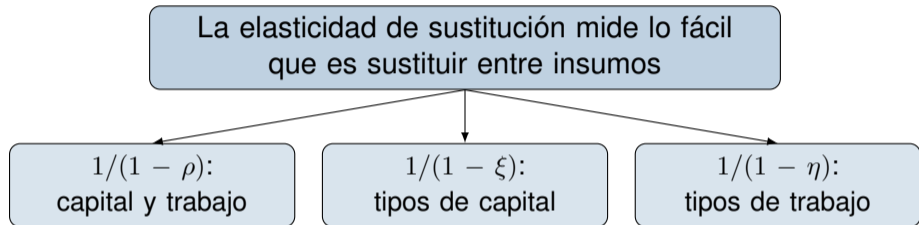
donde

- $R_{i,m,t}$  es la tasa de alquiler del capital de tipo  $m$  en la actividad  $i$
- $W_{i,n,t}$  son los salarios del trabajo tipo  $n$  en la actividad  $i$
- Las condiciones de optimalidad implican las siguientes retribuciones:

$$R_{i,m,t} K_{i,m,t} = P_{i,t} Y_{i,t}^{1-\rho} A_{\tilde{K},i,t}^\rho \tilde{K}_{i,t}^{\rho-\xi} A_{K,m,t}^\xi K_{i,m,t}^\xi$$

$$W_{i,n,t} L_{i,n,t} = P_{i,t} Y_{i,t}^{1-\rho} A_{\tilde{L},i,t}^\rho \tilde{L}_{i,t}^{\rho-\eta} A_{L,n,t}^\eta L_{i,n,t}^\eta$$

## Deseamos estimar elasticidades



### Casos especiales:

$\rho \rightarrow -\infty$ :  
complementos perfectos  
(elasticidad 0)

$\rho = 0$ :  
Cobb-Douglas  
(elasticidad 1)

$\rho = 1$ :  
sustitutos perfectos  
(elasticidad  $\infty$ )

## También deseamos estimar productividades

- Las productividades  $A_{\tilde{K},i,t}$ ,  $A_{K,m,t}$ ,  $A_{\tilde{L},i,t}$  y  $A_{L,n,t}$  reflejan lo que no se contabiliza
  - Son la parte que se refleja en las retribuciones, que no se contabiliza como insumo
  - Permite mayor precisión al asociarlo a los distintos insumos
- El modelo permite estimar productividades *relativas*, no absolutas
  - La función de producción es homogénea de grado 1
  - El valor nominal del valor agregado es igual al pago a los factores de producción
  - Se pierden grados de libertad:

$$P_{i,t}Y_{i,t} = \sum_{m=1}^M R_{i,m,t}K_{i,m,t} - \sum_{n=1}^N W_{i,n,t}L_{i,n,t}$$

- Para obtener  $\rho$  también se debe normalizar una de las productividades

## Resultados de las estimaciones

### Elasticidades de sustitución

$\rho$ : capital y trabajo compuestos

$\xi$ : tipos de capital

$\eta$ : tipos de trabajo

### Productividades relativas

$A_{\bar{K},i,t}/A_{\bar{K},I,t}$ : capital compuesto

$A_{\bar{L},i,t}/A_{\bar{L},I,t}$ : trabajo compuesto

$A_{K,m,t}/A_{K,M,t}$ : tipos de capital

$A_{L,n,t}/A_{L,N,t}$ : tipos de trabajo

- Los resultados son preliminares, pero podemos extraer algunas lecciones:
  - Capital y trabajo se sustituyen con relativa facilidad
  - Tipos de capital son complementarios
  - Tipos de trabajo muy complementarios
  - Hay patrones no razonables que se deben revisar



## Capital y trabajo se sustituyen con relativa facilidad

- Los resultados de hoy toman como base el capital en industria manufacturera
  - El estimado de  $\rho$  es -0,106, el más cercano al promedio
  - La elasticidad de sustitución es de 0,904
- La decisión óptima para capital y trabajo implica:

$$\frac{\tilde{W}_{i,t}}{\tilde{R}_{i,t}} = \left( \frac{A_{\tilde{L},i,t}}{A_{\tilde{K},i,t}} \right)^{\rho} \left( \frac{\tilde{K}_{i,t}}{\tilde{L}_{i,t}} \right)^{1-\rho}$$

Cuando este exponente es alto

Esta razón cambia poco

- Si cambian los precios,  $1 - \rho$  indica cuánto reacciona la contratación relativa
- Cuando  $\rho = -0,106$ , estamos cerca de una Cobb-Douglas
  - Aumentos en precios relativos reducen demanda relativa, menos que proporcionalmente

## Tipos de capital difíciles de sustituir

- Los resultados de la estimación sobre las remuneraciones al capital son:

Variable dependiente:	logRKshare	R-cuadrado:	0,984
Método:	MCO	R-cuadrado ajustado:	0,964
Observaciones:	468	Estadístico F:	49,26
Grados de libertad:	260	Prob. (Estadístico F):	1,18E-119
Log-verosimilitud:	-77,32	CIA:	676,6

Variable	Coeficiente	Error estd.	Estad. t	P> t	[0,025,	0,975]
logK ( $\xi$ )	1,1878	0,029	41,252	0	1,131	1,245

- La elasticidad de sustitución es más baja
  - Su estimado puntual es -5,32
- La complementariedad entre tipos de capital es fuerte

## Tipos de trabajo muy difíciles de sustituir

- Los resultados de la estimación sobre las remuneraciones al trabajo son:

Variable dependiente:	logWLshare	R-cuadrado:	0,964
Método:	MCO	R-cuadrado ajustado:	0,939
Observaciones:	700	Estadístico F:	38,36
Grados de libertad:	286	Prob. (Estadístico F):	1,72E-199
Log-verosimilitud:	322,09	CIA:	-70,19

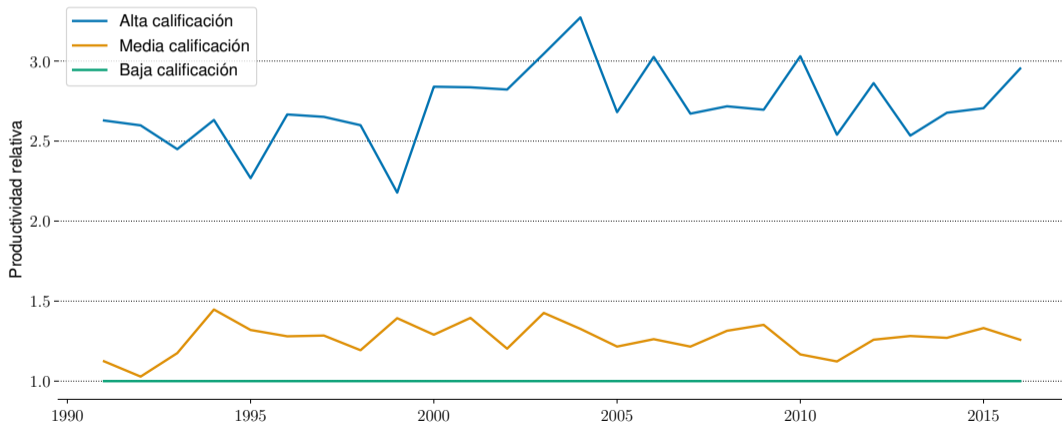
Variable	Coeficiente	Error estd.	Estad. t	P> t	[0,025,	0,975]
logL ( $\eta$ )	1,0243	0,014	71,846	0	0,996	1,052

- La elasticidad de sustitución es mucho más baja
  - Su estimado puntual es -41,15
- La complementariedad entre tipos de trabajo es muy fuerte

# Productividades explican gran parte de la brecha salarial

## Productividad relativa del trabajo por tipo de trabajador

Productividades relativas a trabajadores de calificación baja

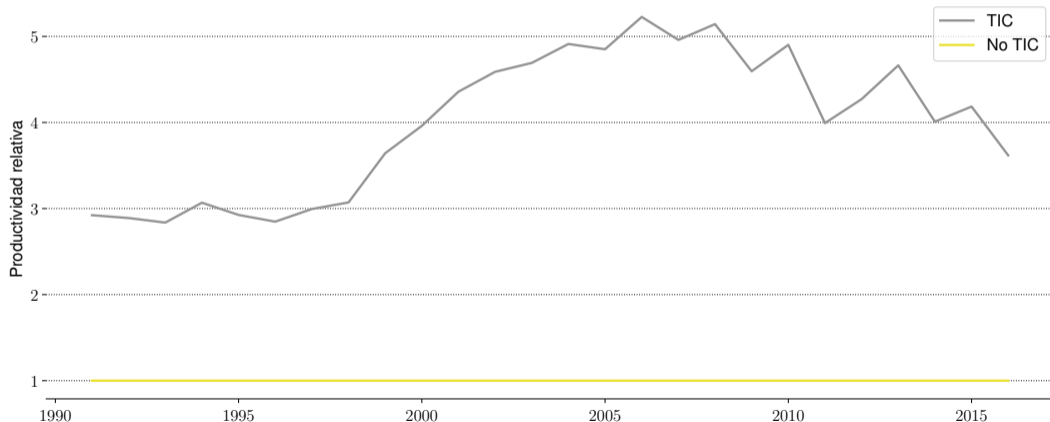


Fuente: Cálculos de los autores

# Capital TIC más productivo, brecha tiende a cerrarse en últimos años

## Productividad relativa del capital por tipo de capital

Productividades relativas al capital no TIC



Fuente: Cálculos de los autores

## Conclusiones

- Datos KLEMS permiten analizar más detalladamente proceso productivo
  - Costa Rica ahora forma parte del proyecto LAKLEMS
- Preliminarmente, inferimos que:
  - Capital y trabajo son algo sustituibles
  - Tipos de capital son complementarios
  - Tipos de trabajo muy complementarios
  - Hay patrones no razonables que se deben revisar

# Referencias

- Abramovitz, Moses.** 1956. "Resource and Output Trends in the United States Since 1870." In *Resource and Output Trends in the United States Since 1870*. 1–23. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Caselli, Francesco.** 2005. "Chapter 9 Accounting for Cross-Country Income Differences." In . Vol. 1 of *Handbook of Economic Growth*, , ed. Philippe Aghion & Steven N. Durlauf, 679 – 741. Elsevier.
- Caselli, Francesco.** 2017. *Technology Differences over Space and Time*. Princeton University Press.
- Herrendorf, Berthold, Christopher Herrington, & Ákos Valentinyi.** 2015. "Sectoral Technology and Structural Transformation." *American Economic Journal: Macroeconomics*, 7(4): 104–33.
- Jorgenson, D. W., & Zvi Griliches.** 1967. "The Explanation of Productivity Change." *Review of Economic Studies*, 34(3): 249–283.
- Solow, Robert M.** 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function." *The Review of Economics and Statistics*, 39(3): 312–320.

BC  
CR BANCO  
CENTRAL DE  
COSTA RICA

70  
aniversario

JORNADAS VIRTUALES DE  
INVESTIGACIÓN ECONÓMICA 2020

# Diferencias tecnológicas en Costa Rica

Carlos Chaverri & Alberto Vindas

17 de noviembre, 2020