

Un Modelo de Equilibrio General Aplicado  
para la simulación de políticas en la  
economía aragonesa

*Luis Pérez y Pérez (CITA)*  
*José Ramón Monrobel Alcántara (URJC)*

# Objetivo



## **Modelización de la estructura económica de la economía aragonesa**

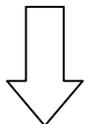
Elaboración de un Modelo de Equilibrio General Aplicado, programado en lenguaje GAMS.

# Estructura

## Fundamentos Teóricos

Teoría del Equilibrio General

Base de Datos MIO y MCS



MEGA  
Modelos de Equilibrio General Aplicado



Análisis de políticas económicas

## Parte Empírica

Base de Datos MCS



Estructura Comunidad de Aragón  
MEGA-ARA



Ej: Impacto de Ayudas Europeas

## Objetivos

Modelización de la estructura económica de Aragón

Simulación de medidas de política económica



# Antecedentes

## Matrices de Contabilidad Social (MCS)

- ✓ Extensión de los Marco *Input-Output* (MIO)  
(Completa el MIO con las transacciones entre el resto de los sectores institucionales)
- ✓ Representación matricial del flujo circular de la renta  
(*Outputs* por filas e *Inputs* por columnas de cada sector institucional)
- ✓ Representación contable del Equilibrio General de una economía para un periodo (Base de datos de los modelos de equilibrio general)

## Modelos de equilibrio general (MEGA)

- ✓ Modelos lineales MCS (Extensión natural de los modelos *Input-Output*)
- ✓ Modelos de equilibrio general aplicado (Modelos no-lineales)

# Antecedentes

## Modelos de Equilibrio General Aplicado (MEGA)

Un MEGA es un **sistema de ecuaciones**, generalmente **no lineal**, cuya solución representa el **equilibrio general de una economía real**, recogiendo hipótesis sobre el funcionamiento de los mercados, las interrelaciones entre sectores e instituciones económicas y un comportamiento racional de los diferentes agentes.

### ETAPAS EN LA MODELIZACIÓN:

- ✓ **Formulación del modelo**  
(Hipótesis y especificación de las formas funcionales y el comportamiento de los agentes)
- ✓ **Calibración del modelo**  
(Especificación numéricas de parámetros. Réplica del equilibrio contable inicial)
- ✓ **Simulación en el modelo**  
(Análisis de los efectos inducidos de determinadas políticas económicas)

# El proceso...

## Estructura del MEGA-ARA

- **Base de datos**  
*(Construcción de la MCS-Aragón a precios adquisición)*
- **Modelo**  
*(Formulación y calibración del MEGA-ARA)*
- **Simulación** *(Por desarrollar)*  
*(Ej: Ayudas UE 2014-2020)*

# Base de datos

## *Construcción de MCS Aragón a precios de adquisición (pa)*

---

- Partiendo del Marco *Input-Output* (FUNDEAR-CESA, 2009), y
- Reestructurando la MCS de Aragón a precios básicos (*pb*) (FUNDEAR, 2010) en:

### **37 Cuentas:**

- ✓ **Sector productivo** (desglosado en las 26 ramas de la CRE)
- ✓ **Resto de Sectores institucionales** (“AAPP”, “Sociedades”, “Hogares” y “Sector Exterior”)
- ✓ **Factores productivos** “Trabajo” y “Capital”)
- ✓ **Impuestos** (“sobre la producción” y “otros sobre productos”, IVA, Cotizaciones Sociales)
- ✓ **“Ahorro/Inversión”**

# Base de datos

## Construcción de MCS-Aragón *pa*

---

- En la Matriz de Contabilidad Social de Aragón *pb* (FUNDEAR, 2010)
  - ✓ Los Consumos intermedios y finales están valorados a **PRECIOS BÁSICOS** (sin impuestos)
  - ✓ Conviene agregar las **ISFLSH a Sociedades**, desagregar las **Cotizaciones Sociales de los Salarios** y valorar todo (factores productivos, consumos intermedios y finales) a *pa*.

# Base de datos

## Construcción de MCS-Aragón $pa$

### ■ Valoración a PRECIOS DE ADQUISICIÓN

(  $pa = pb + \text{Márgenes} + \text{Impuestos}$  )

| MCS Aragón $pb$       | Ramas productivas         | Hogares                   | AAPP | Inv | S.Ext. |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------|-----|--------|
| Ramas productivas     | Consumos intermedios $pb$ | Demanda Final $pb$        |      |     |        |
| ....                  |                           |                           |      |     |        |
| Impuestos sobre prod. |                           | Impuestos sobre productos |      |     |        |

**Demanda Final a  $pa$**   
(con Tabla de origen del MIO a  $pa$ )

**Consumos Intermedios a  $pa$**   
(con tabla de origen del MIO a  $pa$ )

# Base de datos

## Construcción de MCS-Aragón $pa$

- Valoración a PRECIOS DE**  
 $(pa = pb + \text{Márgenes} + \text{Impuestos})$

|                       |                             |               |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| MCS Aragón<br>$pb$    | Ramas productivas           | Hogares       |
| Ramas productivas     | Consumos Intermedios a $pb$ | C. Final $pb$ |
| ....                  |                             |               |
| Impuestos sobre prod. | Impuestos s. productos      |               |

## Estimación

### Método de Minimización de la entropía cruzada

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \quad d(A^1, A^0) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 \left[ \ln \left( a_{ij}^1 / a_{ij}^0 \right) \right] \\ \text{s.a.} \quad \sum_{i=1}^n a_{ij}^1 = y_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij}^1 = y_i' \\ \text{si } a_{ij}^0 = 0 \Rightarrow a_{ij}^1 = 0 \end{array} \right.$$

Suma de Columna =  
Consumos a  $pb$  + Impuestos

Suma de Fila = Consumos a  $pa$

# Base de datos

Construcción de MCS-Aragón  $p_a$

---

## ▪ Valoración a PRECIOS DE ADQUISICIÓN

(  $p_a = p_b + \text{Márgenes} + \text{Impuestos}$  )

| MCS Aragón<br>$p_b$      | Ramas<br>productivas             | Hogares                  | AAPP | Inv | S.Ext. |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|------|-----|--------|
| Ramas<br>productivas     | Consumos<br>Intermedios<br>$p_a$ | Consumo Final<br>a $p_a$ |      |     |        |
| ....                     |                                  |                          |      |     |        |
| Impuestos<br>sobre prod. |                                  |                          |      |     |        |

# Base de datos

## Estructura de la MCS-Aragón pa

|     |   |
|-----|---|
| R1  | 1. Agricultura, ganadería y pesca                   |
| R2  | 2. Industrias extractivas                           |
| R3  | 3. Energía eléctrica, gas y agua                    |
| R4  | 4. Industria de la alimentación, bebidas y tabaco   |
| R5  | 5. Industria textil, confección; cuero y calzado    |
| R6  | 6. Industria de la madera y el corcho               |
| R7  | 7. Industria del papel; edición y artes gráficas    |
| R8  | 8. Industria química                                |
| R9  | 9. Industria del caucho y materias plásticas        |
| R10 | 10. Otros productos minerales no metálicos          |
| R11 | 11. Metalurgia y fabricación de productos metálicos |
| R12 | 12. Maquinaria y equipo mecánico                    |
| R13 | 13. Equipo eléctrico, electrónico y óptico          |
| R14 | 14. Fabricación de material de transporte           |
| R15 | 15. Industrias manufactureras diversas              |
| R16 | 16. Construcción                                    |
| R17 | 17. Comercio y reparación                           |
| R18 | 18. Hostelería                                      |

|     |  |
|-----|--|
| R19 | 19. Transporte y comunicaciones                                  |
| R20 | 20. Intermediación financiera                                    |
| R21 | 21. Inmobiliarias y servicios empresariales                      |
| R22 | 22. Administración pública                                       |
| R23 | 23. Educación  |
| R24 | 24. Act. sanitarias y veterinarias; servicios sociales           |
| R25 | 25. Otros servicios y actividades sociales; servicios personales |
| R26 | 26. Hogares que emplean personal doméstico                       |
| TRA | 27. Trabajo  |
| CSS | 28. Cotizaciones sociales de los empleadores                     |
| CAP | 29. Capital  |
| IVA | 30. Impuesto sobre el valor añadido                              |
| ISP | 31. Impuestos netos sobre los productos                          |
| INP | 32. Otros impuestos netos sobre la producción                    |
| HO  | 33. Hogares  |
| SO  | 34. Sociedades   |
| SP  | 35. Sector Público   |
| INV | 36. Ahorro / Inversión   |
| SE  | 37. Sector exterior  |

# El proceso...

## Estructura del MEGA-ARA

- **Base de datos**  
*(Construcción de la MCS Aragón pa)*
- **Modelo**  
*(Formulación y calibración del MEGA-ARA)*
- **Simulación (por realizar...)**  
*(Ej: Ayudas UE 2014-2020)*

# El modelo

*Formulación del MEGA-ARA*

---

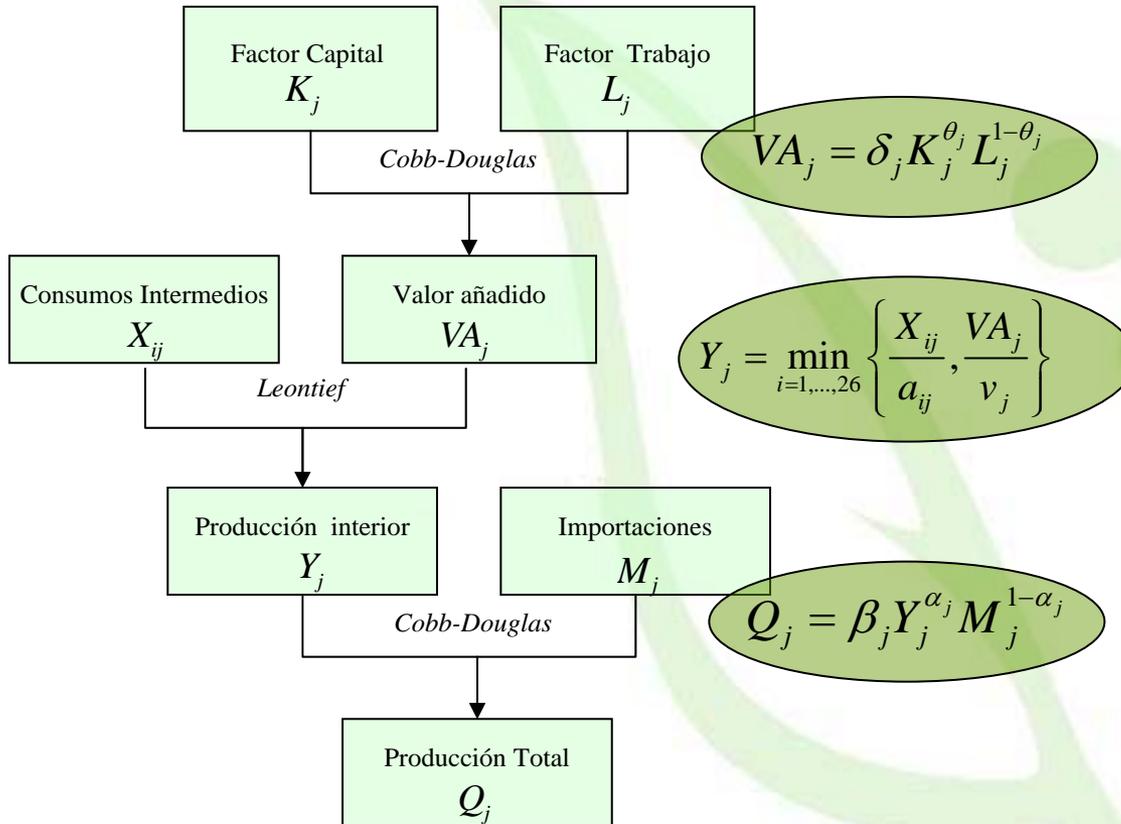
## Sectores institucionales considerados en el modelo:

- ✓ 26 Ramas de actividad productiva (CNE)
- ✓ 1 Hogar (consumidor privado)
- ✓ 1 Sociedades
- ✓ 1 Sector Público
- ✓ 1 Sector Exterior

# El modelo

## Formulación del MEGA-ARA

### Sector Productivo



### Comportamiento optimizador

$$\min r \cdot K_j + wL_j (1 + T_j^{CSS})$$

s.a.  $VA_j = \delta_j K_j^{\theta_j} L_j^{1-\theta_j}$

$$\min \sum_{i=1}^{26} p_i \cdot X_{ij} + p_v VA_j$$

s.a.  $Y_j = \min_{i=1, \dots, 26} \left\{ \frac{X_{ij}}{a_{ij}}, \frac{VA_j}{v_j} \right\}$

$$\min p_j \cdot Y_j + p_j^m M_j$$

s.a.  $Q_j = \beta_j Y_j^{\alpha_j} M_j^{1-\alpha_j}$

### Función de producción anidada

# El modelo

## Formulación del MEGA-ARA

$$L_j = \frac{VA_j}{\delta_j} \left( \frac{\theta_j}{1-\theta_j} \frac{w(1+T_j^{CSS})}{r} \right)^{-\theta_j}$$

$$K_j = \frac{VA_j}{\delta_j} \left( \frac{\theta_j}{1-\theta_j} \frac{w(1+T_j^{CSS})}{r} \right)^{1-\theta_j}$$

$$p_{V_j} = \frac{1}{\delta_j} \left( \frac{r}{\theta_j} \right)^{\theta_j} \left( \frac{w(1+T_j^{CSS})}{1-\theta_j} \right)^{1-\theta_j}$$

$$X_{ij} = a_{ij} Y_j$$

$$VA_j = v_j Y_j$$

$$p_j = \sum_{i=1}^n p'_i a_{ij} + p_{V_j} v_j$$

$$M_j = \frac{Q_j}{\beta_j} \left( \frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{p_j^m}{p_j} \right)^{-\alpha_j}$$

$$Y_j = \frac{Q_j}{\beta_j} \left( \frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \frac{p_j^m}{p_j} \right)^{1-\alpha_j}$$

$$p'_j = \frac{1}{\beta_j} \left( \frac{p_j}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} \left( \frac{p_j^m}{1-\alpha_j} \right)^{1-\alpha_j} (1+T_j^{IP})$$

## Comportamiento optimizador

$$\min r \cdot K_j + w L_j (1 + T_j^{CSS})$$

$$\text{s.a. } VA_j = \delta_j K_j^{\theta_j} L_j^{1-\theta_j}$$

$$\min \sum_{i=1}^{26} p_i \cdot X_{ij} + p_{V_j} VA_j$$

$$\text{s.a. } Y_j = \min_{i=1, \dots, 26} \left\{ \frac{X_{ij}}{a_{ij}}, \frac{VA_j}{v_j} \right\}$$

$$\min p_j \cdot Y_j + p_j^m M_j$$

$$\text{s.a. } Q_j = \beta_j Y_j^{\alpha_j} M_j^{1-\alpha_j}$$

# El modelo

## Formulación del MEGA-ARA

---

### Hogares

- **Comportamiento optimizador**

(Maximización de su bienestar restringido a la renta disponible)

$$\begin{aligned} \max \quad & u(C_j, C_{AH}) = \prod_{j=1}^{26} C_j^{\mu_j} C_{AH}^{\lambda} \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{j=1}^{26} p'_j C_j + p_s C_{AH} = YD \end{aligned}$$



$$C_j = \frac{\mu_j YD}{p'_j}$$

$$C_{AH} = \frac{\lambda \cdot YD}{p_s}$$

- **Renta disponible**

$$YD = RB - IMP = (1 - T_D) \cdot (wL_H \cdot (1 - u) + rK_H + ipc \cdot (TSP^H + TDES + TSO^H + TRM^H))$$

Tasa impositiva constante

Tasa de paro (endógena)

# El modelo

## Formulación del MEGA-ARA

---

### Sociedades

- **Intermediarios entre los sectores productivos y el resto de agentes institucionales**  
(Transacciones exógenas con los demás instituciones)

$$AH_{SO} = (1 - T_{SO}) \cdot r \cdot K_{SO} + ipc \left( TSP^{SO} - TSO^H - TSO^{RM} \right)$$

Saldo o Ahorro de  
Sociedades

Tasa impositiva constante  
Impuesto de sociedades

# El modelo

## Formulación del MEGA-ARA

### Sector Público

- Impuestos directos (sobre producción)
- Cotizaciones Sociales de empleadores
- Impuesto de Sociedades
- Impuesto s/ la renta

### Recaudador de impuestos

$$RTP = \sum_{j=1}^{26} T_j^{IP} \frac{p_{Q_j} Q_j}{1 + T_j^{IP}}$$

$$RTCS = \sum_{j=1}^{26} T_j^{CSS} wL_j$$

$$RSO = T_{SO} \cdot r \cdot K_{SO}$$

$$RD = T_D \cdot (wL_H \cdot (1 - u) + rK_H + ipc \cdot (TSP^H + TDES + TSO^H + TRM^H))$$

### Déficit o superávit público

$$DP = r \cdot K_{SP} + RTP + RTCS + RSO + RD - \sum_{j=1}^{26} p_j' C_j^{SP} - ipc \cdot (TSP^H + TSP^{SO} - TRM^{SP})$$

Endógeno

Exógeno

# El modelo

Formulación del MEGA-ARA

## Sector Exterior

### Saldo Comercial

$$DRM = \sum_{j=1}^{26} p_j^m \cdot M_j - \sum_{j=1}^{26} p_j' \cdot EP_j + ipc \cdot (TSO^{RM} - TRM^H - TRM^{SP})$$

Importaciones

Exportaciones  
Exógenas

Otras transacciones

# El modelo

*Formulación del MEGA-ARA*

---

## Inversión y Ahorro

### Ecuación de cierre macroeconómico

$$\sum_{j=1}^{26} p'_j I_j = p_s C_{AH} + AH_{SO} + DP + DRM$$

Los niveles de ahorro (endógenos) quedan determinados a partir de los niveles de inversión (exógenos)

# El modelo

*Formulación del MEGA-ARA*

---

## Factores productivos

Vaciado del mercado de capitales

$$K + K_{SO} + K_{SP} = \sum_{j=1}^{26} K_j$$

No-Vaciado del mercado de trabajo (desempleo)

$$(1 - u)L_H = \sum_{j=1}^{26} L_j$$

# El modelo

## *Formulación del MEGA-ARA*

---

**Cierre keynesiano: Vector de precios de bienes, de factores, niveles de actividad y resto de variables, tales que:**

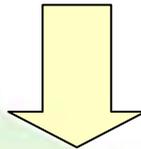
- ✓ Cada sector productivo minimiza sus costes sujeto a sus restricciones tecnológicas
- ✓ Todos los mercados de factores y bienes se vacían, excepto el de trabajo (existe desempleo)
- ✓ El consumidor maximiza su utilidad restringida a su renta disponible.
- ✓ El sector público y el sector exterior ajustan sus saldos con respecto a sus ingresos y gastos
- ✓ Igualdad entre ahorro e inversión agregados.

# El modelo

## Calibración del MEGA-ARA

La calibración del modelo se ha realizado considerando que **el equilibrio inicial del modelo coincide con la situación descrita en la MCS-Aragón precios de adquisición unitarios**. Se han especificado numéricamente, además de los valores de las variables exógenas, los valores de:

- ✓ Los coeficientes técnicos y parámetros de escala de las funciones de producción
- ✓ Los coeficientes de la función de utilidad de los consumidores
- ✓ Las tasas impositivas de los diferentes impuestos



**EI MEGA-ARA replica el equilibrio inicial de la MCS-Aragón**

# Simulación..... *por desarrollar*

## Estructura del MEGA-ARA

- **Base de datos**  
*(Construcción de MCS-Aragón pa)*
- **Modelo**  
*(Formulación y calibración del MEGA-ARA)*
- **Simulación**  
*(Por desarrollar...)*

# Conclusiones Finales

Modelización de  
la estructura  
económica de  
Aragón

- ✓ **El MEGA-ARA supone un avance cualitativo** *(presenta de manera completa las interdependencias y se asumen comportamientos más flexibles que los modelos considerados hasta ahora)*
- ✓ **El MEGA-ARA es consistente con los anteriores modelos** *(obteniéndose un mayor número de resultados)*
- ✓ **El MEGA-ARA es un instrumento metodológico para la evaluación de impactos económicos** *(tanto ex-ante como ex-post)*
- ✓ **El MEGA-ARA permite analizar los efectos inducidos sobre todos los sectores productores e institucionales**
- ✓ **La simulación en el MEGA-ARA posibilita el análisis de distintas políticas, incluidas la europeas.**
- ✓ **Se ha añadido una nueva herramienta de análisis no utilizada para la economía aragonesa, como son los MEGA** *(que puede dar respuesta a posibles necesidades institucionales y gubernamentales)*