



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**



**Universidad  
Zaragoza**

Tesis Doctoral

# **El sector eléctrico en España: retos y aproximación a su modelización en Economía**

**Candidata a Doctora: Raquel Langarita**

Directores: Julio Sánchez Chóliz y Rosa Duarte



# Outline

---

## **Introducción**

**Capítulo 1:** Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

Inspira mi tesis

**Capítulo 2:** Alternativas para reducir los costes energéticos en la agricultura de regadío: efectos de la implantación de una tarifa verde en España

**Capítulo 3:** Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

**Capítulo 4:** Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España

## **Conclusiones**

# Introducción

## Estrategia para el desarrollo sostenible

### Aspectos clave

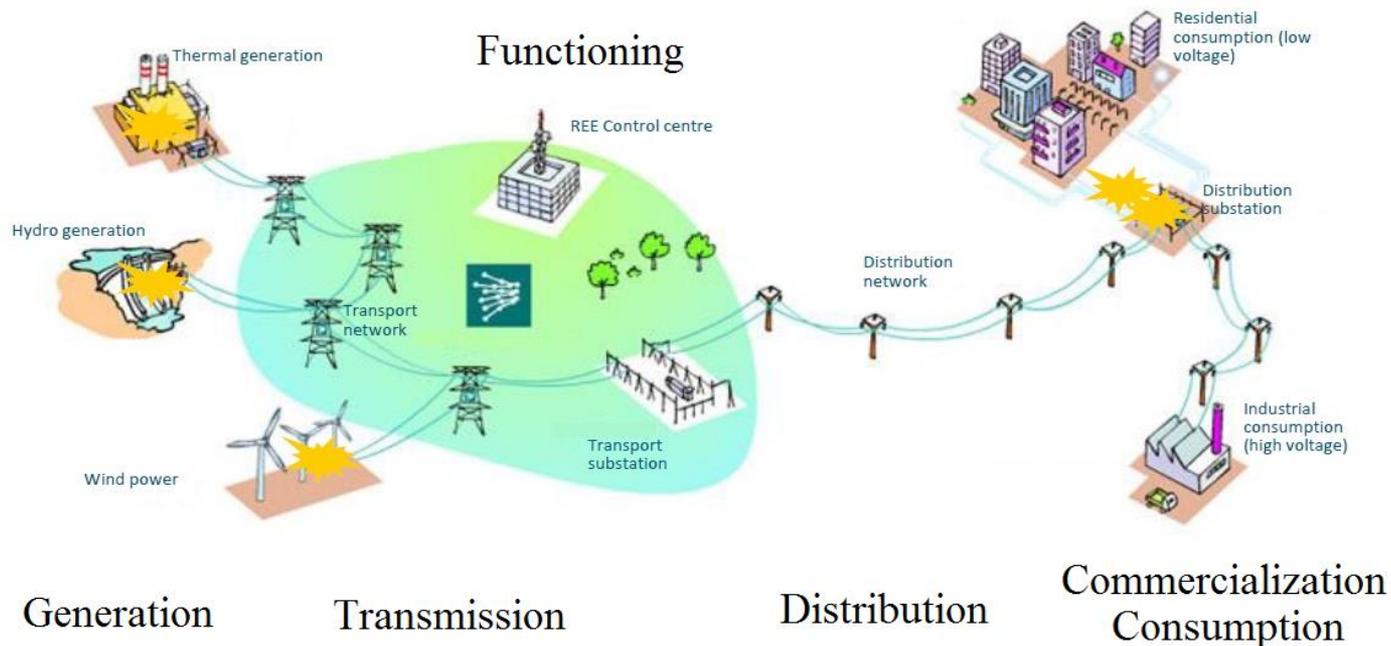
- El papel de las diferentes fuentes energéticas en el contexto de equilibrar sostenibilidad económica y medio ambiental.
- La demanda de energía continúa creciendo en el mundo.
- Limitaciones: almacenamiento de la energía → la electricidad necesita generarse al mismo tiempo que aparece la demanda.
- UE: acoplamiento del mercado, políticas coordinadas y fuentes de energía renovables.

## Características del sector eléctrico en España

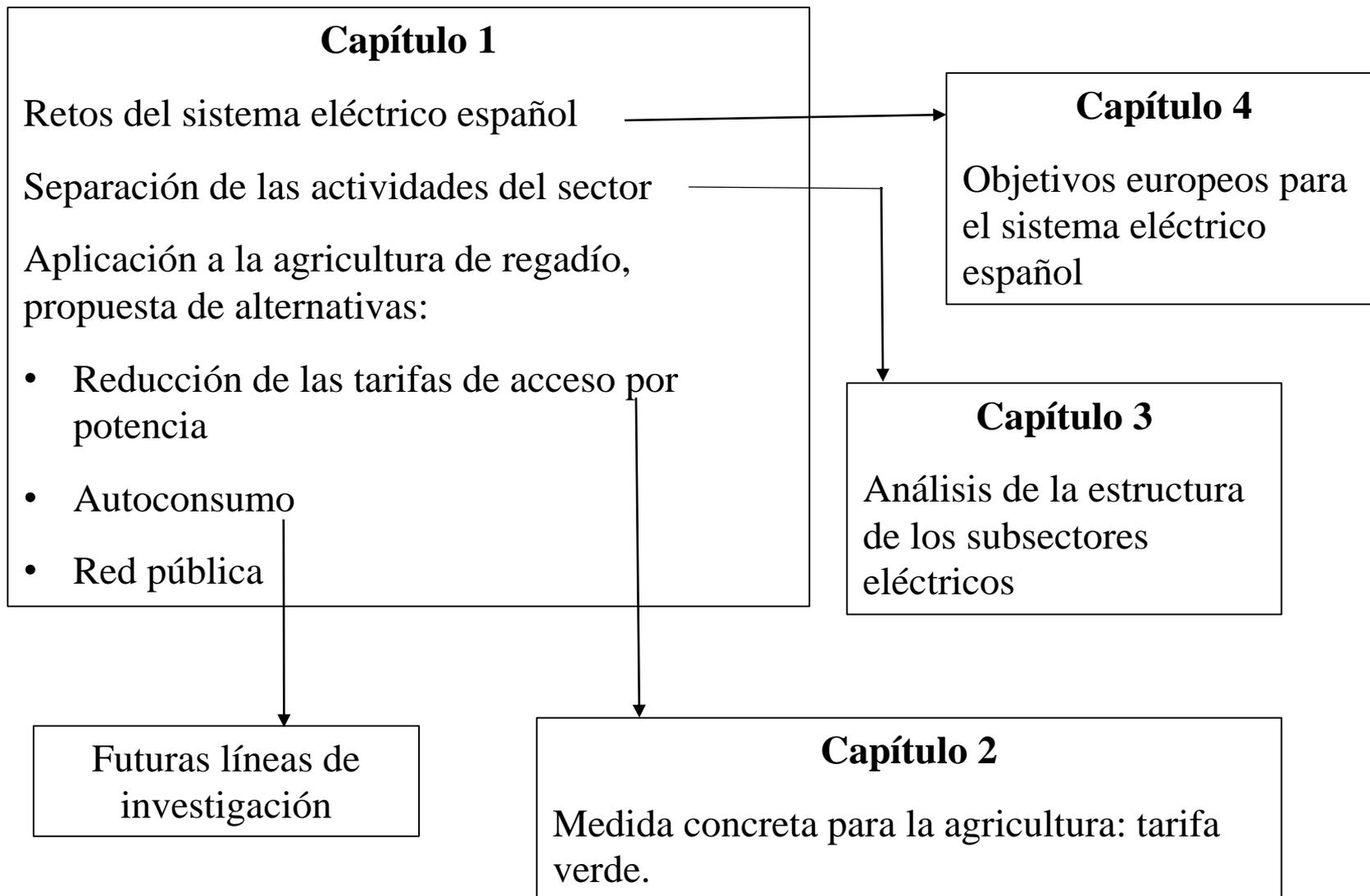
- La dependencia **energética** externa en España es mayor que la media de la UE.
- Autoabastecimiento de **energía** primaria: 30% en 2013 → 70% de la energía primaria consumida fue importada.
- Demanda de **electricidad** en España fue 228,837 GWh en 2015.
- Producción de **electricidad** de 280,481 GWh.

## Características del sector eléctrico en España

- Limitada competencia entre empresas.
- Existencia del deficit tarifario.
- Reformas → incertidumbre legal y de producción.
- Evento: generación, transporte, distribución y comercialización se separaron en España en 1997.



# Introducción



# Capítulo 1:

## **Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón**

Langarita et al., 2017, “Electricity costs in irrigated agriculture: A case study for an irrigation scheme in Spain”, *Renewable & Sustainable energy reviews*, 68, 1008-1019.

# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

---

## 1.1 Visión del sistema eléctrico español

### Baja competencia entre las empresas del sector

- Ley del Sector Eléctrico, 1997: actividades separadas.
- La separación Generación / comercialización; los accionistas son a menudo los mismos.
- Bajas conexiones con Europa.
- Aunque la distribución debería ser realizada y gestionada por el Gobierno, son entidades privadas las que la llevan a cabo, con un margen positivo de beneficio.

### El déficit tarifario

Moratoria nuclear

Compensación insular y extra peninsular

Primas al regimen especial

Déficit/ superávit del Sistema de pago por capacidad

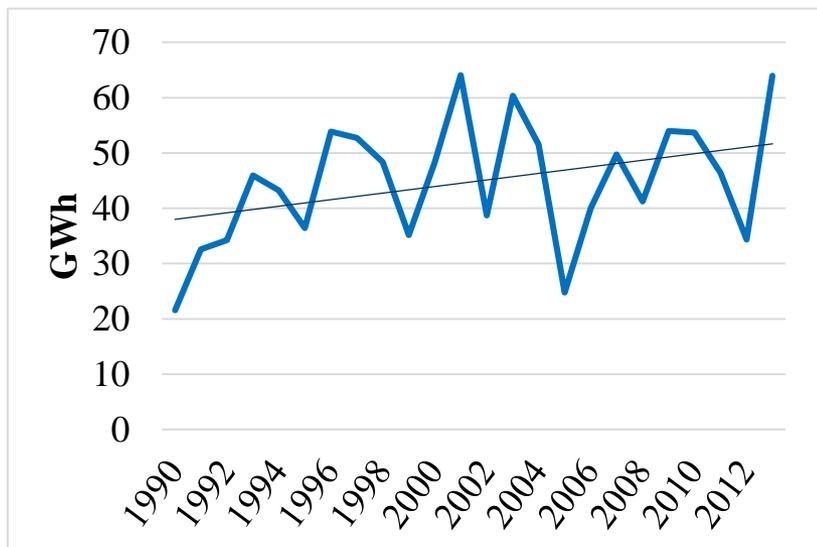
Incertidumbre legal

Incremento del precio: han pasado de estar en la media de la UE en 2002 a estar por encima en 2013.

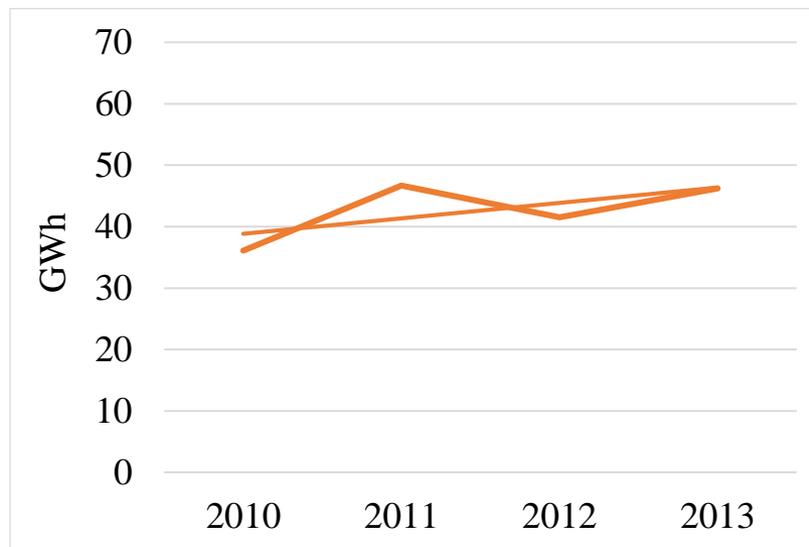
# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

## 1.2 Uso de la electricidad en la agricultura

Producción eléctrica en la  
CGRAA



Consumo eléctrico en la CGRAA



Datos mensuales, 2013 (GWh)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total 2013
Producción	4.17	4.78	5.32	7.39	7.75	7.72	8.03	8.17	5.72	2.19	1.15	1.57	63.96
Consumo	2.97	0.38	0.74	3.63	3.18	6.04	10.36	11.97	5.46	0.95	0.24	0.29	46.2

Fuente: elaboración propia a partir de la CGRAA.

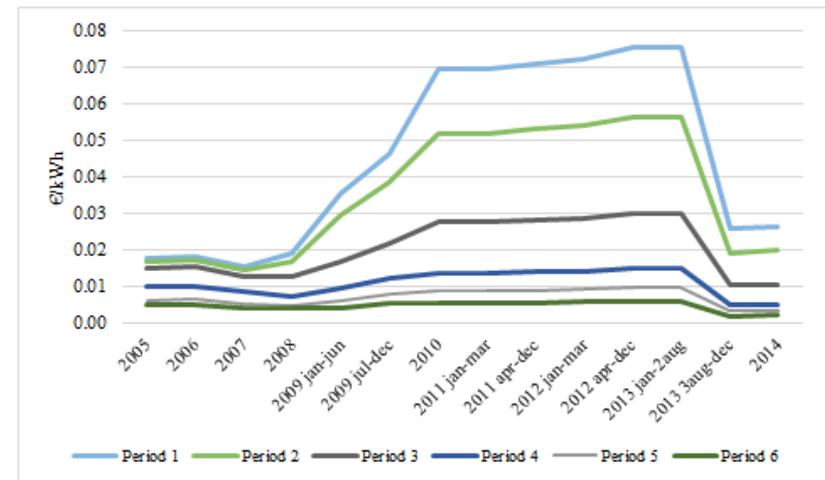
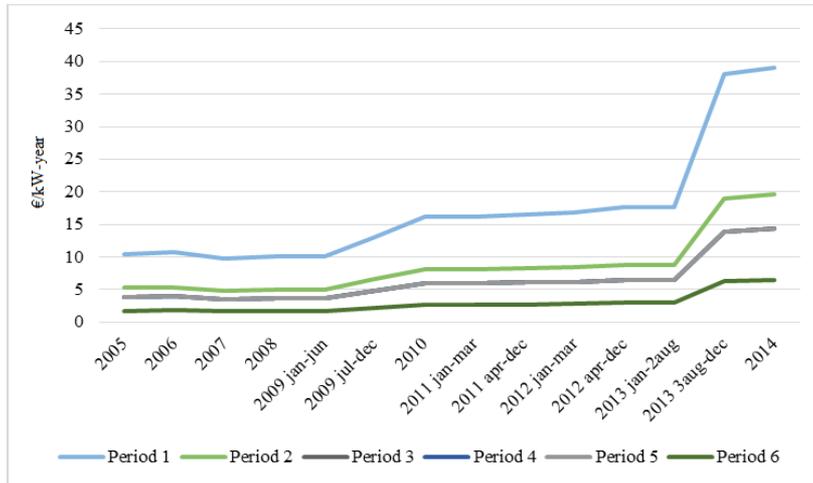
# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

## 1.2 Uso de la electricidad en la agricultura

Precios = **tarifa de acceso por potencia** + **tarifa de acceso de energía** + costes + margen

Tarifa de acceso de potencia  
(Euros/kW-year)

Tarifa de acceso de energía  
(Euros/kWh)



Temporalidad irregular penalizada → contrato temporal.

Problemas medio ambientales (la sensibilidad al coste por consumo es menor).

# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

---

## 1.2 Uso de la electricidad en la agricultura

### Costes eléctricos en la CGRAA

- Datos sobre la potencia media contratada con tarifa 6.1, que es la más usada en el regadío, en el periodo 2010-2013 (kW)
- Datos sobre el consumo de energía también con tarifa 6.1 en el periodo 2010-2013 (kWh)
- Viendo que el consumo incrementó en 26.75%
- El coste aumentó en 68.21%

Esto indica que el incremento en costes se debe principalmente al aumento de las tarifas de acceso por potencia.

Para comprobarlo, calculamos cuál habría sido el coste bajo distintas tarifas teniendo en cuenta las mismas capacidad contratada y energía consumida:

- Tarifas de 2009 – tarifas de 2014: 32.42%
- 2012b – 2013a: 12.84%.

# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

---

## 1.2 Uso de la electricidad en la agricultura

### Posibles alternativas: Reducción de las tarifas de potencia

Gastos injustificados → alrededor del 45% del total del coste de capacidad. Este 45% se asume por el Gobierno en los cuatro escenarios. Escenarios:

1. Quitar las tarifas de potencia y mantener las tarifas de energía igual. El coste del consumidor solamente incluiría el coste de energía, el transporte y la distribución se asumirían por el Estado.
2. Un tercio del 55% del coste de capacidad se pasa al coste de energía. La tarifa de energía se incrementa en 13.25%. Los otros dos tercios del coste de capacidad se asumirían por el Estado.
3. La tarifa de potencia se reduce en 100%. En este caso, dos tercios del 55% se aplican a la tarifa de energía y 1/3 se asume por el Gobierno.
4. El restante 55% del coste de capacidad se pasa al coste de energía. La tarifa de energía se aumentaría en 39.76%.

# Capítulo 1: Análisis del sistema eléctrico español en el sector agrícola: un caso de estudio para el Alto Aragón

---

## 1.2 Uso de la electricidad en la agricultura

### Posibles alternativas: Autoconsumo

Dos borradores de real decreto: Límite en el volumen de producción, lo que implica que, en la práctica, sería para pequeñas y medianas empresas, reduciendo sus posibilidades productivas y el posible desarrollo tecnológico.

- Sería suficiente con nuestra producción para cubrir nuestro consumo.
- Potenciales reducciones en costes con la implantación del autoconsumo.

Red pública

## Capítulo 2:

### **Alternativas para reducir los costes energéticos en la agricultura de regadío: efectos de la implantación de una tarifa verde en España**

Langarita et al. (2016): “Los costes energéticos en la agricultura de regadío. Alternativas para su reducción y efectos de la implantación de una tarifa verde en España”, *Regional and Sectoral economic studies*, 16,1, 123-140.

## Capítulo 2: Alternativas para reducir costes energéticos en la agricultura de regadío: efectos de la implantación de una tarifa verde en España

### 2.2 Tarifa verde

Tarifas de la *Tarif Vert A5-Option Base* (€/kW and cent€/kWh)

Versión	Prima fija anual (Euros/kW y año)	Invierno (c€/kWh)			Verano (c€/kWh)	
		Pick	HPH	HCH	HPE	HCE
TLU	74,16	7,154	5,82	4,452	4,458	2,82
LU	54,6	10,421	6,667	4,606	4,525	2,881
MU	43,2	14,21	7,772	4,934	4,6	2,887
CU	30,24	21,387	9,782	5,305	4,6	2,727

Coeficientes para reducir la potencia facturada *Tarif Vert*

Versión	Pick	HPH	HCH	HPE	HCE
TLU	1	0,67	0,27	0,23	0,23
LU	1	0,76	0,4	0,37	0,34
MU	1	0,75	0,36	0,33	0,28
CU	1	0,78	0,52	0,46	0,42

## Capítulo 2: Alternativas para reducir costes energéticos en la agricultura de regadío: efectos de la implantación de una tarifa verde en España

---

### 2.2 Tarifa verde

#### Simulación de costes en la CGRAA con una tarifa verde

Enlace de los periodos tarifarios

- Actual tarifa 6.1A (la más usada en el regadío) ↔ periodos en la tarifa verde francesa.

Costes para los tres puntos de suministro que consumen más

- Tarifa contratada
- Potencia contratada
- kWh consumidos

Principales resultados: se ahorraría aproximadamente el 50%.

## Capítulo 3:

### **Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un model input-output desagregado**

Duarte et al., 2017, “Electricity industry in Spain: a structural analysis using a disaggregated input-output model”, *Energy*, 141, 2640-2651.

# Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

## 3.1 Una TIO desagregada para España

	S1	S2	S3	D	SUMA
S1					
S2					
S3					
VA					
M					
SUMA					

## Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

### 3.1 Una TIO desagregada para España

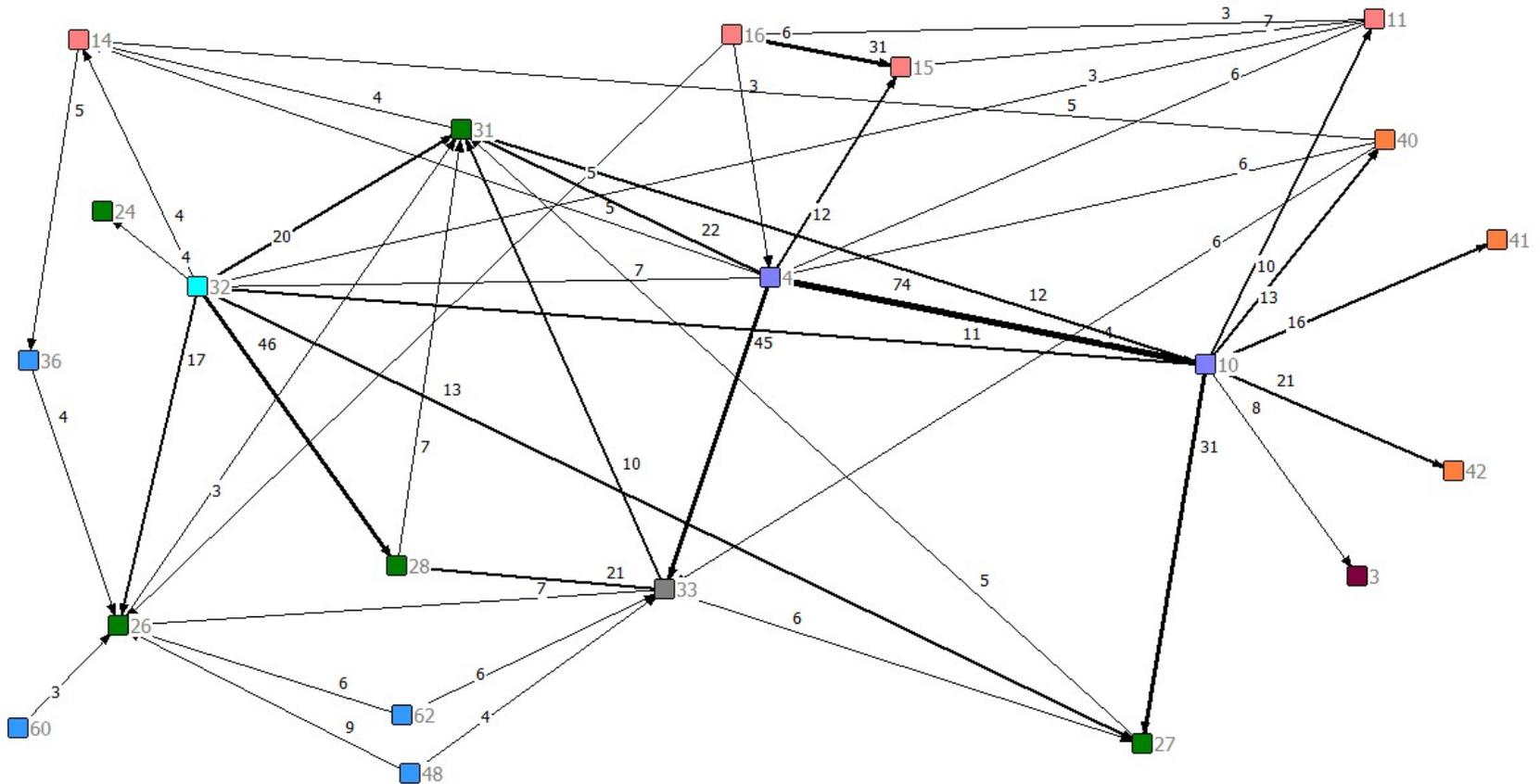
Desagregación de “Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado”

1. Eólica
2. Nuclear
3. Térmica convencional
4. Hidroeléctrica
5. Solar y otros tipos
6. Transporte
7. Distribución
8. Comercialización
9. Actividades relacionadas
10. Producción, distribución y comercialización de gas y suministro de vapor y aire acondicionado

# Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

## 3.2 Resultados

### Vínculos sectoriales de la energía



4: Industria extractiva. 10: Manufactura de coque y refinado de petróleo. 31: Comercialización de electricidad. 11: Industria química. 15 y 16: Metal. Nodos verdes: Subsectores eléctricos.

# Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

## 3.2 Resultados

### Vínculos sectoriales de la energía

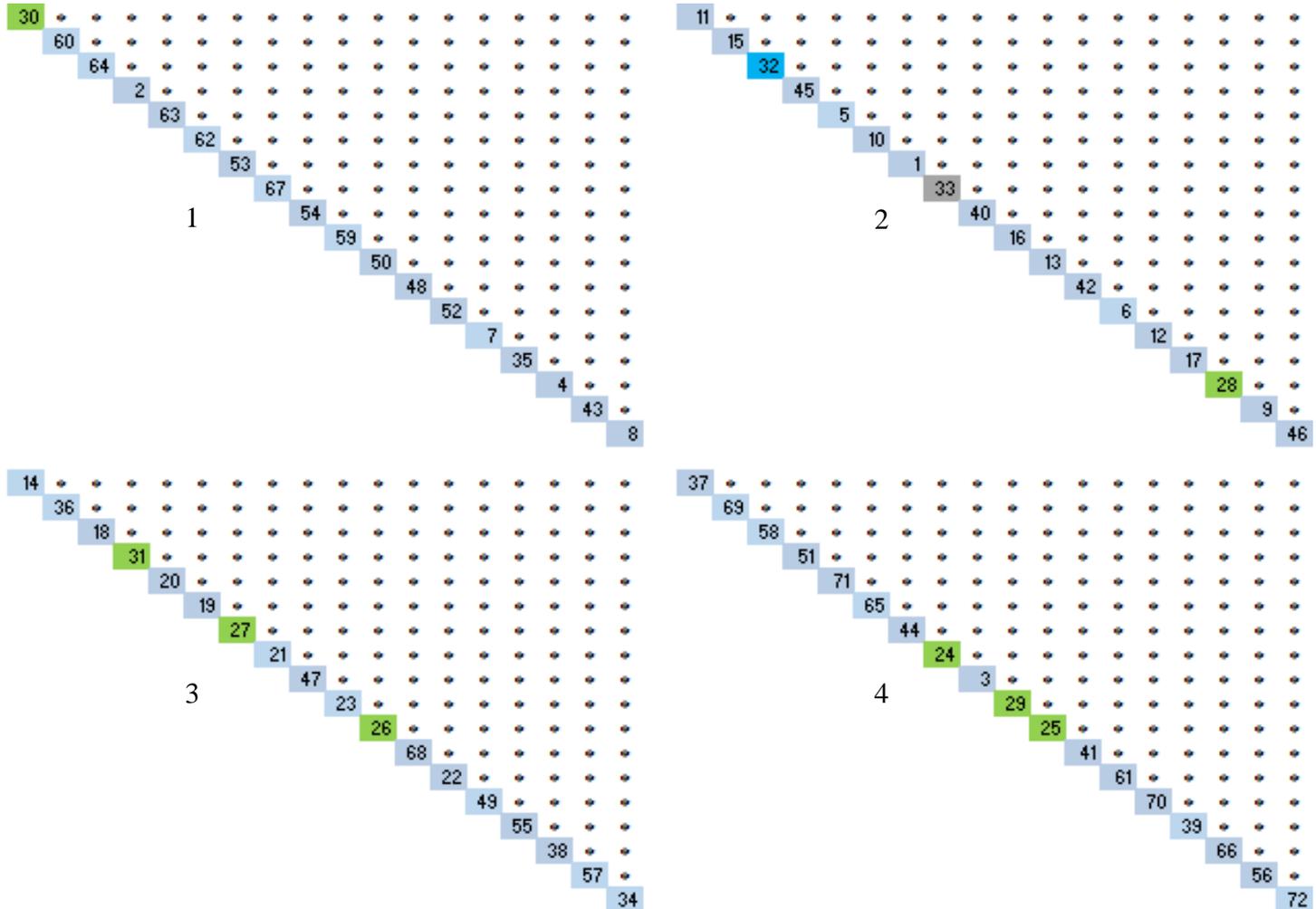
		Unitary backward	Unitary forward	Classification	Global backward	Global forward
3	Fisheries and aquaculture	2.5312	1.0818	Backward	3,518	2,972
4	Extractive industries	2.5871	8.5290	Key	-118,281	6,244
10	Manufacture of coke and refined petroleum	3.6408	6.0231	Key	33,459	45,470
11	Chemical industry	3.5265	7.6420	Key	-10,287	48,352
14	Manufacture of other mineral not metallic products	2.8940	2.0476	Backward	4,045	15,452
15	Manufacture of products of iron, steel and ferroalloys	3.5034	5.4969	Key	9,085	40,587
16	Manufacture of metallic products, except for machinery and equipment	3.0354	3.7093	Key	12,650	27,426
24	Generation of electricity from wind origin	1.2763	1.1262	N. S.	1,068	1,889
25	Generation of electricity from nuclear origin	1.1631	1.0701	N. S.	158	725
26	Generation of electricity from conventional thermal origin	2.8665	1.5525	Backward	5,783	6,513
27	Generation of electricity from other sources origin	2.7731	1.6765	Backward	6,962	8,154
28	Generation of hydropower	3.4733	1.9292	Backward	2,990	8,492
29	Transmission of electricity	1.2103	1.1557	N. S.	266	1,599
30	Distribution of electricity	1.0002	1.2721	N. S.	808	3,219
31	Commercialization of electricity	3.8850	2.5538	key	19,403	18,764
32	Related activities	3.0381	4.8932	Key	13,910	30,135
33	Production, distribution and commercialization of gas and steam and air conditioning	2.8476	2.2138	Backward	1,484	7,479
36	Construction	2.5121	3.1256	Key	221,913	132,271
40	Land transport and transport via pipeline	2.4474	3.9010	Key	49,790	47,156
41	Maritime transport and for interior waterways	2.7458	1.0641	Backward	6,003	2,840
42	Air transport	2.9906	1.4515	Backward	17,710	9,806
48	Telecommunications	2.0813	2.8464	Forward	32,149	34,910
60	Activities related to the employment	1.2116	1.4406	N. S.	-2	3,265
62	Safety activities and investigation and auxiliary activities to companies	1.6924	3.4888	Forward	-174	27,074
	<b>Average</b>	2.3370	2.3370		26,712	26,712

# Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

## 3.2 Resultados

### Cadenas de dependencia

1	*	*	*
	2	*	*
		3	*
			4



## Capítulo 3: Estructura del sector eléctrico en España: un análisis usando un modelo input-output desagregado

---

### 3.2 Resultados

Bajas importaciones y exportaciones

Heterogeneidad de los subsectores eléctricos

- Comercialización y actividades relacionadas → clave
- Algunos subsectores de generación → arrastre
- Precaución con análisis globales → usar el sector desagregado.

Relativa posición central de algunos sectores eléctricos en la cadena de dependencia

- Bajo empleo, importante por el vínculo con otros sectores como industria extractiva, y no tanto por su carácter clave.

## Capítulo 4:

### **Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España**

Langarita et al., 2018, “A CGE model for the Spanish electricity sector: Testing some possible change scenarios”, 23rd International Input-Output Conference

## Capítulo 4: Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España

---

### 4.1 Escenarios

#### **Primer escenario: El reto de la limitada conexión con Europa**

Bajas importaciones con Francia y Portugal y bajas exportaciones con Francia, Portugal y Marruecos → 2010-2015: España fue exportadora neta, no tanto en 2016, las exportaciones y las importaciones de electricidad todavía son limitadas → red nacional autónoma.

Ratio de interconexión en España por debajo del 5%. Objetivo: **aumento hasta el 10% para 2020.**

#### **Segundo escenario: El reto de la sostenibilidad medio ambiental**

Aunque el porcentaje de renovables para electricidad no es muy bajo, el porcentaje de renovables sobre el total de energía en España es limitado.

En la tabla input-output para 2013 es el 12%. Objetivo para renovables: **incremento al 20% para 2020.**

#### **Tercer escenario: El reto del aumento de la competitividad**

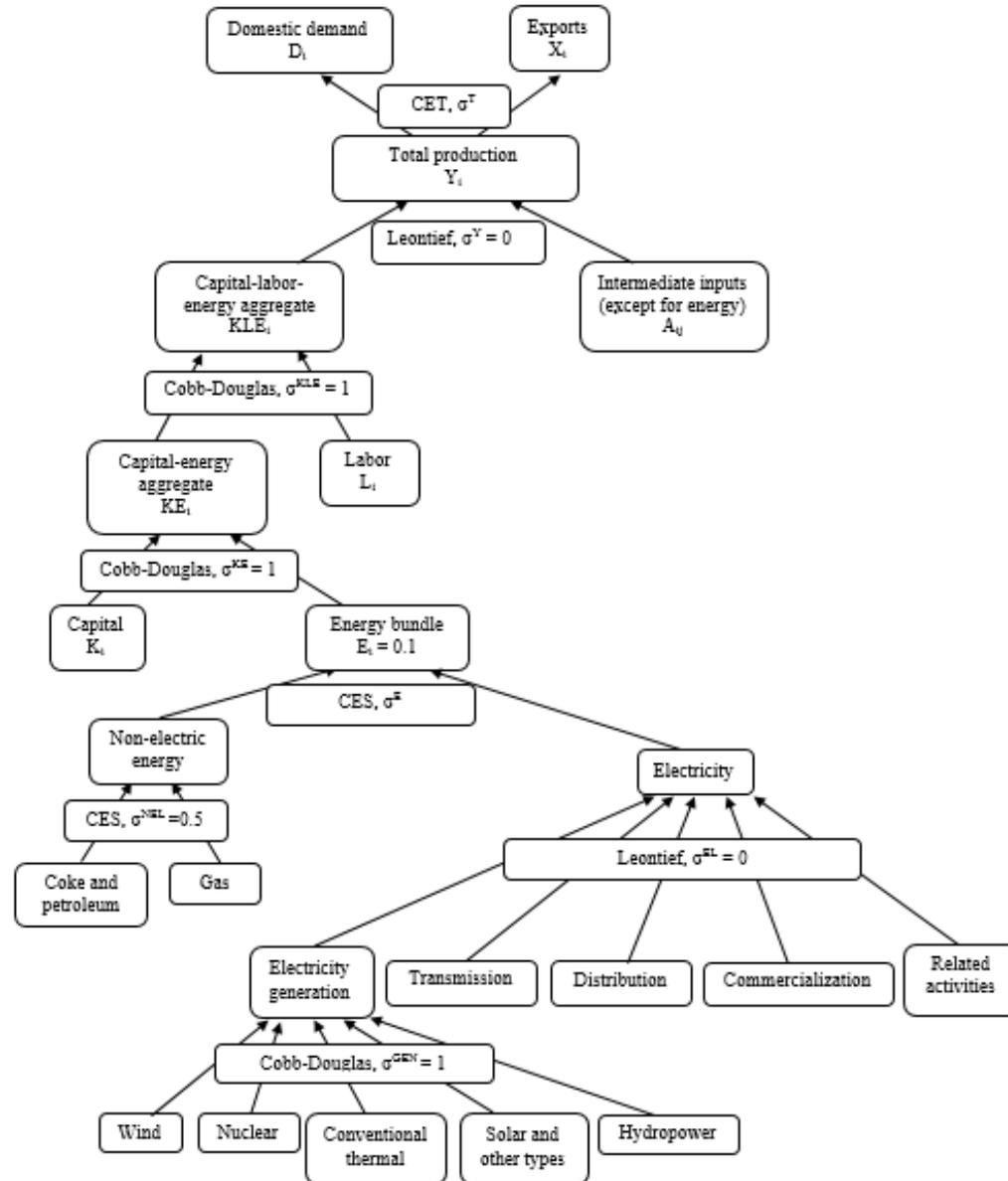
Incentivos, cambios en la regulación y políticas proactivas. Objetivo de eficiencia energética: **aumento del 20% para 2020.**

# Capítulo 4: Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España

## 4.2 El modelo

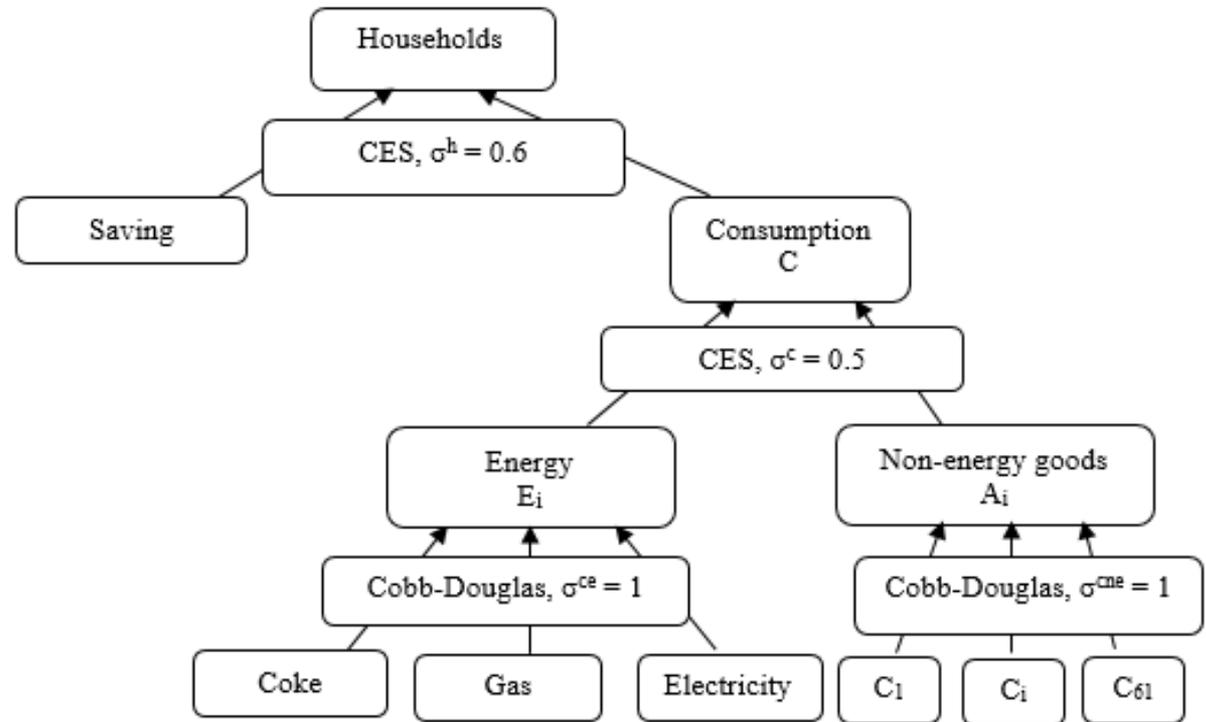
### Producción

- 72 sectores productivos



# Capítulo 4: Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España

## 4.2 El modelo



- Agente representativo
- Gobierno

*Numerario: tipo de cambio.*

## Capítulo 4: Comprobando objetivos energéticos europeos: un modelo de equilibrio general desagregado aplicado para España

---

### 4.3 Principales resultados

- La construcción del MEGA → el primer MEGA para España distinguiendo entre generación, transporte, distribución, comercialización y actividades relacionadas, aparte de las tecnologías de producción.
- La heterogeneidad de los subsectores eléctricos.
- Los resultados de nuestros tres escenarios sugieren incrementos potenciales en la producción. Escenarios 1 y 3 aumentarían el comercio. Escenario 2 disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en escenario 3 las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarían.



Los resultados en el escenario 3 muestran que las mejoras de eficiencia deberían ir acompañadas con otras políticas tecnológicas y medio ambientales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los efectos rebote deberían tenerse seriamente en cuenta.

# Conclusiones

# Conclusiones

---

## **Capítulo 1:**

Retos del Sistema eléctrico español.

Potenciales mejoras en el sector eléctrico español y en la CGRAA con la reducción de las tarifas de acceso por potencia y la implantación del autoconsumo.

## **Capítulo 2:**

Potenciales mejoras con la aplicación de la disminución de la tarifa de potencia. Reducción de los costes energéticos en la CGRAA con una tarifa verde.

## **Capítulo 3:**

Heterogeneidad de los subsectores eléctricos. Relativa posición central de los subsectores eléctricos. Fuertes vínculos con sectores clave de la economía.

## **Capítulo 4:**

Potenciales incrementos en producción y comercio y disminuciones en las emisiones de CO<sub>2</sub> con las políticas europeas.

## **Futuras líneas de investigación**

- MEGA para analizar otras políticas para España.
- La ruptura de las actividades del sector eléctrico ha tenido lugar en otros países europeos también, así, esta estructura productiva podría tenerse en cuenta para otras regiones → MRIO para Europa.
- Autoconsumo desde una perspectiva multisectorial (tablas origen y destino).
- Nuevos desarrollos: autoconsumo y renovables con el MEGA, impacto de redes, acumulación y producción distribuida.



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**



**Universidad  
Zaragoza**

# Muchas gracias por su atención

Tesis Doctoral

**El sector eléctrico en España: retos y aproximación a su  
modelización en Economía**

**Candidata a Doctora: Raquel Langarita**

Directores: Julio Sánchez Chóliz y Rosa Duarte

