



LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA ENERGÍA EN EL REGADÍO MEDIANTE TÉCNICAS DE “BENCHMARKING”

J.I. Córcoles, J.A. de Juan,
M.A. Moreno, J.F. Ortega
y J.M. Tarjuelo

Fortaleza, Junio 2010

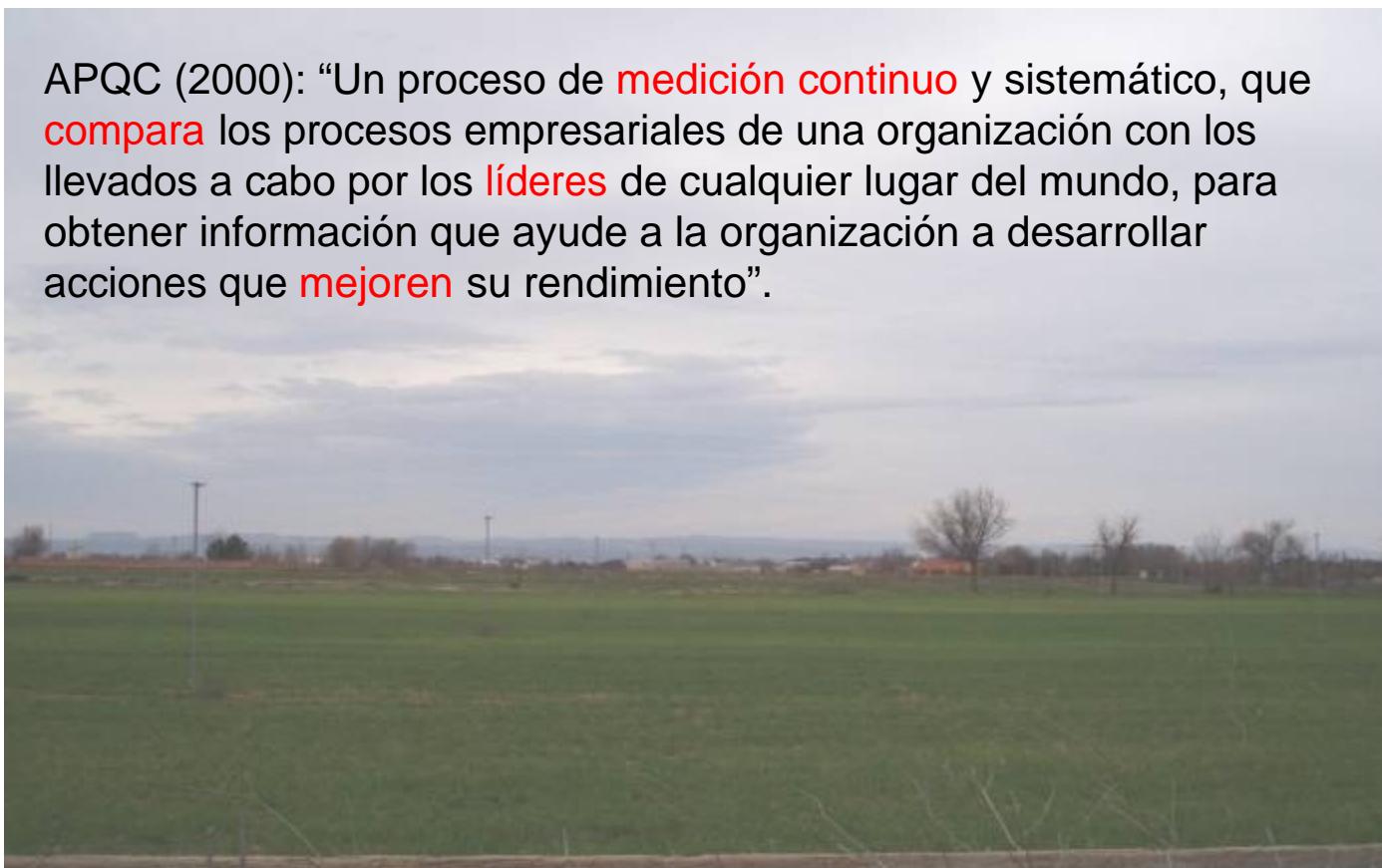
Significado del “Benchmarking”

“Benchmark” → “Comparativa”

Informática
“Medir el rendimiento de un sistema”

Topografía
“Referencia conocida”

APQC (2000): “Un proceso de **medición continuo** y sistemático, que **compara** los procesos empresariales de una organización con los llevados a cabo por los **líderes** de cualquier lugar del mundo, para obtener información que ayude a la organización a desarrollar acciones que **mejoren** su rendimiento”.



Sector industrial EE.UU.

1970



1940

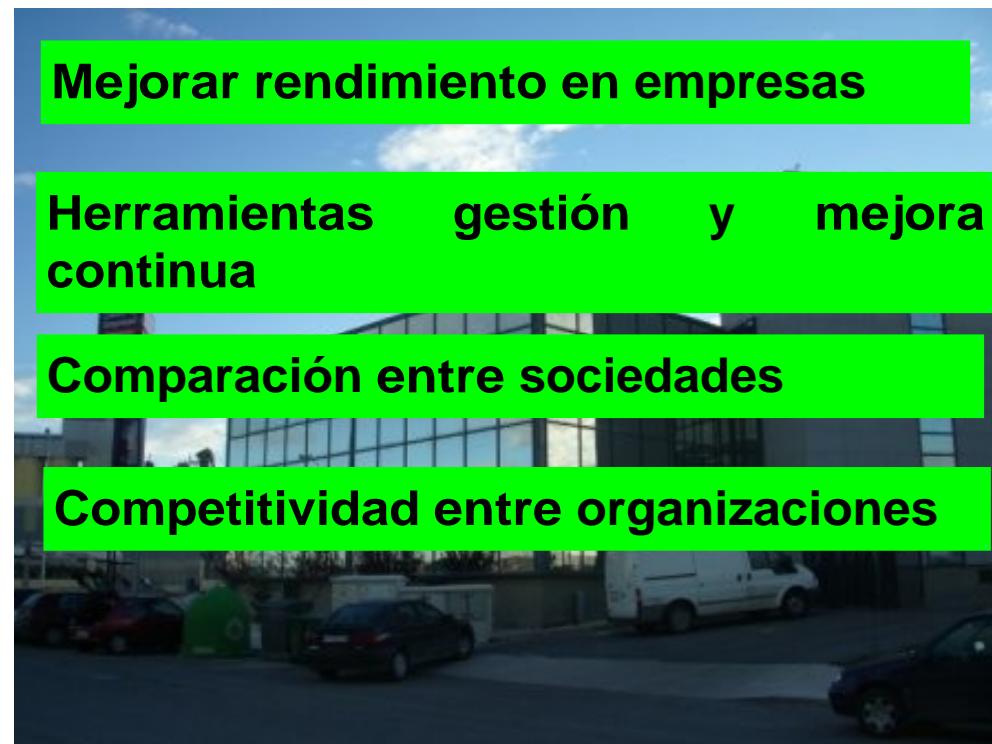


Mejorar rendimiento en empresas

Herramientas gestión y mejora continua

Comparación entre sociedades

Competitividad entre organizaciones



Hospitales, Universidades, Administraciones
públicas

Regadío y “Benchmarking”



Regadío y “Benchmarking”

“Rapid Appraisal Process” (RAP). CALIFORNIA. 1989

“Australian National Committee on Irrigation and Drainage” (ANCID). 1998

“Irrigation Training and Research Center” (ITRC). PACIFICO MEDIO. 1999-2000

International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage” (IPTRID).2002

INCICIATIVA BANCO MUNDIAL

OPTIMIZAR

REGADIOS 3º MUNDO

Unificar aplicación

MALANO Y BURTON (2001)

Regadío y “Benchmarking”

MUNDIAL



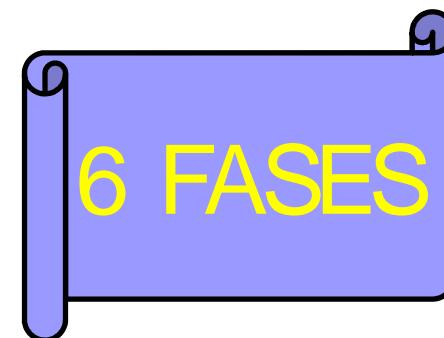
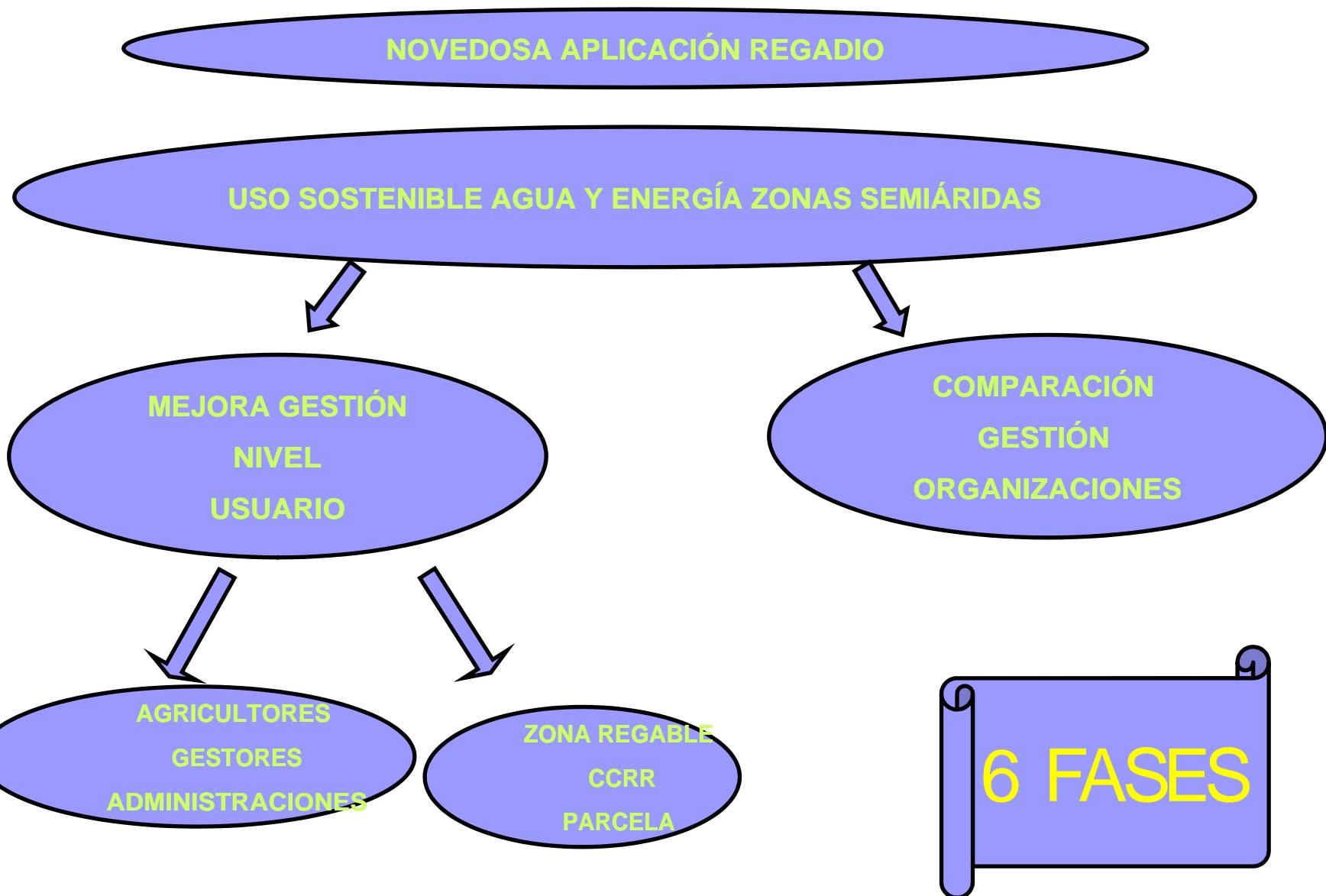
- FILIPINAS (GARCES, 1983)
- TAILANDIA (MAKIN ET AL., 1990)
- INDIA (GOLDSMITH Y MAKIN, 1991)
- CHINA (ZHI, 1991)
- MEXICO (KLOEZEN ET AL., 1997)
- TURQUIA (DROOGERS ET AL, 1999)
- SRI LANKA (JAYATIKALLE, 2004)
- MALASIA (GHAZALLI, 2004)

ESPAÑA

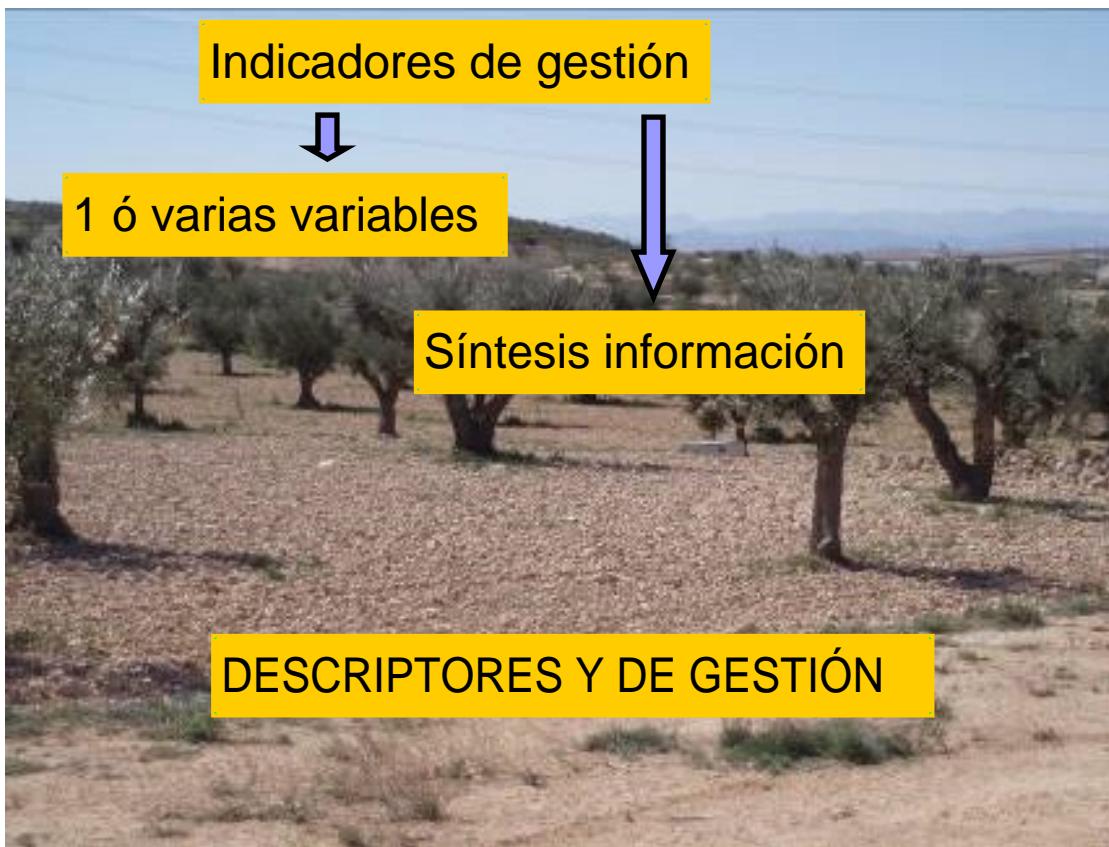


- CORCOLES (2009)
8 CCRR en Castilla-La Mancha

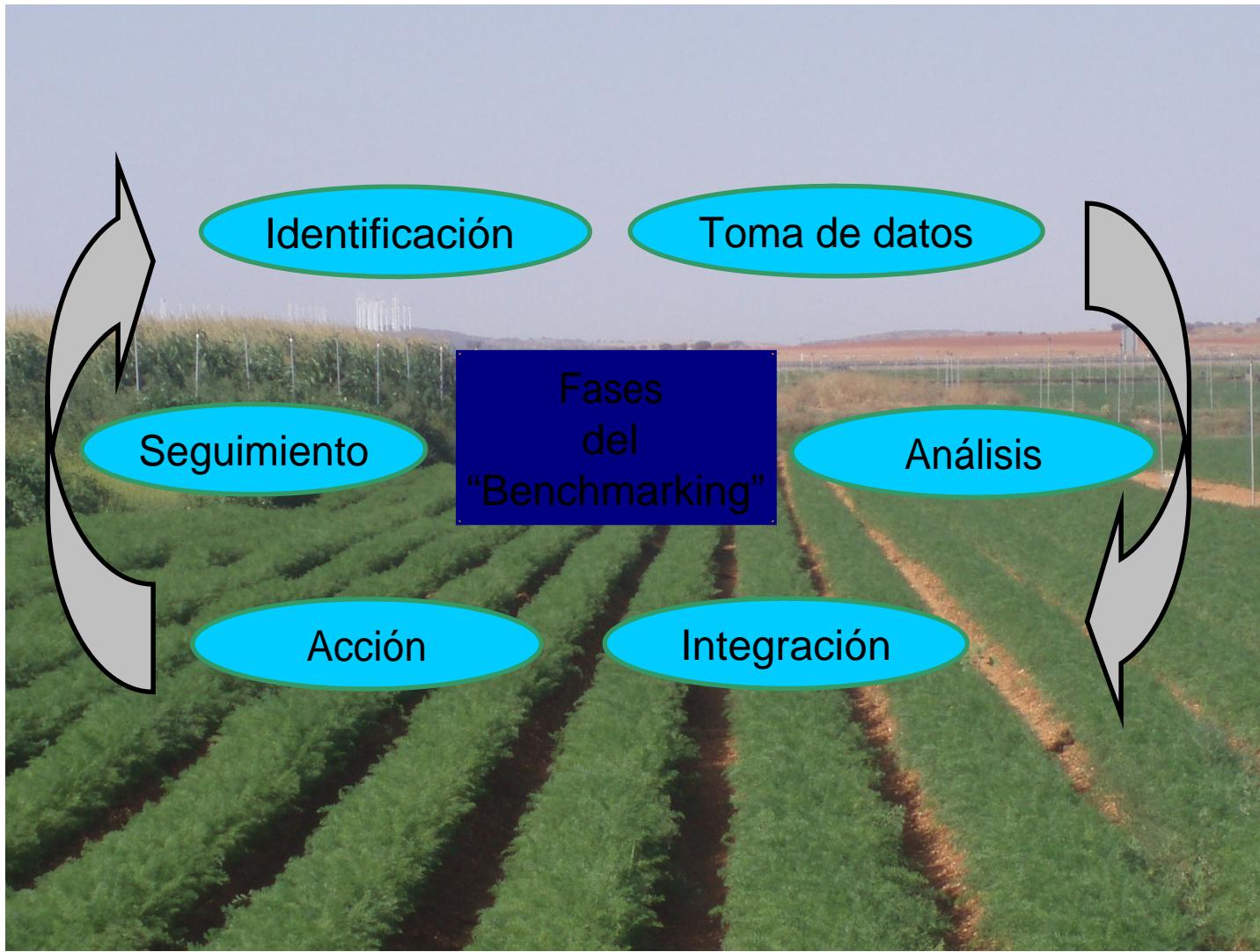
- RODRÍGUEZ (2003)
71000 HA. 9 CCRR ANDALUCIA

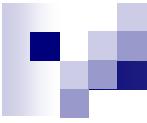


“Proceso de Benchmarking”



6 FASES





Índice

- 
1. Introducción
 2. Antecedentes bibliográficos
 3. Objetivos
 4. Material y métodos
 5. Resultados y discusión
 6. Conclusiones
 7. Bibliografía
 8. Agradecimientos
 - Anejos

1. INTRODUCCIÓN



Viabilidad regadío. Desarrollo rural

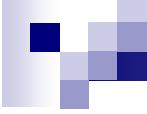


Eficiencia uso recursos hídricos y energéticos

Herramientas de gestión



**Indicadores de gestión y energéticos
“Benchmarking”**



2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

2.1 Técnicas de “Benchmarking”

Origen y difusión

Definiciones, categorías y códigos de conducta

Metodología y ventajas

2.2 Aplicación “Benchmarking” en el regadío

Indicadores de gestión

Fases de desarrollo

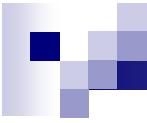
Programas de estudio

2.3 Análisis energético de zonas regables

Aplicaciones al regadío

Indicadores energéticos

Calidad de suministro eléctrico



Índice

- 
1. Introducción
 2. Antecedentes bibliográficos
 3. Objetivos
 4. Material y métodos
 5. Resultados y discusión
 6. Conclusiones
 7. Bibliografía
 8. Agradecimientos
 - Anejos

3. OBJETIVOS



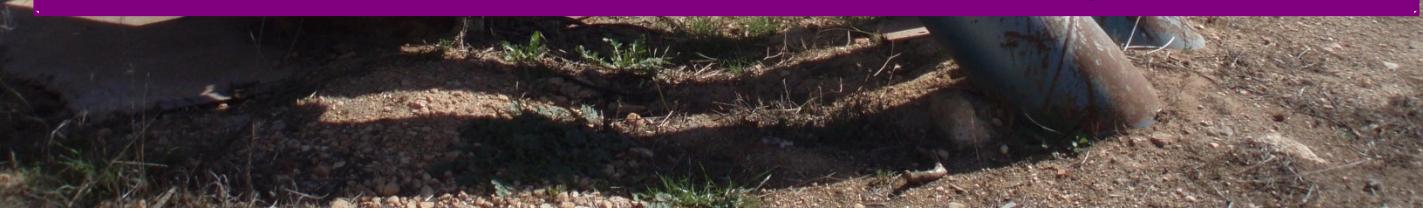
Evaluar la gestión del agua y de la energía en Entidades de Riego en Común, situadas en Castilla – La Mancha, a través de diversas herramientas de ayuda a la toma de decisiones

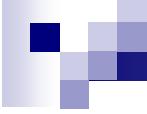


Iniciar un proceso de “Benchmarking”, que permita ofrecer líneas de mejora para la gestión de recursos hídricos y energéticos

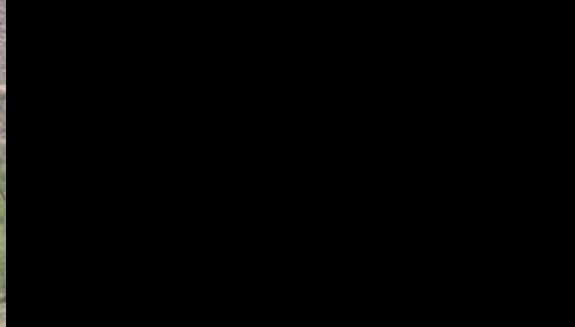


Propuesta de nuevos indicadores que complementen a los desarrollados por el IPTRID, así como elaboración de las correspondientes herramientas para su cálculo y su transferencia a los regantes





Índice

- 
1. Introducción
 2. Objetivos
 3. Material y métodos
 4. Resultados y discusión
 5. Conclusiones
- 

Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico



S.A.T



**Sisante
Casas de Guijarro**

“La Pinada” (LP)
“La Chocilla” (LC)

**Aguas Nuevas
Bonete
Motilleja
Tarazona de La Mancha
Ontur**

“Llano Verde” (LV)
“Santa Cecilia” (SC)
“Motilleja II” (MO)
“SORETA” (SOR)
“Ontur” (ON)

SAT “Llano Verde”

Sector de estudio

Captación

Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

Sistema de riego en parcela

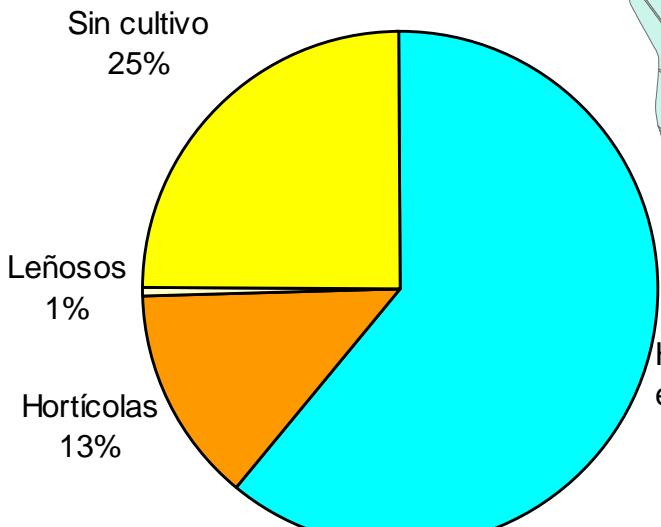
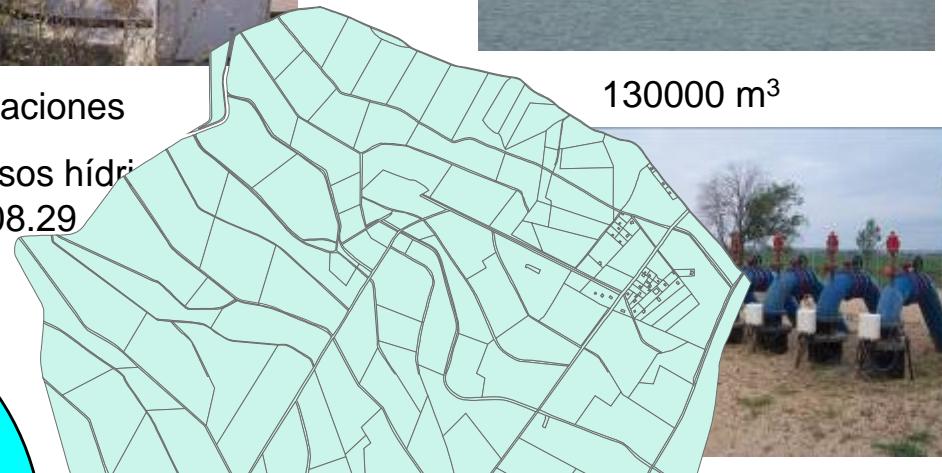
Distribución de cultivos



4 captaciones

130000 m³

Recursos hídricos
U.H. 08.29



99 % Aspersión

1 % Localizado

Turnos



SAT “Santa Cecilia”

Sector de estudio

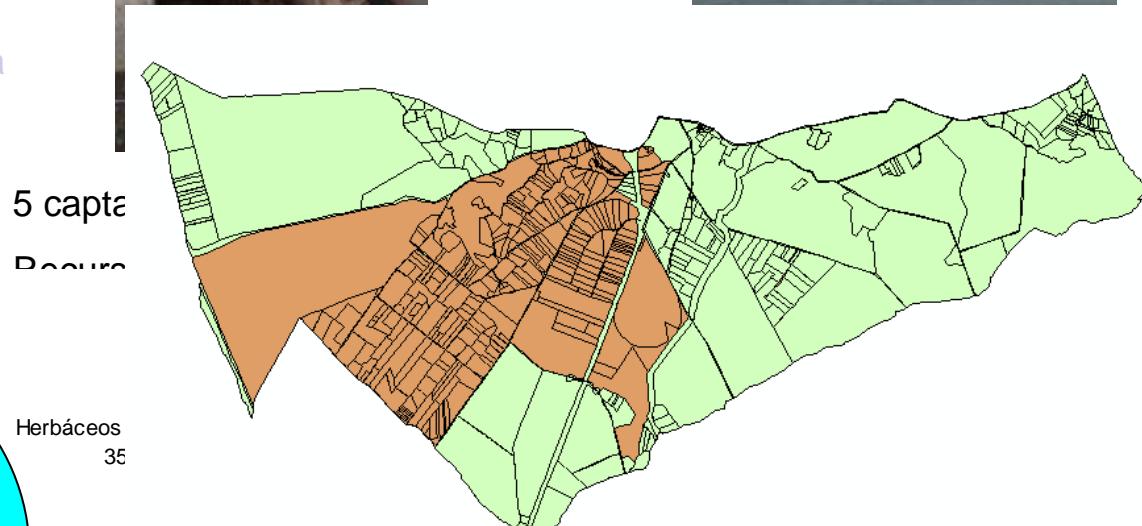
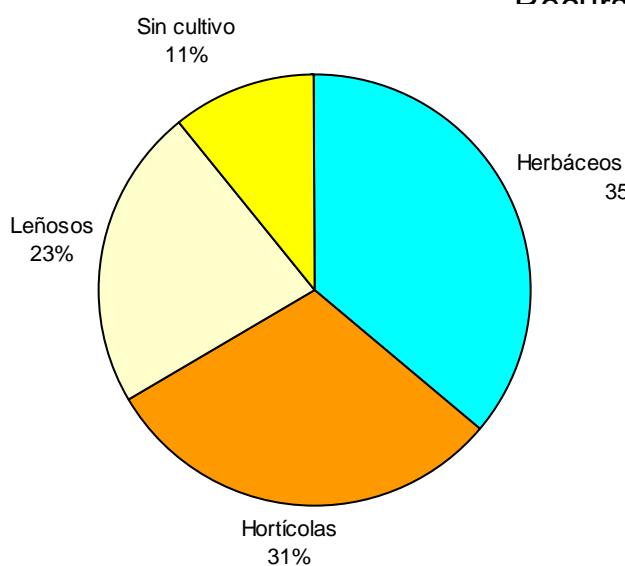
Captación

Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

Sistema de riego en parcela

Distribución de cultivos



o bombas horizontales 100 CV
Regulación manométrica



SAT “Motilleja II”

Sector de estudio

Captación

Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

Sistema de riego en parcela

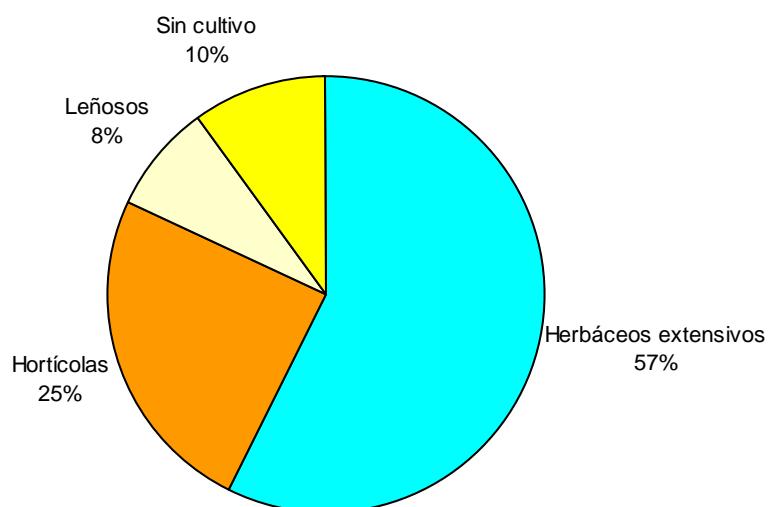
Distribución de cultivos



6 embalses

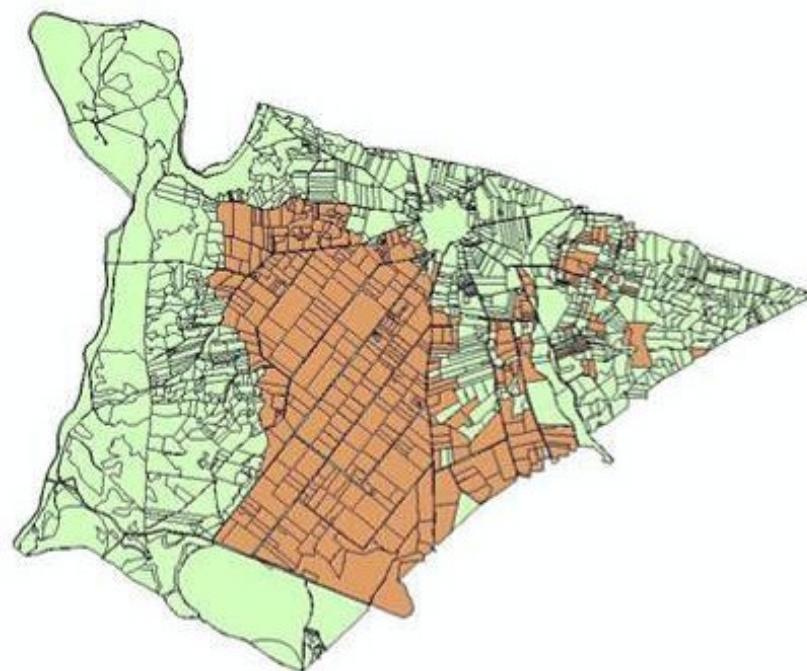
5000 m³

6000 m³



6 captaciones

Recursos hídrico



92,2 % aspersión

7,8 % Localizado

Turnos



SECTOR SAT “Ontur”

Sector de estudio



Captación

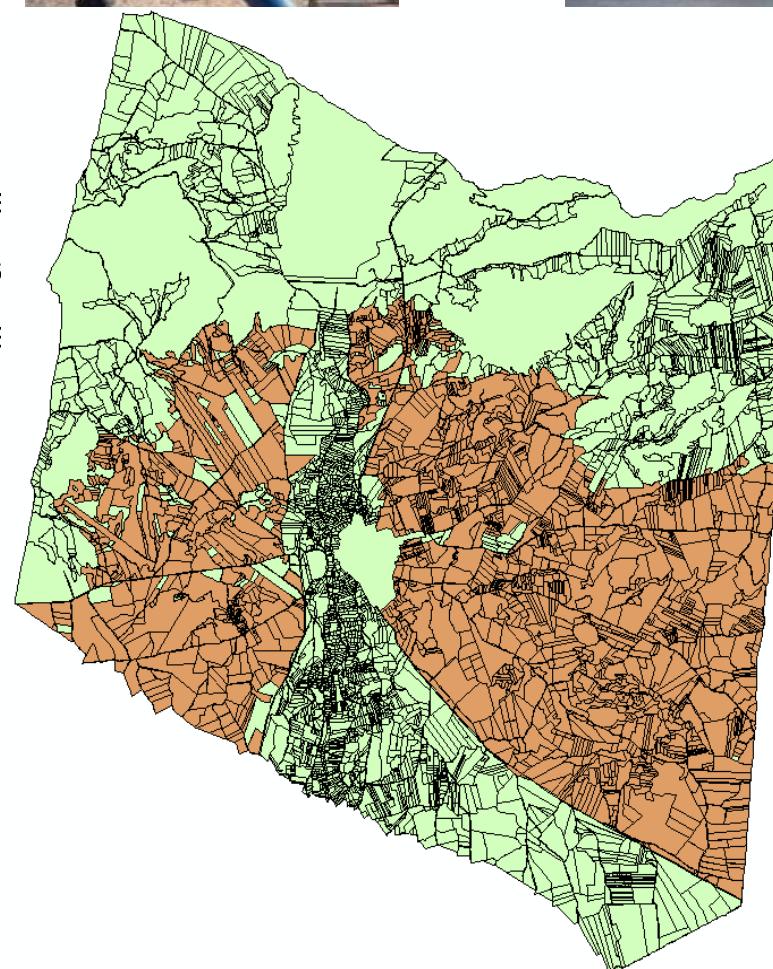
Embalse almacenamiento

Cabezal de filtrado

Sistema de riego en parcela

Distribución de cultivos

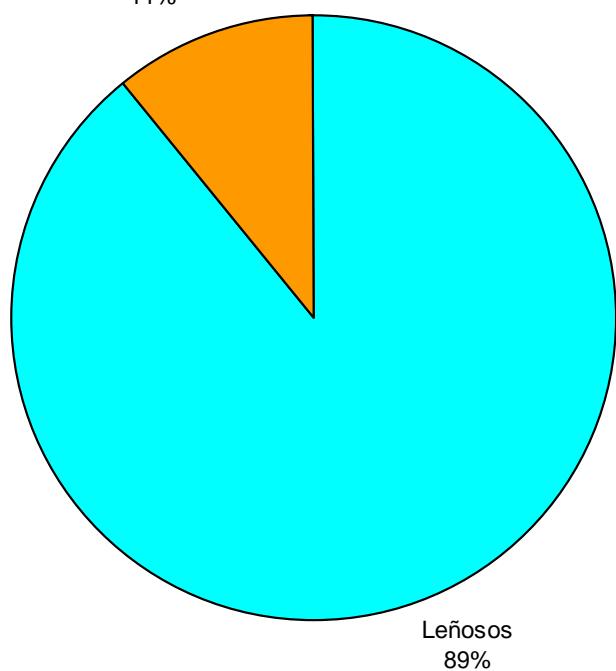
1 captación
Recursos
Cuenca



m³



Sin cultivo
11%



SECTOR SAT “La Pinada”

Sector de estudio

Captación

Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

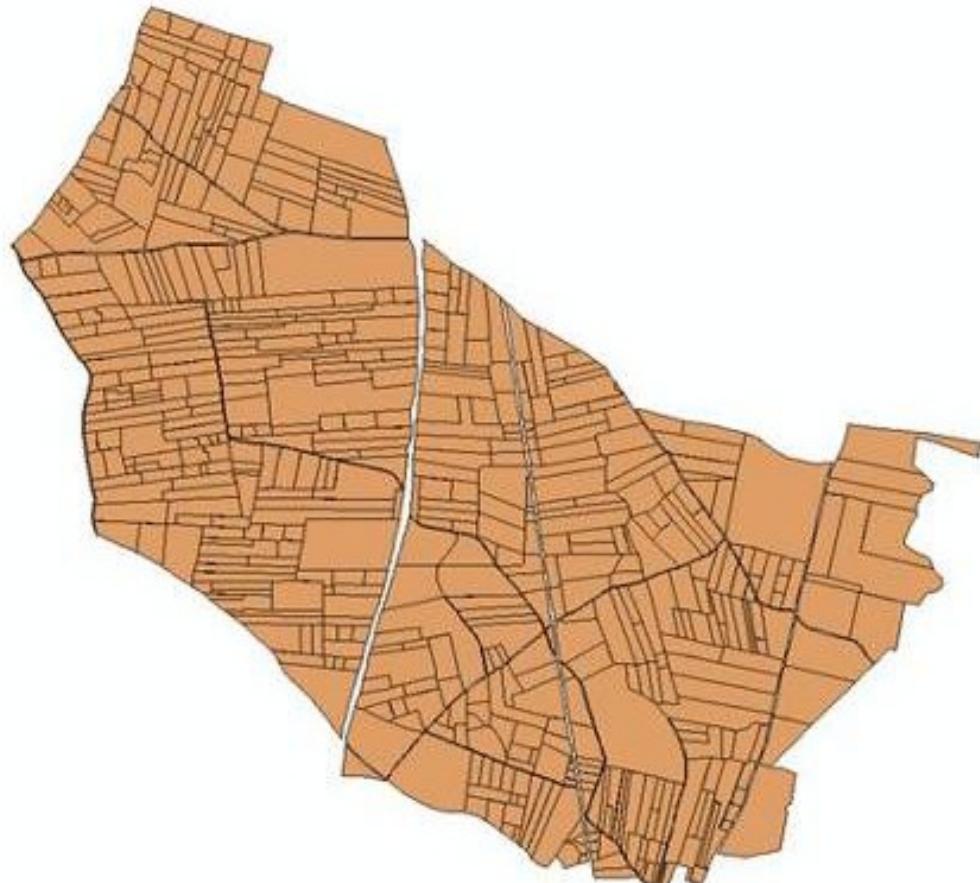
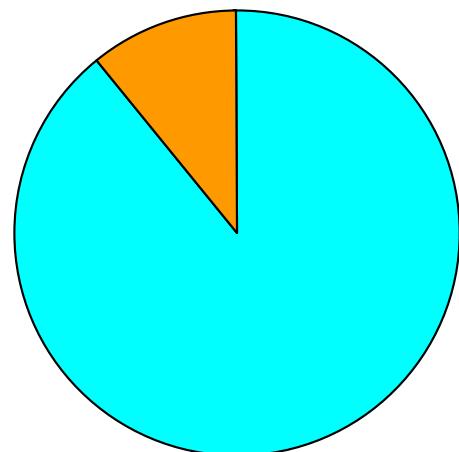
Cabezal de filtrado

Sistema de riego en parcela

Distribución de cultivos

Sin cultivo

11%



CV



SAT “La Chocilla”

Sector de estudio

Captación

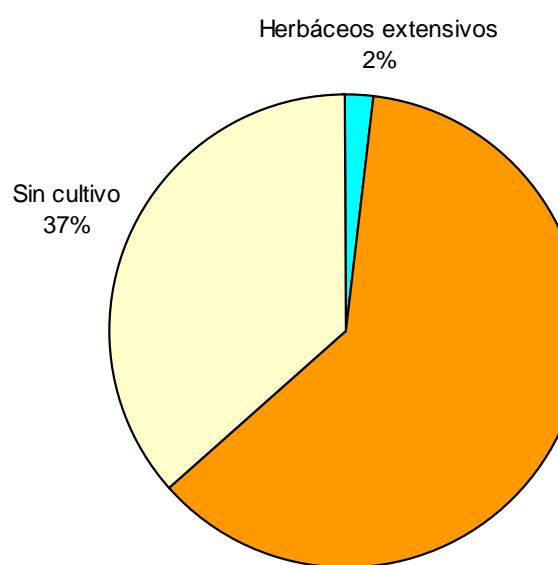
Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

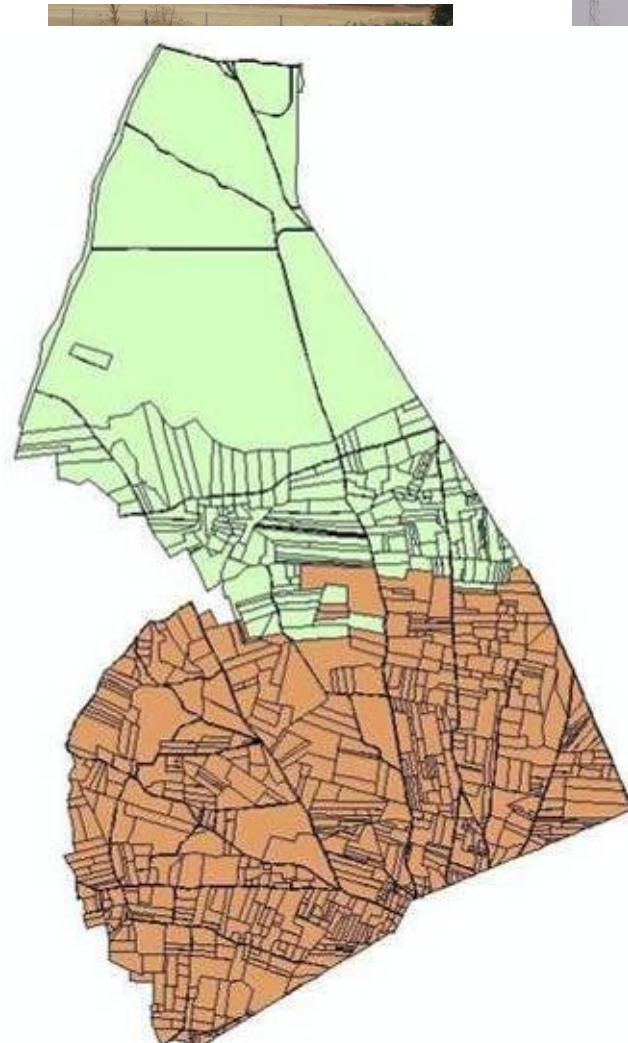
Cabezal de filtrado

Sistema de riego en parcela

Distribución de cultivos



1
R
L



20000 m³



ombas sumergidas 63 CV

gulación manométrica



SAT “SORETA”

Sector de estudio

Captación

Embalse almacenamiento

Estación de bombeo

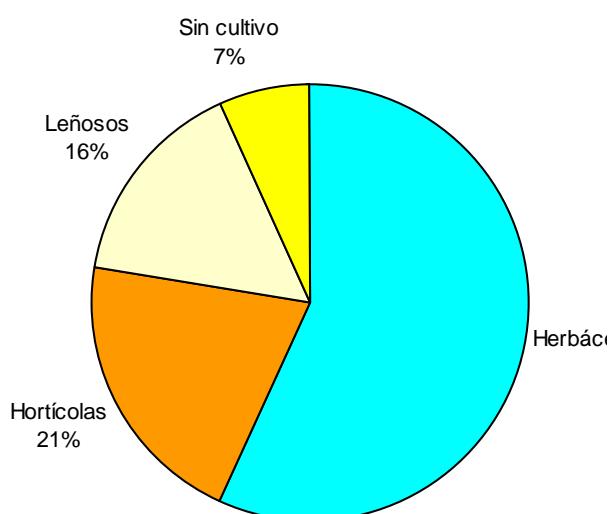
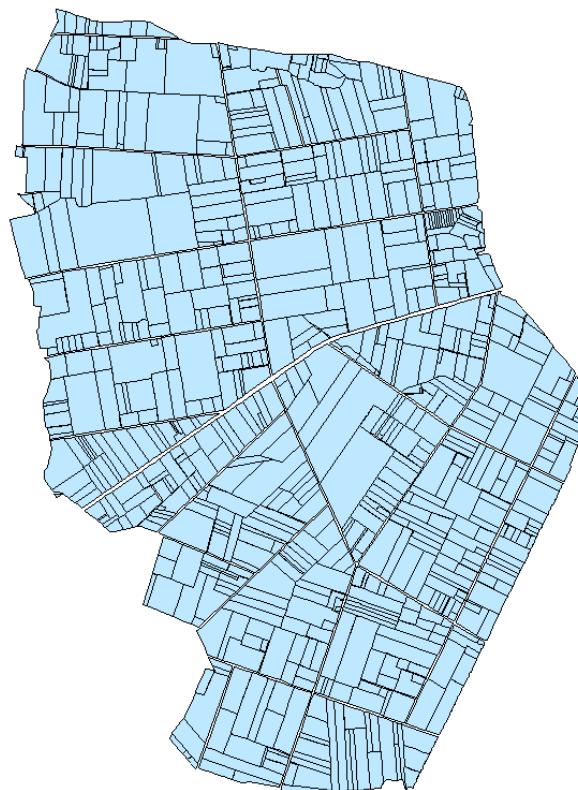
Sistema de riego en parcela

Distribución de cultivos



5 capt:

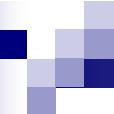
Recurs:



140 CV

:a

	“Llano Verde”	“Santa Cecilia”	“Motilleja II”	“Ontur”	“La Pinada”	‘La Chocilla’	“SORETA”
	863	491	764	1671	170	267	550
	08.29		08.29		08.29	08.29	08.29
	4	5	6	1	1	1	5
	130000	116000	5 de 5000 1 de 6000	60000	20000	20000	23000
	11	6	3 (6 sectores) 2 (1 sector)		3	3	10
	Demanda		Demanda	Demanda	Demanda	Demanda	
	Aspersión Localizado	Aspersión Localizado	Aspersión Localizado				Aspersión Localizado
	Herbáceos extensivos (61 %)	Herbáceos extensivos (36 %)	Herbáceos extensivos (57 %)				Herbáceos extensivos (57 %)
	Hortícolas (13 %)	Hortícolas (31 %)	Hortícolas (25 %)				Hortícolas (21 %)
	Leñosos (23 %)						Leñosos (16 %)



Material y métodos

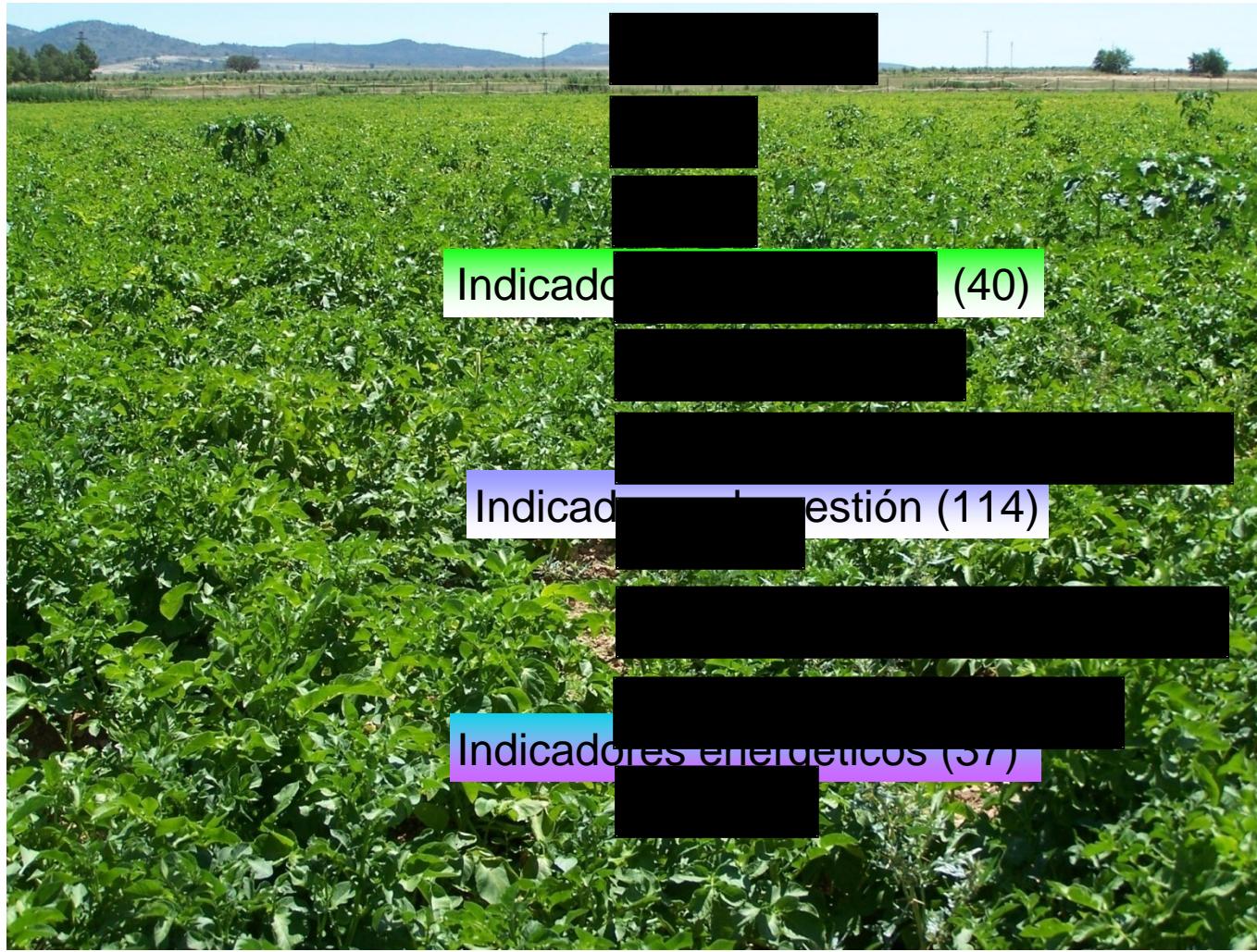
Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico



Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

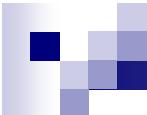
Tratamiento estadístico

Indicadores descriptores (40)

Indicadores de gestión (114)

Indicadores energéticos (37)





Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico

Indicadores descriptores (40)

Indicadores de gestión (114)

Indicadores energéticos (37)



Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico



Proyectos y gestores

Seguimiento “in situ”

INDICADORES DE GESTIÓN



Gestores

Agricultores

INDICADORES ENERGÉTICOS



Gestores

Seguimiento

Datos medidos



Calidad agua

Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico

INDICADORES ENERGÉTICOS

Datos medidos

Hidráulicos

Eléctricos

Topográficos



Panametrics PT 868 (Panametrics, Waltham, MA, USA)

Druck PTX 1400 (Druck, Leicester, UK)



Seba Hydrometrie (Kaufbeuren, Germany)

Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico

INDICADORES ENERGÉTICOS

Datos medidos

Hidráulicos

Eléctricos

Topográficos



QNA - 412 (Circutor, Barcelona, España)



AR5 (Circutor, Barcelona, España)



Leyca SR530 (Leyca Geosystems, Heerburgg, Suiza)

Material y métodos

Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico



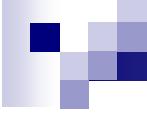
INGES
Cálculo de Indicadores de Gestión
Versión 1.0.32



Actualización automática de archivos .dbf



ASIG
Versión 1.0.0



APLICACIONES DESARROLLADAS

■ INGES

- MANEJO INDICADORES DE GESTIÓN
- ORGANIZACIÓN Y CALCULO INDICADORES
 - IPTRI D E INDICADORES ENERGÉTICOS
- VISIÓN GLOBAL

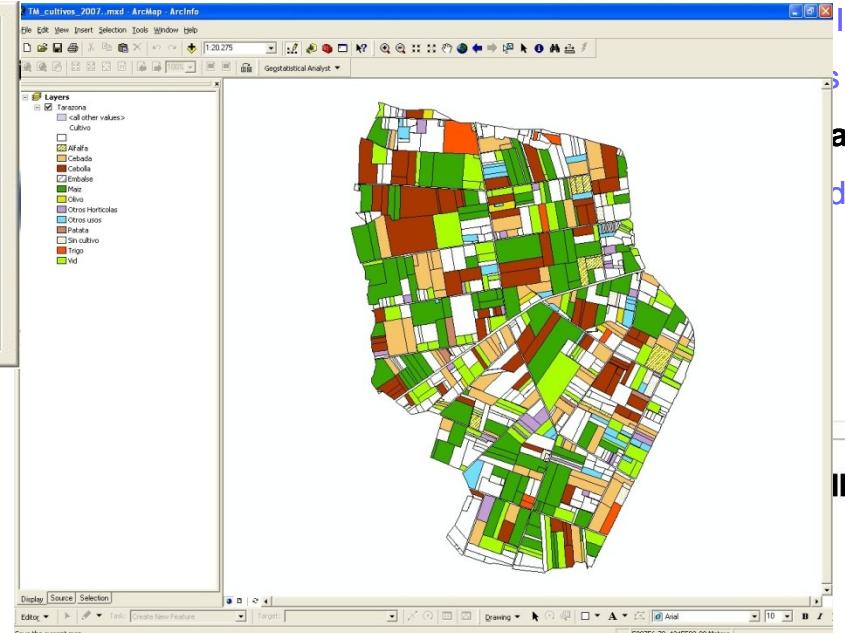
■ ASIG

- IMPLEMENTACIÓN Y ACTUALIZACIÓN SIG
- VISUALIZACIÓN A NIVEL PARCELARIO
- GENERACIÓN DE BASES DE DATOS ACTUALIZADAS

■ MODELO DE ANÁLISIS DE ESTACIONES DE BOMBEO

Material y métodos

Zonas de estudio

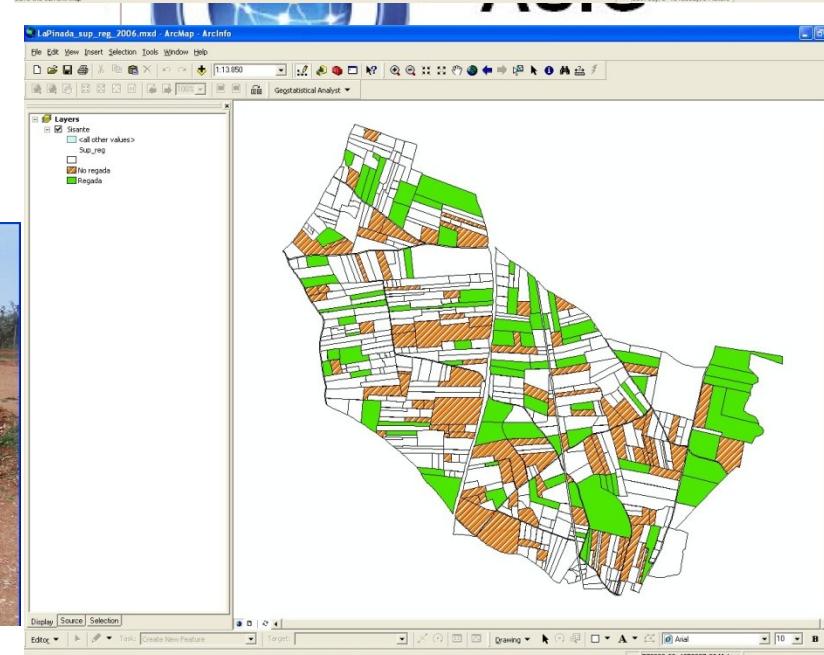


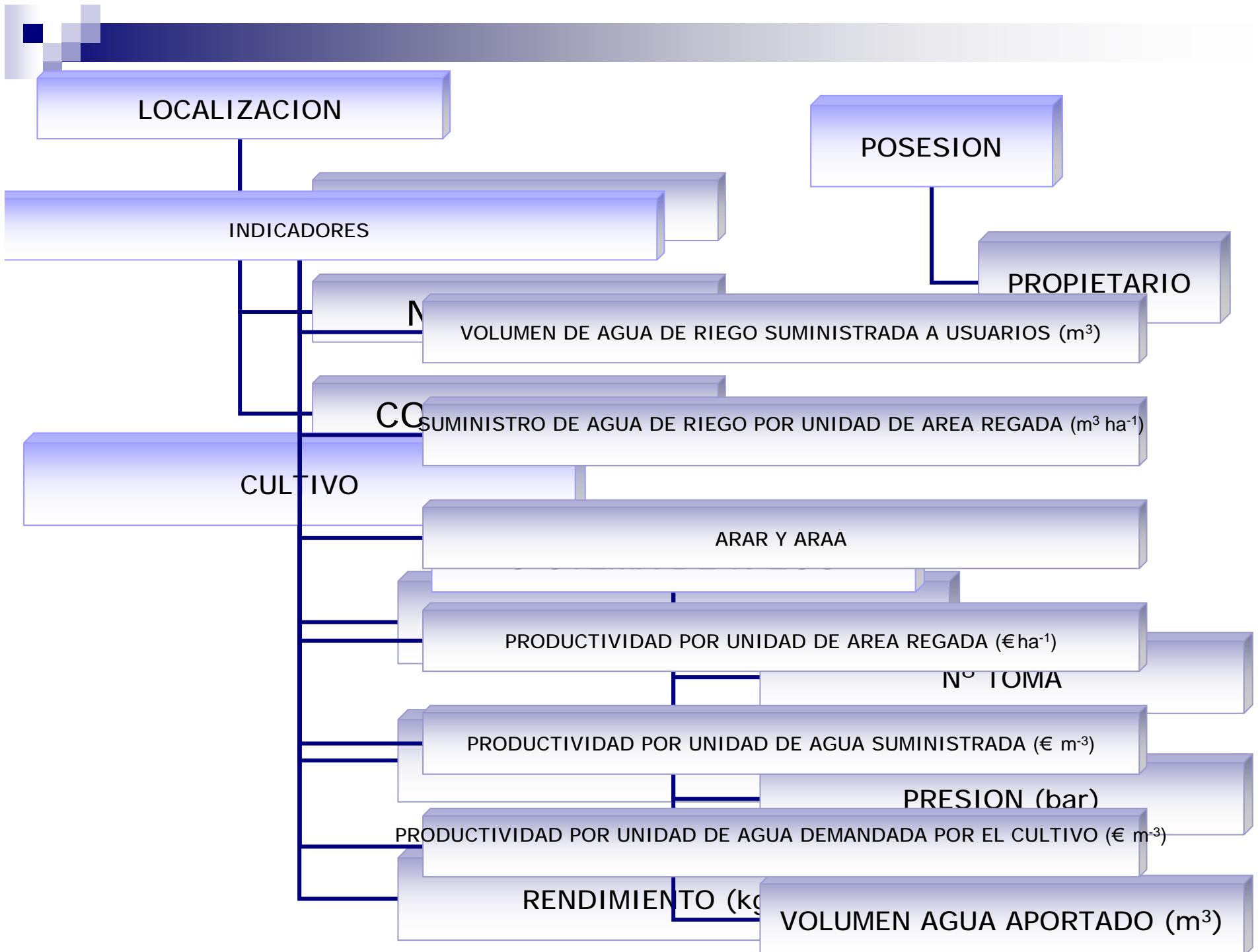
Indicadores
S
ación
dístico

Ibf

1 Selecciona el origen de los datos (Fichero Excel):
C:\Disco_E\Tesis\Zonas Regables\2006\Bonete\Parcelas_SIG\Bonete_SIG_correcto\Plantilla_completa.xls

Coord x	Coord y	Área	Cultivo	Sist. Riego	Sup. Reg.	RIS	RWS	Prod. total	Rend	Precio	Valor_tot...
641767.05	4308168.	101750	Maiz	Pivot	Regada	0	0	0	0	0	0
640694.54	4307190.6	59515	Vid	Goteo	No regada	0	0	0	0	0	0
641225.28	4306938.	78500	Maiz	Pivot	Regada	0	0	0	0	0	0
640988.52	4306559.	40000	Sin cultivo	Pivot	Regada	0	0	0	0	0	0
640474.57	4306672.	49430	Brocoli	CTE	Regada	0	0	0	0	0	0
641047.56	4306749.6	6600	Vid	Sin instal.	Regada	0	0	0	0	0	0
641078.87	4306732.	4915	Sin cultivo	Sin instal.	Regada	0	0	0	0	0	0
641095.25	4306839.	8404	Vid	Goteo	Regada	0	0	0	0	0	0
641235.29	4306933.2	6300	Vid	Sin instal.	No regada	0	0	0	0	0	0
641345.75	4306549.	6500	Vid	Goteo	Regada	0	0	0	0	0	0
641213.05	4306930.	75500	Maiz	CTE	Regada	0	0	0	0	0	0
641278.65	4307004.	25500	Sin cultivo	Sin instal.	No regada	0	0	0	0	0	0
641491.44	4307299.	105248	Tomate	CTE	Regada	0	0	0	0	0	0
641388.78	4307058.	30784	Maiz	CTE	Regada	0	0	0	0	0	0
641058.56	4306938.	1558	Vid	Goteo	Regada	0	0	0	0	0	0
641931.67	4307032.	13000	Vid	Goteo	Regada	0	0	0	0	0	0
641989.22	4306943.	13090	Sin cultivo	Sin instal.	No regada	0	0	0	0	0	0
641967.21	4306880.	1500	Otros ho...	Goteo	Regada	0	0	0	0	0	0
641771.95	4306947.	19500	Brocoli	CTE	Regada	0	0	0	0	0	0





Material y métodos

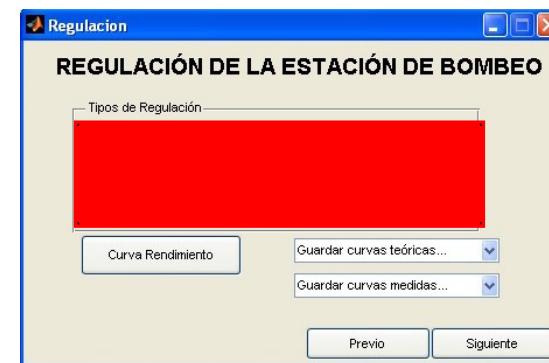
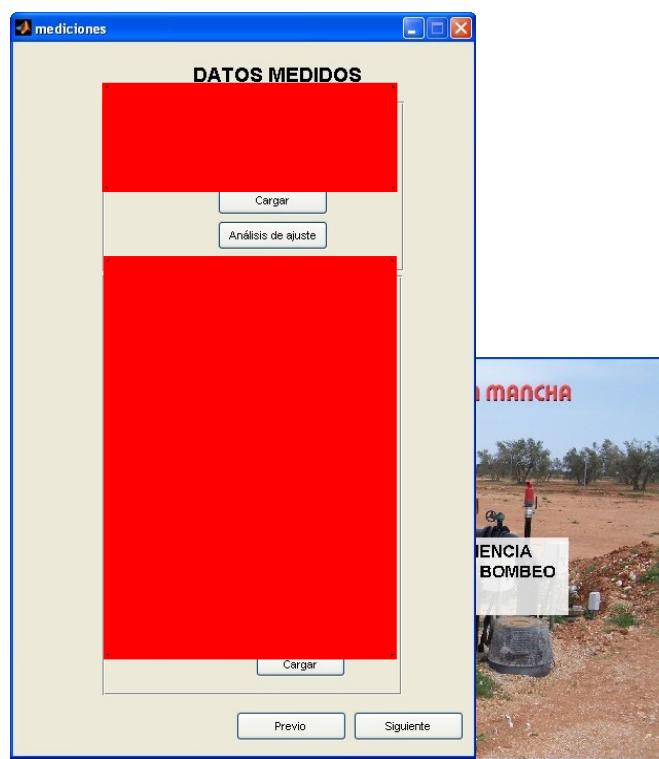
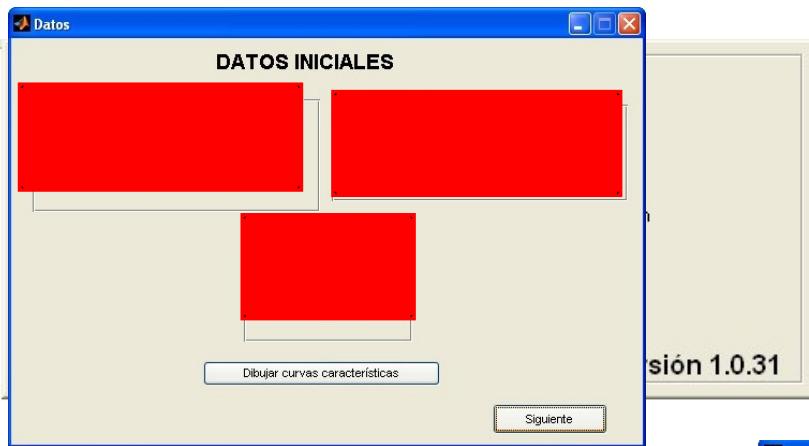
Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

Tratamiento estadístico



Material y métodos

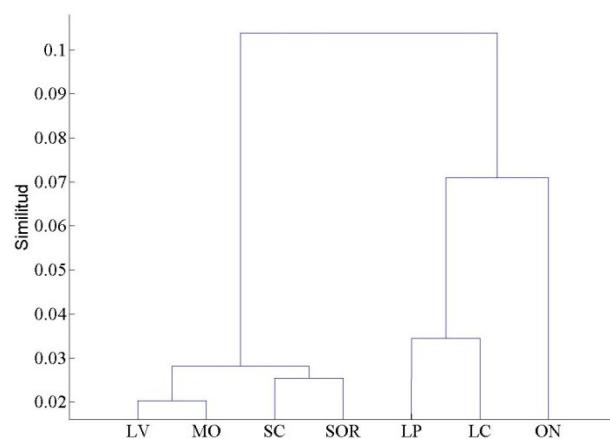
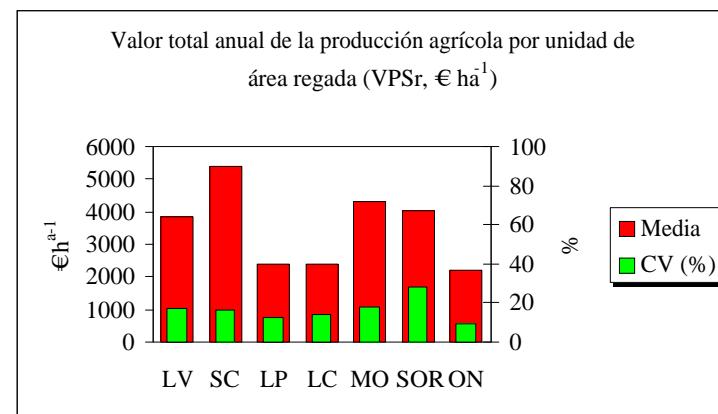
Zonas de estudio

“Benchmarking”. Indicadores

Adquisición datos

Gestión información

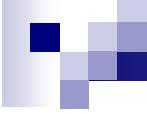
Tratamiento estadístico



Jerárquico aglomerativo,
por coeficientes de correlación
(distancia mínima entre
objetos)

Zonas regables

Indicadores de gestión
y energéticos



Índice



1. Introducción
2. Objetivos
3. Material y métodos
4. Resultados y discusión
5. Conclusiones

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

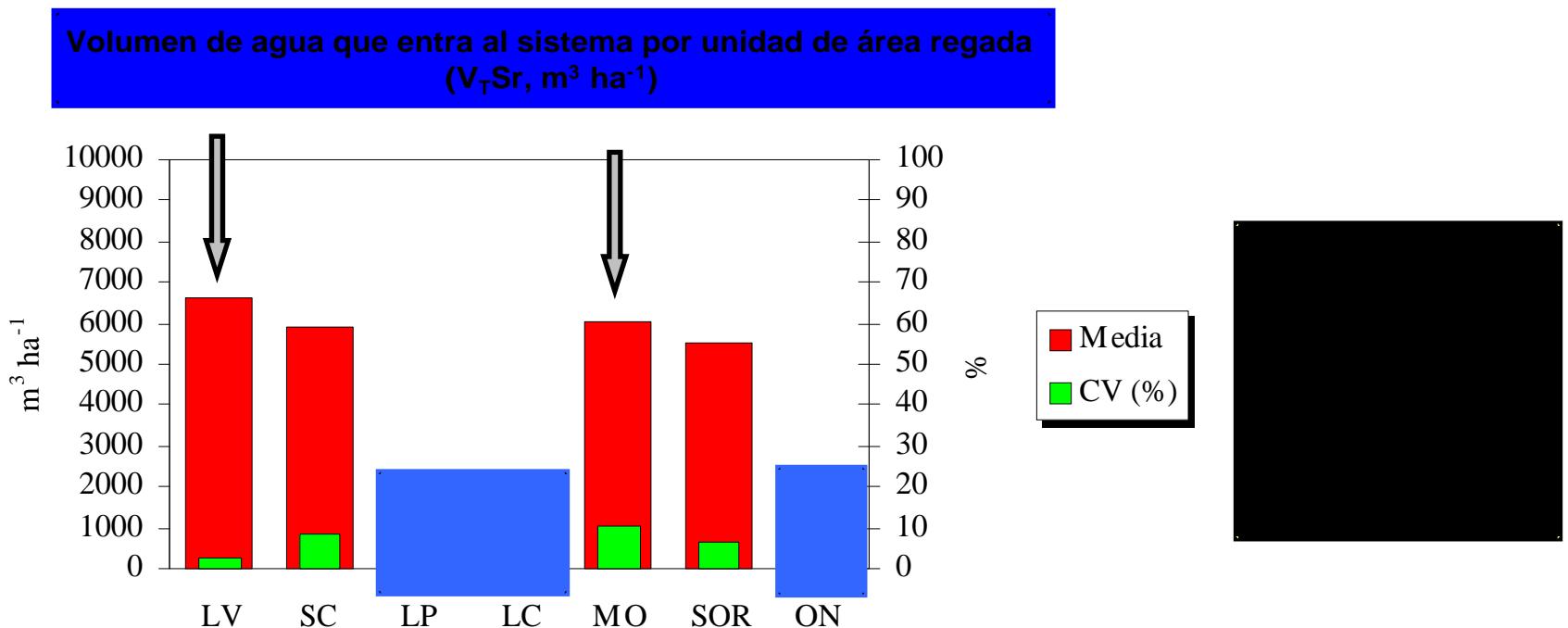
Propuesta de reducción de indicadores

Indicadores de gestión

Financieros

De eficiencia de la producción

Ambientales



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

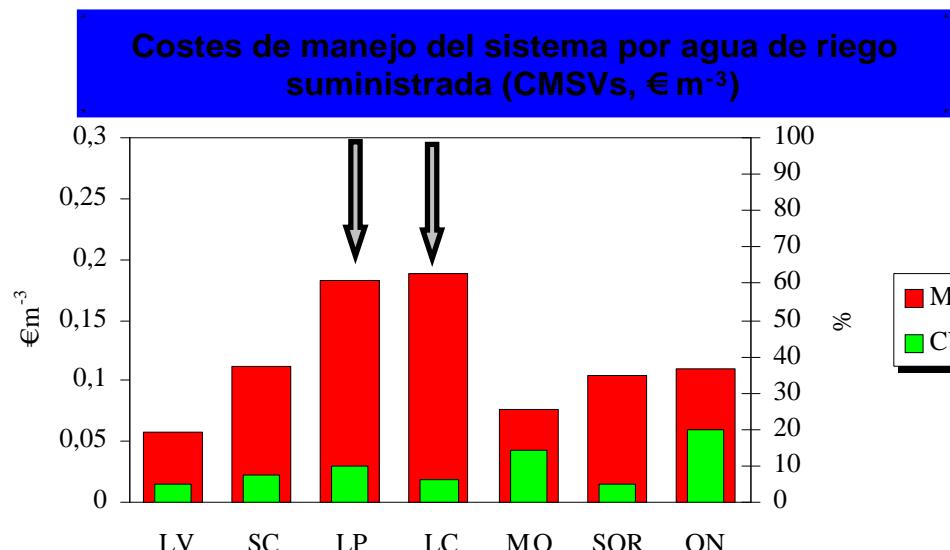
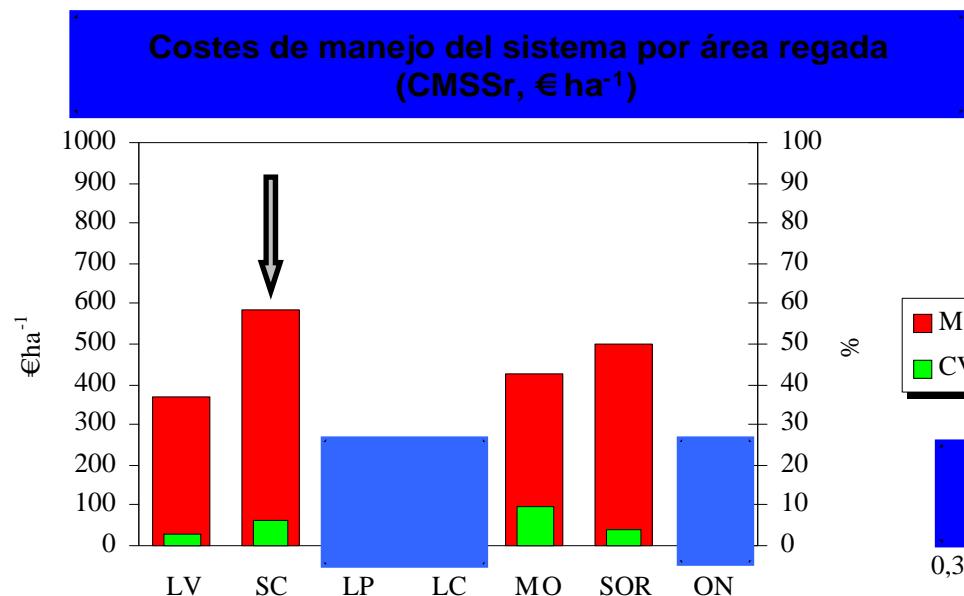
Propuesta de reducción de indicadores

Indicadores de gestión

De rendimiento

De eficiencia de la producción

Ambientales



Media
CV (%)

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

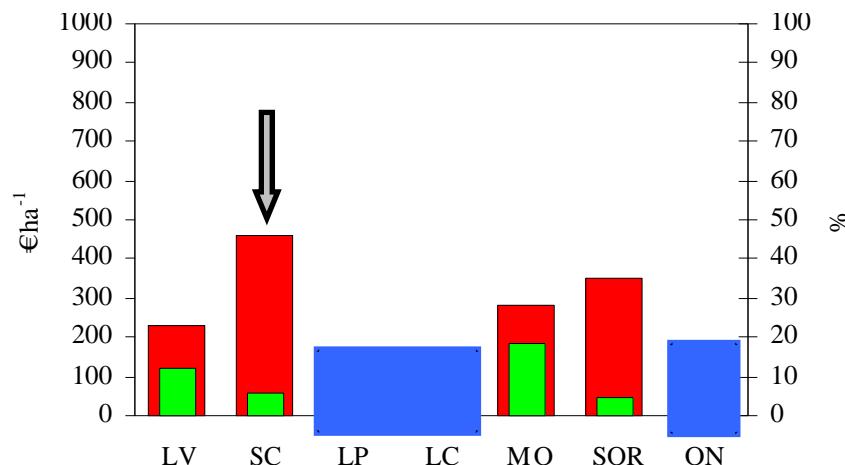
Indicadores de gestión

De rendimiento

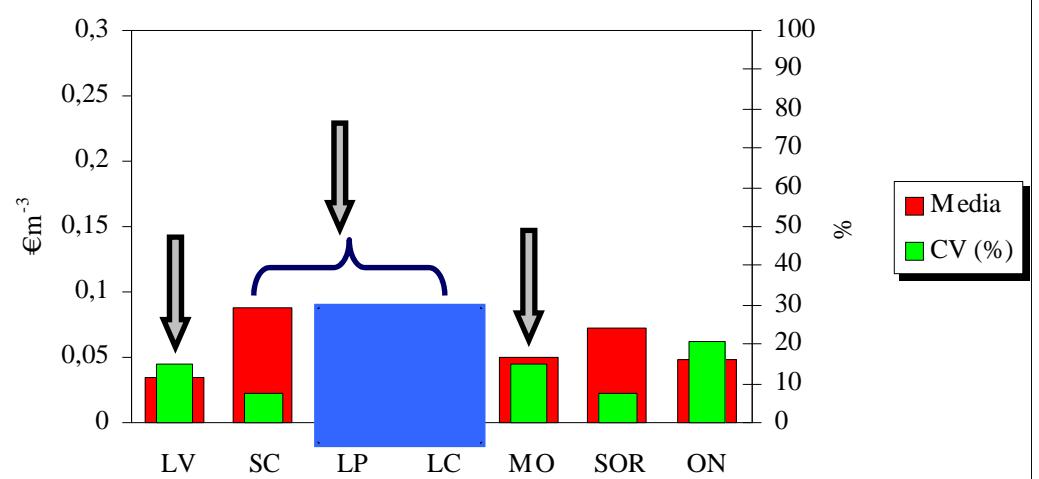
De eficiencia de la producción

Ambientales

Coste energético por unidad de área regada (CENSr, € ha⁻¹)



Coste energético por agua de riego suministrada (CENVs, € m⁻³)



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

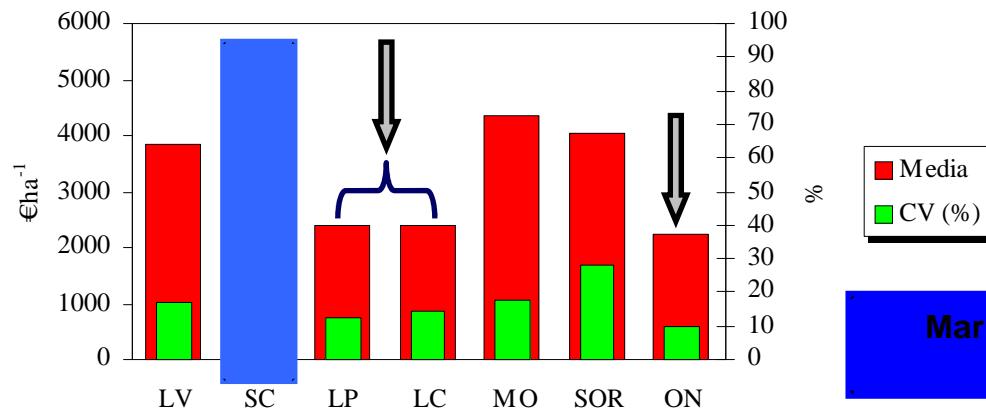
Indicadores de gestión

De rendimiento

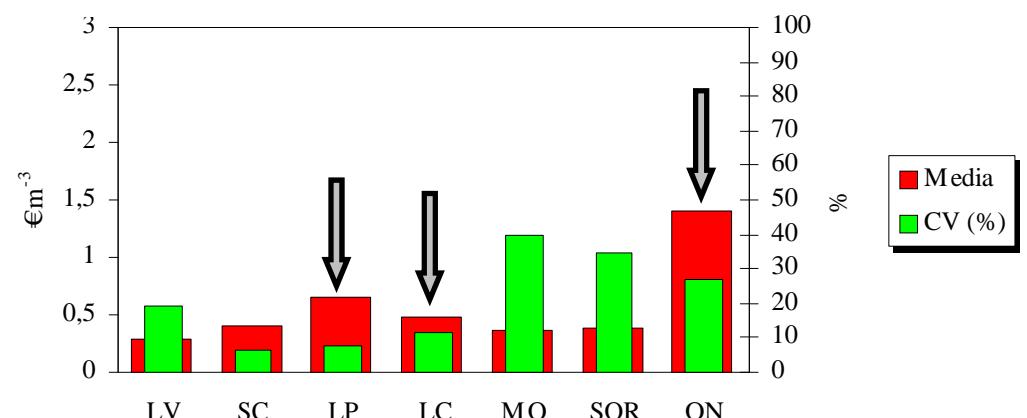
Financieros

Ambientales

Valor total de la producción agrícola por área regada
(VPSr, € ha⁻¹)



Margen bruto total de la producción agrícola por agua suministrada (MBVs, € m⁻³)



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Indicadores de gestión

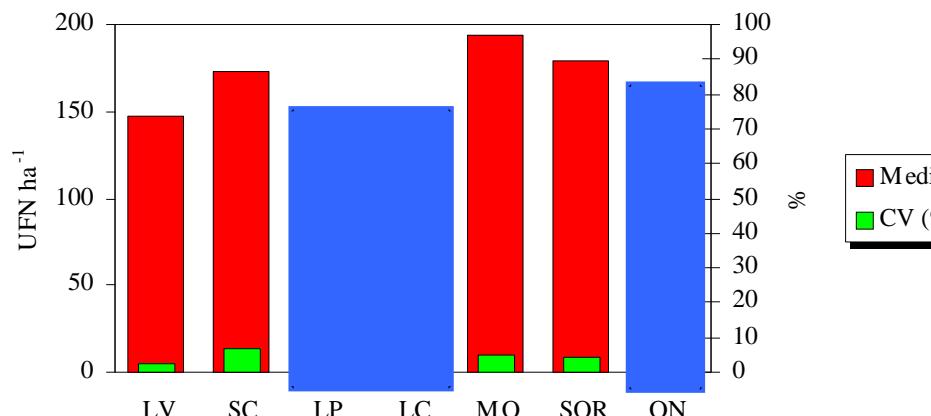
De rendimiento

Financieros

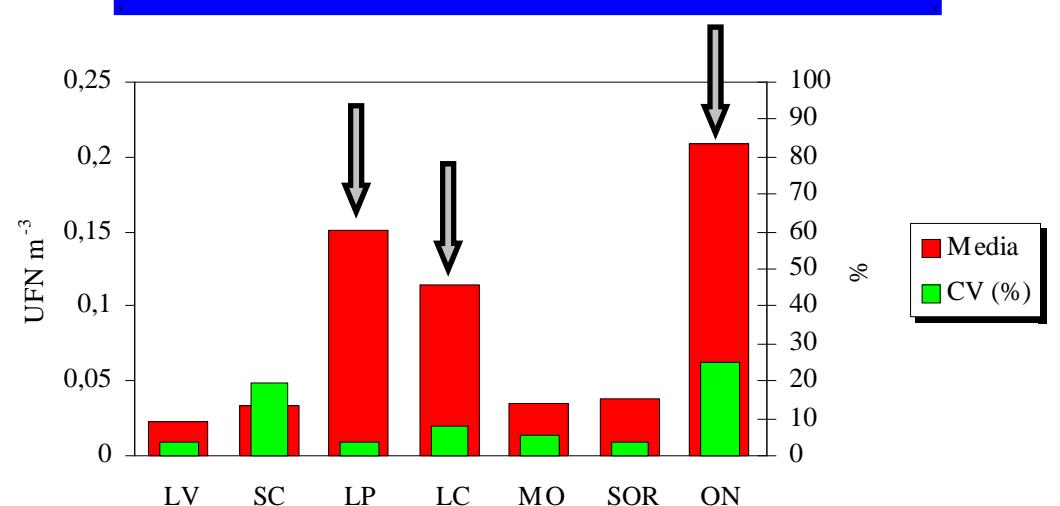
De eficiencia de la producción



**Unidad fertilizante de nitrógeno por área regada
(UFNSr, UFN ha⁻¹)**



Unidad fertilizante de nitrógeno por agua de riego suministrada (UFNVs, UFN m⁻³)



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

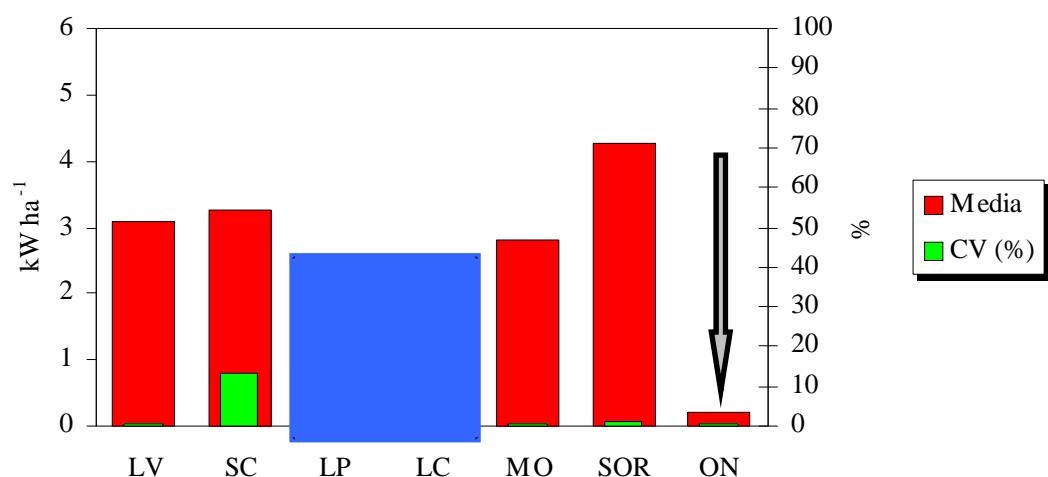
Indicadores energéticos

Descriptivos

De eficiencia

Calidad suministro

Potencia instalada medida por área regable (NtSa, € ha⁻¹)



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

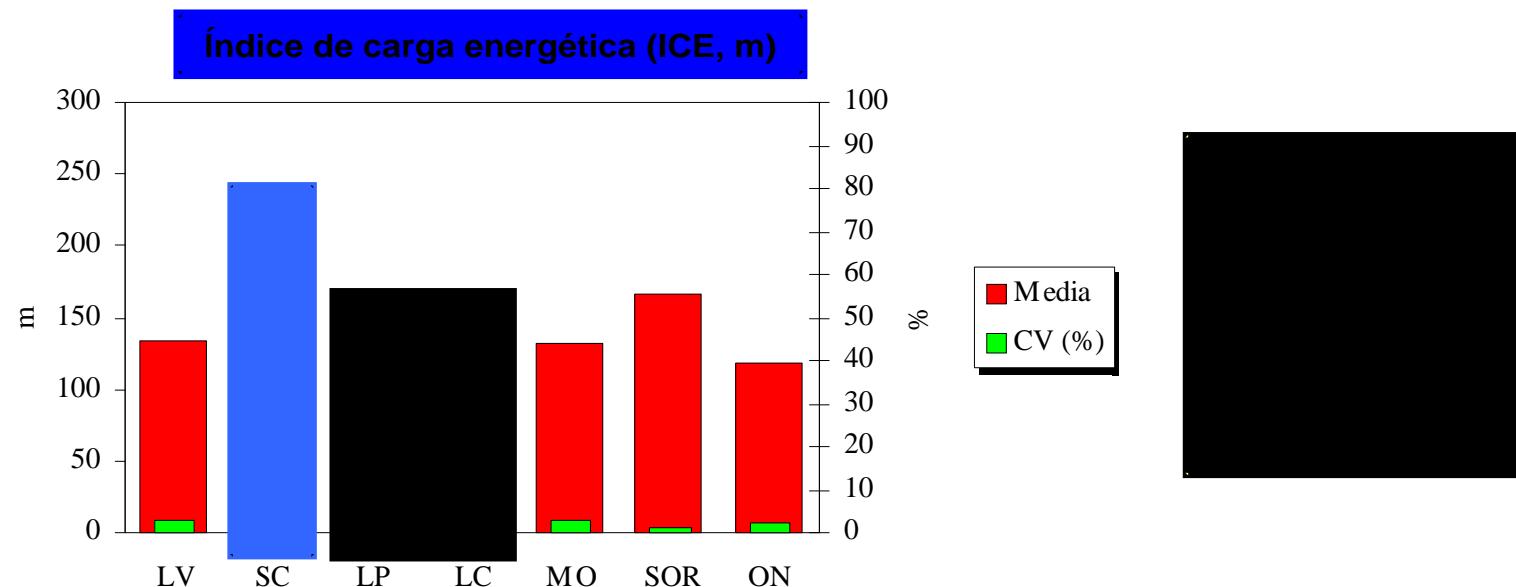
Propuesta de reducción de indicadores

Indicadores energéticos

Descriptivos

De eficiencia

Calidad suministro



Resultados y discusión

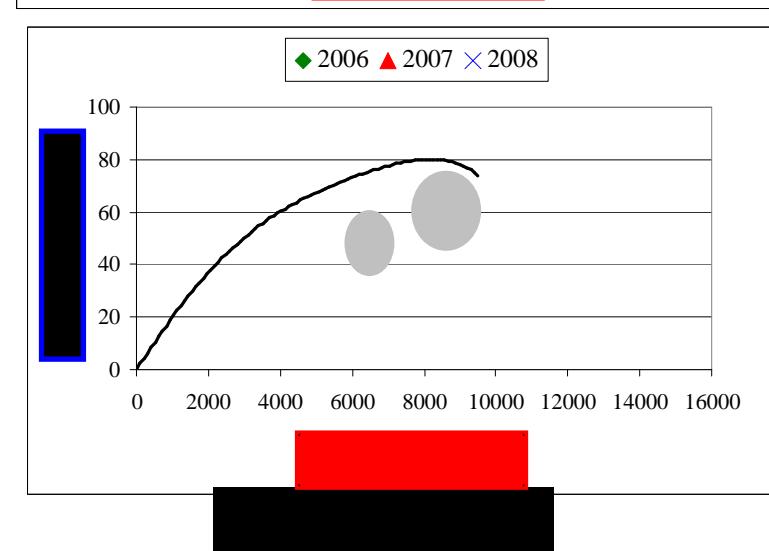
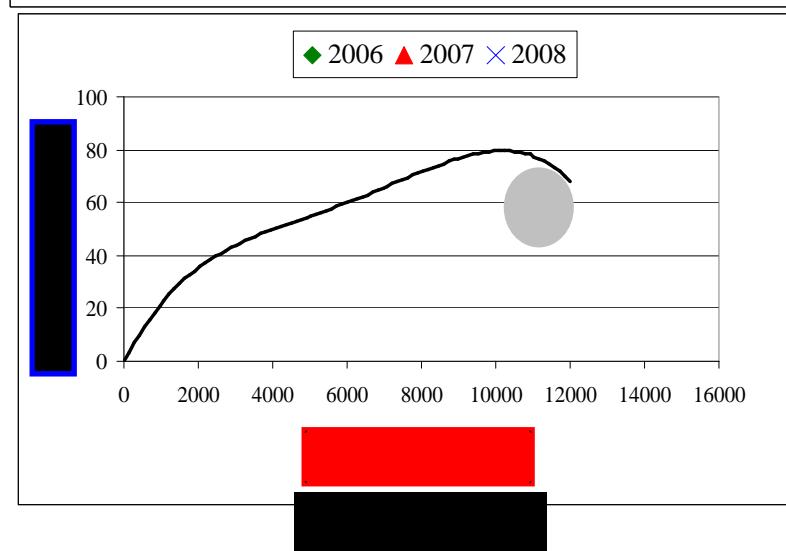
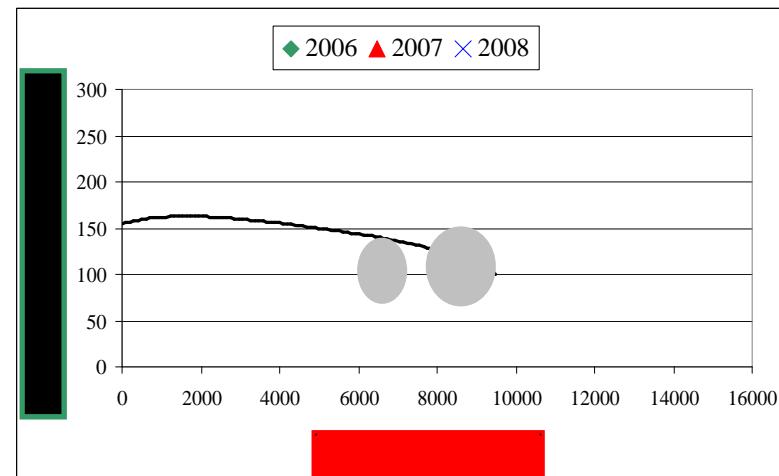
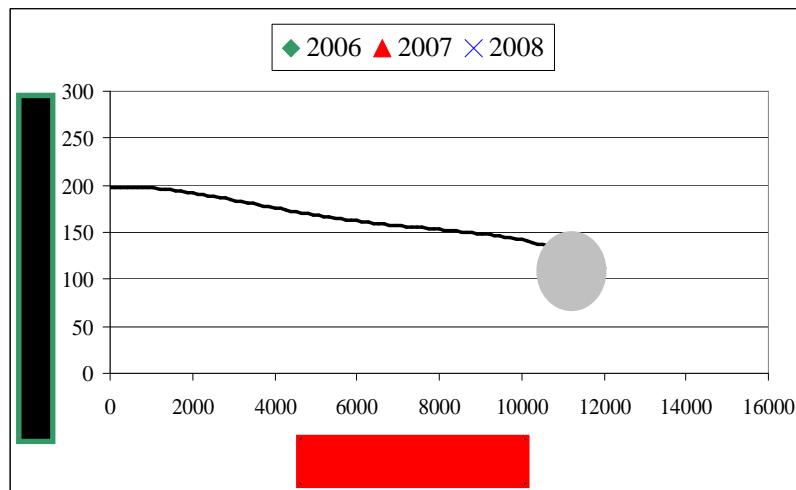
Indicadores energéticos

Descriptivos

De funcionamiento

Calidad suministro

Resultados previos



Indicadores energéticos

Descriptivos

De funcionamiento

Calidad suministro

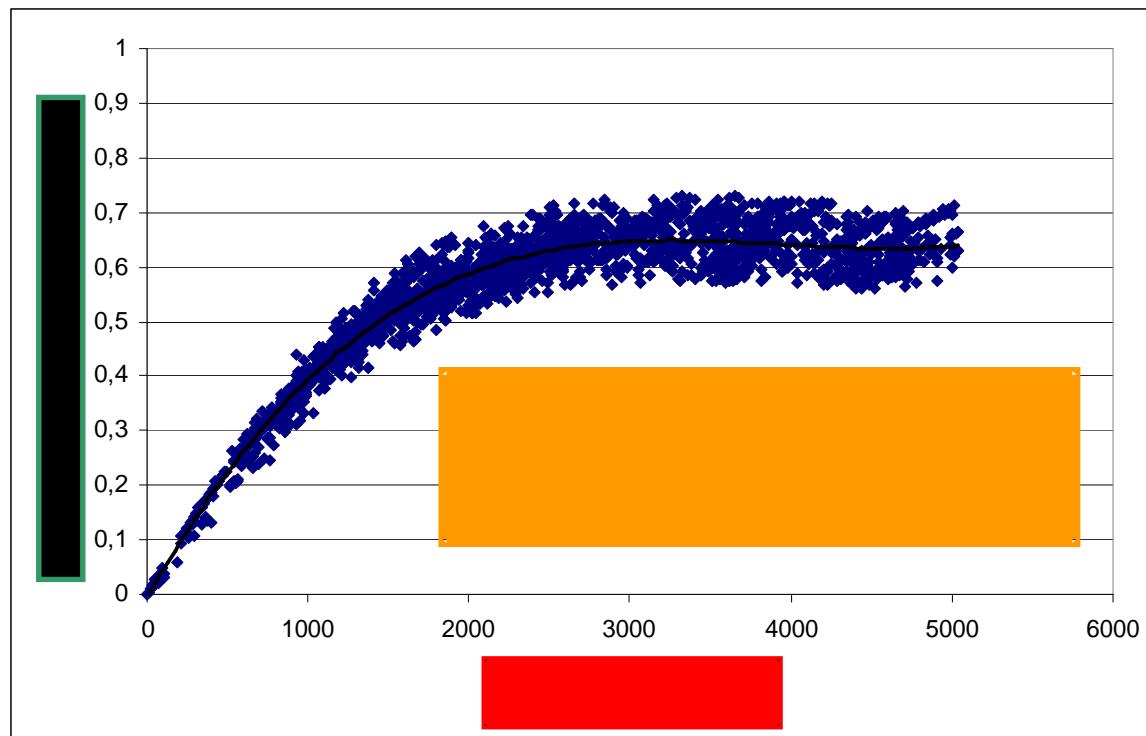
Resultados previos

Medidas en sondeos

Presión media estaciones de bombeo

Rendimiento medio estación bombeo

Planimetría y Altimetría



Indicadores energéticos

Descriptivos

De funcionamiento

Calidad suministro

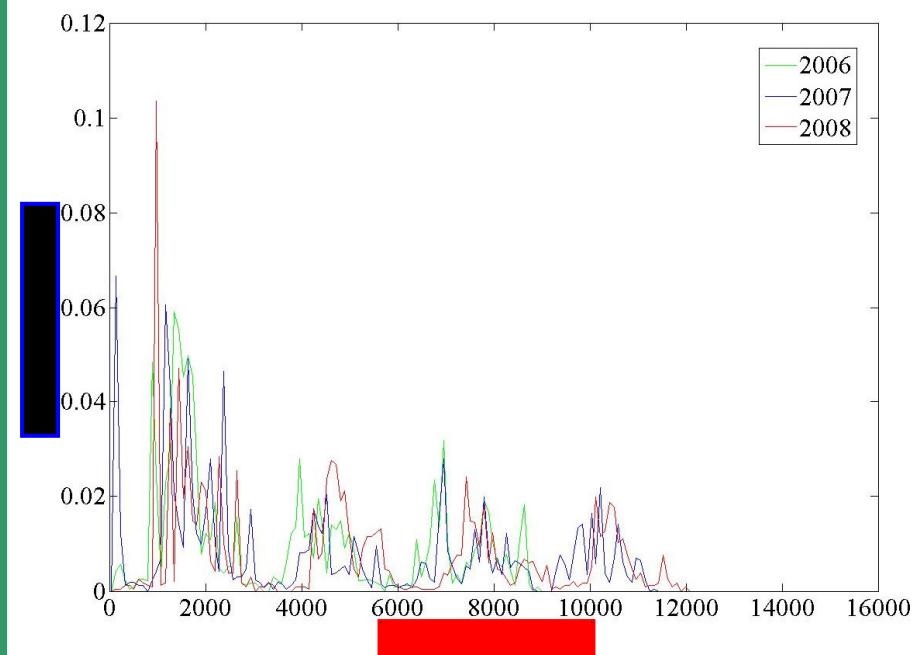
Resultados previos

Medidas en sondeos

Presión media estaciones de bombeo

Curvas bombas de velocidad variable

Planimetría y Altimetría



Indicadores energéticos

Descriptivos

De funcionamiento

Calidad suministro

Resultados previos

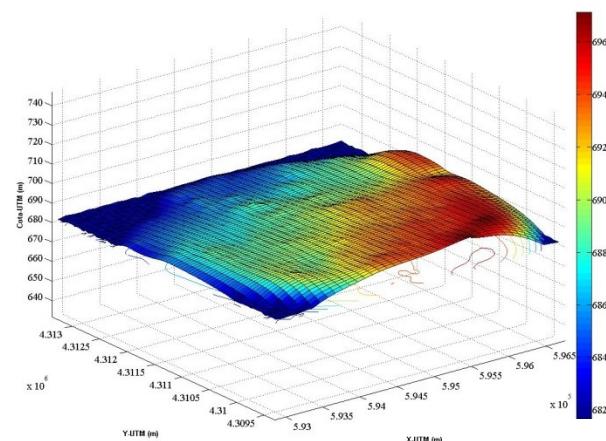
Medidas en sondeos

Presión media estaciones de bombeo

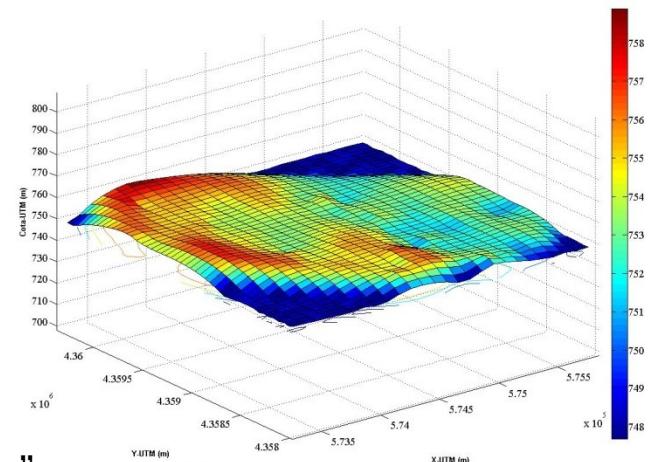
Curvas bombas de velocidad variable

Rendimiento medio estación bombeo

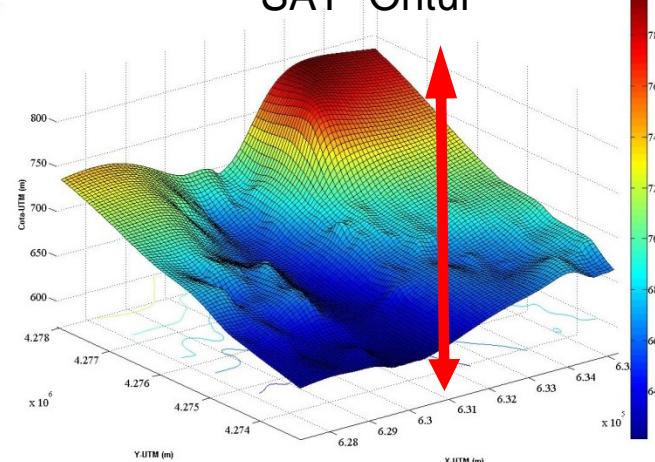
SAT “Llano Verde”



SAT “La Pinada”



SAT “Ontur”



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Indicadores energéticos

Descriptivos

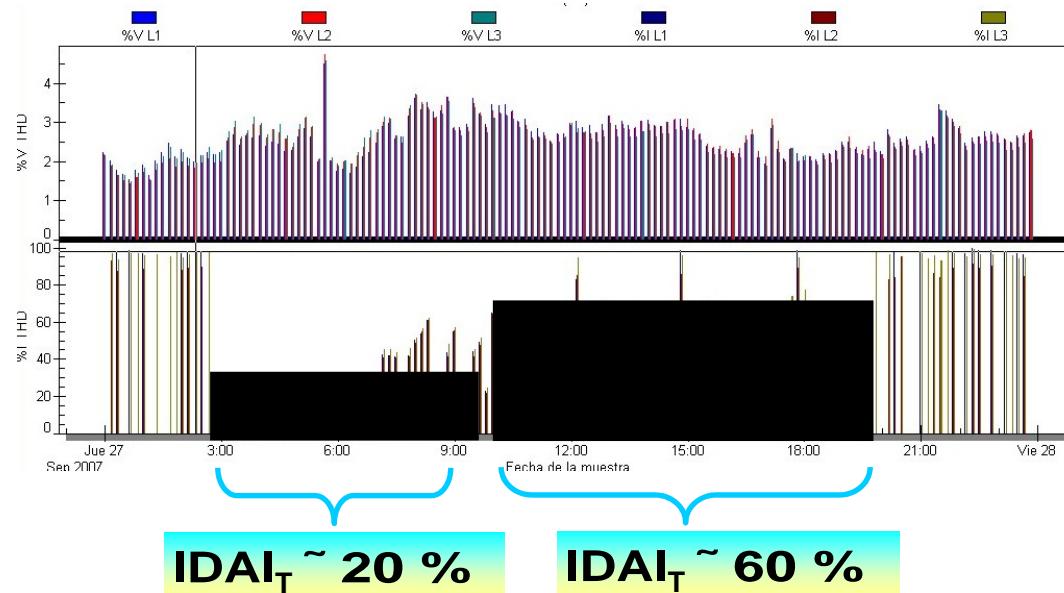
De funcionamiento

De eficiencia

Distorsión armónica

V

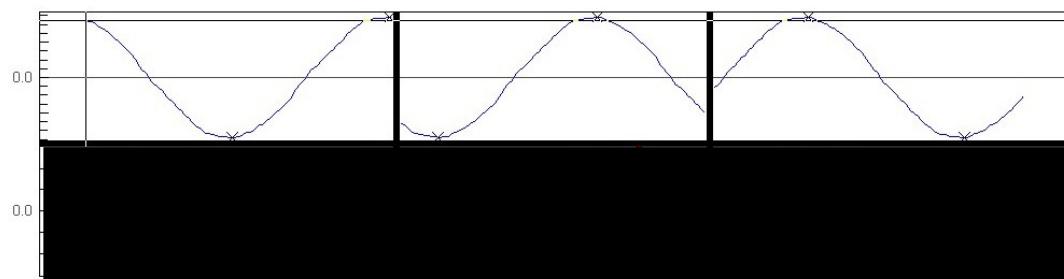
I



Forma de onda

V

I



In F1: 51.458 (A)
THD: 56.5 %
Máx: 133.309 (A)
Mín: -138.953 (A)

Act : 320.92 (V)

In F2: 47.666 (A)
THD: 56.2 %
Máx: 123.327 (A)
Mín: -108.254 (A)

Máx : 339.26 (V)

In F3: 50.651 (A)
THD: 57.6 %
Máx: 121.856 (A)
Mín: -126.883 (A)

Mín : -338.30 (V)

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Matriz de correlaciones

2006

2007

2008

	V _T Sa	V _T Sr	ED	ARAA	ARAR	RC	CMR	CMSSa	CMSSr
MBSr	0,901	0,892	0,363	-0,458	-0,480	0,527	0,013	0,868	0,792
MBV_T	-0,597	-0,664	0,149	0,194	-0,144	-0,015	0,492	-0,599	-0,707
MBVs	-0,664	-0,728	0,030	0,262	-0,051	-0,004	0,393	-0,640	-0,727
MBV_{TT}	-0,683	-0,746	0,031	0,265	-0,035	-0,024	0,366	-0,671	-0,758
MB_{ETc}	-0,863	-0,891	-0,263	0,579	0,339	0,030	0,070	-0,818	-0,808
MBNb	-0,868	-0,888	-0,307	0,614	0,388	0,072	0,005	-0,811	-0,786
MNSa	0,925	0,884	0,379	-0,538	-0,564	0,370	0,107	0,864	0,744
MNSr	0,896	0,885	0,364	-0,456	-0,485	0,525	0,024	0,862	0,782
MNV_T	-0,566	-0,634	0,176	0,174	-0,172	-0,006	0,518	-0,572	-0,686
MNVs	-0,631	-0,697	0,064	0,238	-0,087	0,006	0,428	-0,611	-0,706
MNV_{TT}	-0,648	-0,714	0,068	0,241	-0,074	-0,013	0,405	-0,641	-0,736
MN_{ETc}	-0,836	-0,869	-0,220	0,553	0,293	0,041	0,119	-0,796	-0,798
MNNb	-0,842	-0,868	-0,264	0,588	0,341	0,085	0,055	-0,790	-0,777

...96

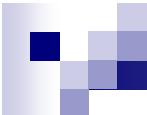
96 indicadores

96

| r | = 0,5-0,7

| r | = 0,7-0,85

| r | = 0,85



Resultados y discusión

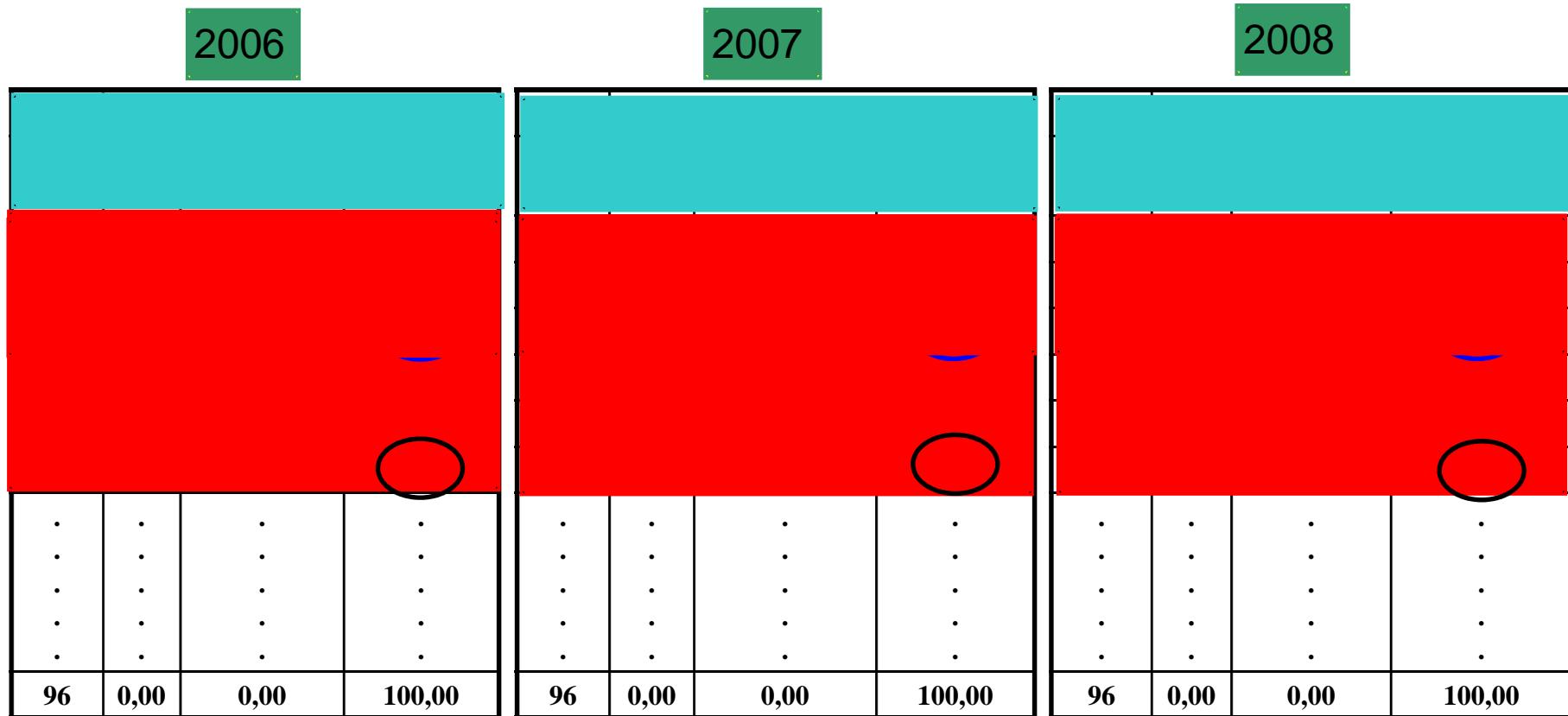
Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Factores o componentes principales



Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Matriz de componentes rotada

2006

2007

2008

	Indicador	Factor 1	Factor 2	Factor 3
	Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regable ($V_T Sa$, $m^3 ha^{-1}$)	-0,793	-0,547	-0,225
	Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regada ($V_T Sr m^3 ha^{-1}$)	-0,763	-0,610	-0,159
	Eficiencia de distribución de agua en la red (ED, %)	-0,232	-0,055	-0,877
	Aporte relativo de agua anual (ARAA, adimensional)	0,430	0,295	0,392
	Aporte relativo anual de riego (ARAR, adimensional)	0,485	-0,009	0,627
2006	Proporción de recuperación de los costes de explotación (RC, %)	-0,560	0,209	0,441
2007	Proporción de coste de mantenimiento y retornos brutos (CMR, %)	-0,025	0,222	-0,881
	Costes de manejo del sistema por unidad de área regable (CMSSa, €ha^{-1})	-0,826	-0,503	0,064
	Costes de manejo del sistema por unidad de área regada (CMSSr, €ha^{-1})	-0,739	-0,578	0,273
	Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego que entra al sistema ($CMSV_T$, €m^{-3})	0,673	0,238	0,692
2008	Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego suministrada ($CMSVs$, €m^{-3})	0,649	0,194	0,725
	Retornos medios por unidad de agua de riego que entra al sistema (RbV_T , €m^{-3})	0,441	0,312	0,827
	Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($RbVs$, €m^{-3})	0,446	0,259	0,844
	Coste energético por unidad de área regable (CENSa, €ha^{-1})	-0,874	-0,372	0,198
	Coste energético por unidad de área regada (CENSr, €ha^{-1})	-0,831	-0,382	0,332
	Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema ($CENV_T$, €m^{-3})	-0,022	0,041	0,961
	Coste energético por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($CENVs$, €m^{-3})	0,045	0,034	0,973

96 indicadores

Coeficientes de participación

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Selección indicadores

Indicador			
	-0,793	-0,692	-0,756
	-0,763	-0,647	-0,752
Eficiencia de distribución de agua en la red (ED, %)	-0,232	-0,899	-0,510
Aporte relativo de agua anual (ARAA, adimensional)	0,430	0,723	0,168
Aporte relativo anual de riego (ARAR, adimensional)	0,485	0,739	0,443
Proporción de recuperación de los costes de explotación (RC, %)	-0,560	-0,251	-0,681
Proporción de coste de mantenimiento y retornos brutos (CMR, %)	-0,025	-0,668	-0,287
	-0,826	-0,62	-0,74
	-0,739	-0,512	-0,655
	0,673	0,689	0,858
	0,649	0,872	0,856
Retornos medios por unidad de agua de riego que entra al sistema (RbV_T , €m^{-3})	0,441	0,694	0,822
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($RbVs$, €m^{-3})	0,446	0,885	0,818
	-0,874	-0,616	-0,764
	-0,831	-0,559	-0,730
Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema ($CENV_T$, €m^{-3})	-0,022	0,117	0,187
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($CENVs$, €m^{-3})	0,045	0,602	0,363

96 indicadores

$|Coeficientes| = 0,5$

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Selección indicadores

Indicador			
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regable ($V_T Sa$, $m^3 ha^{-1}$)	-0,547	-0,699	-0,619
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regada ($V_T Sr m^3 ha^{-1}$)	-0,610	-0,756	-0,646
Eficiencia de distribución de agua en la red (ED, %)	-0,055	-0,271	-0,731
Aporte relativo de agua anual (ARAA, adimensional)	0,295	-0,188	-0,206
Aporte relativo anual de riego (ARAR, adimensional)	-0,009	-0,438	-0,776
Proporción de recuperación de los costes de explotación (RC, %)	0,209	0,006	0,205
Proporción de coste de mantenimiento y retornos brutos (CMR, %)	0,222	0,343	0,771
Costes de manejo del sistema por unidad de área regable (CMSa, €ha^{-1})	-0,503	-0,616	-0,587
Costes de manejo del sistema por unidad de área regada (CMSr, €ha^{-1})	-0,578	-0,689	-0,657
Costes de manejo del sistema por agua de riego que entra al sistema ($CMSV_T$, €m^{-3})	0,238	0,148	0,156
Costes de manejo del sistema por agua de riego suministrada a usuarios ($CMSVs$, €m^{-3})	0,194	0,165	0,280
Retornos medios por unidad de agua de riego que entra al sistema (RbV_T , €m^{-3})	0,312	0,162	0,181
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($RbVs$, €m^{-3})	0,259	0,180	0,319
Coste energético por unidad de área regable (CENSa, €ha^{-1})	-0,372	-0,563	-0,539
Coste energético por unidad de área regada (CENSr, €ha^{-1})	-0,382	-0,603	-0,564
Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema ($CENV_T$, €m^{-3})	0,041	-0,209	-0,218
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada a usuarios (CENVs, €m^{-3})	0,034	-0,100	0,000

96 indicadores

|Coeficientes| = 0,5

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

Selección indicadores

Indicador			
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regable ($V_T Sa, m^3 ha^{-1}$)	-0,225	-0,015	-0,118
Volumen de agua de riego que entra al sistema por unidad de área regada ($V_T Sr m^3 ha^{-1}$)	-0,159	-0,003	-0,055
Eficiencia de distribución de agua en la red (ED, %)	-0,877	0,107	-0,224
Aporte relativo de agua anual (ARAA, adimensional)	0,392	0,358	-0,301
Aporte relativo anual de riego (ARAR, adimensional)	0,627	0,361	0,018
Proporción de recuperación de los costes de explotación (RC, %)	0,441	-0,535	0,222
Proporción de coste de mantenimiento y retornos brutos (CMR, %)	-0,881	-0,379	-0,425
Costes de manejo del sistema por unidad de área regable (CMSSa, €ha ⁻¹)	0,064	0,412	0,267
Costes de manejo del sistema por unidad de área regada (CMSSr, €ha ⁻¹)	0,273	0,486	0,366
Costes de manejo del sistema por agua de riego que entra al sistema ($CMSV_T, €m^{-3}$)	0,692	0,665	0,484
Costes de manejo del sistema por agua de riego suministrada a usuarios ($CMSVs, €m^{-3}$)	0,725	0,400	0,419
Retornos medios por unidad de agua de riego que entra al sistema ($RbV_T, €m^{-3}$)	0,827	0,609	0,519
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($RbVs, €m^{-3}$)	0,844	0,349	0,439
Coste energético por unidad de área regable (CENSa, €ha ⁻¹)	0,198	0,486	0,304
Coste energético por unidad de área regada (CENSr, €ha ⁻¹)	0,332	0,533	0,375
Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema ($CENV_T, €m^{-3}$)	0,961	0,957	0,955
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada a usuarios ($CENVs, €m^{-3}$)	0,973	0,784	0,920

96 indicadores

|Coeficientes| = 0,5

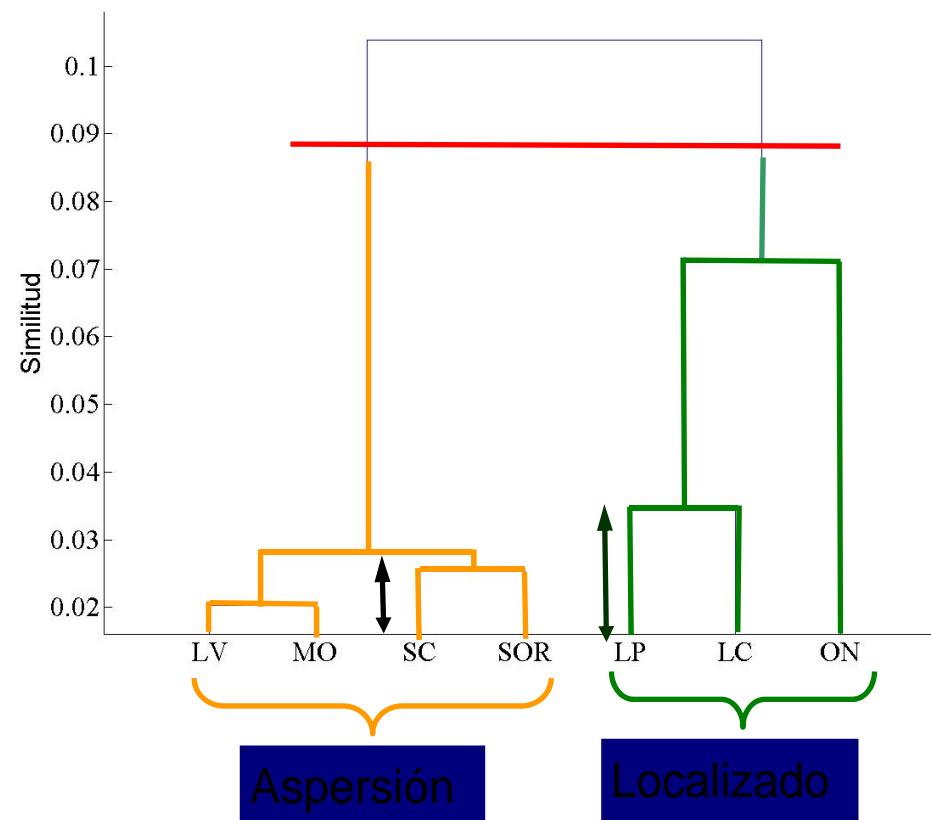
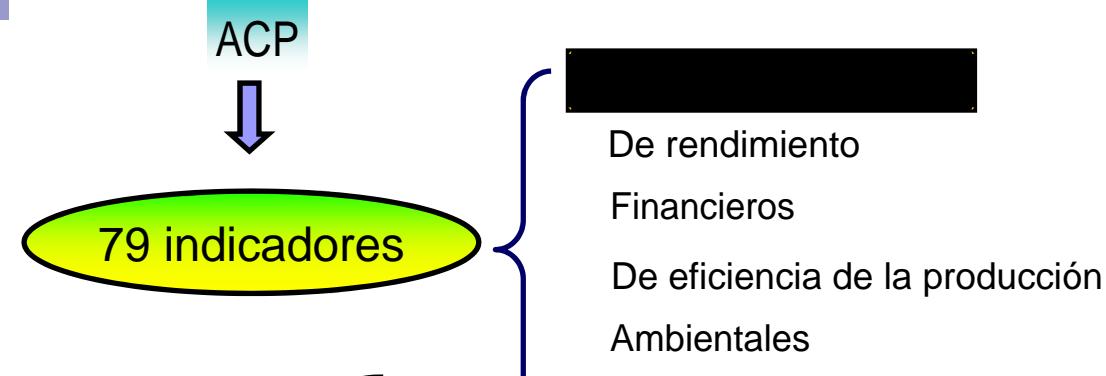
Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

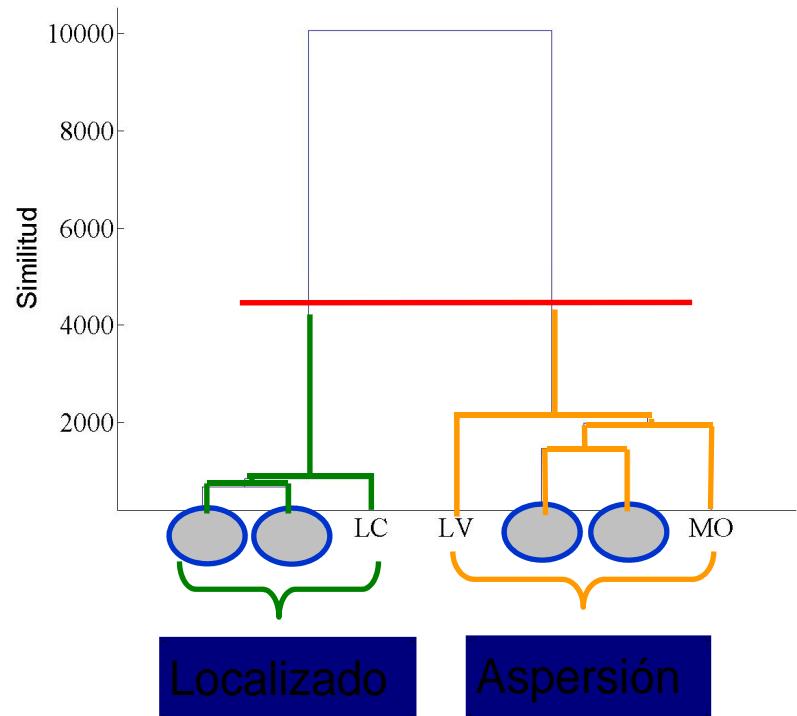
Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores



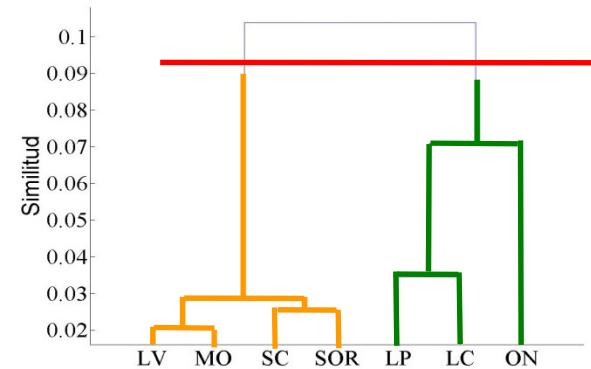


De rendimiento

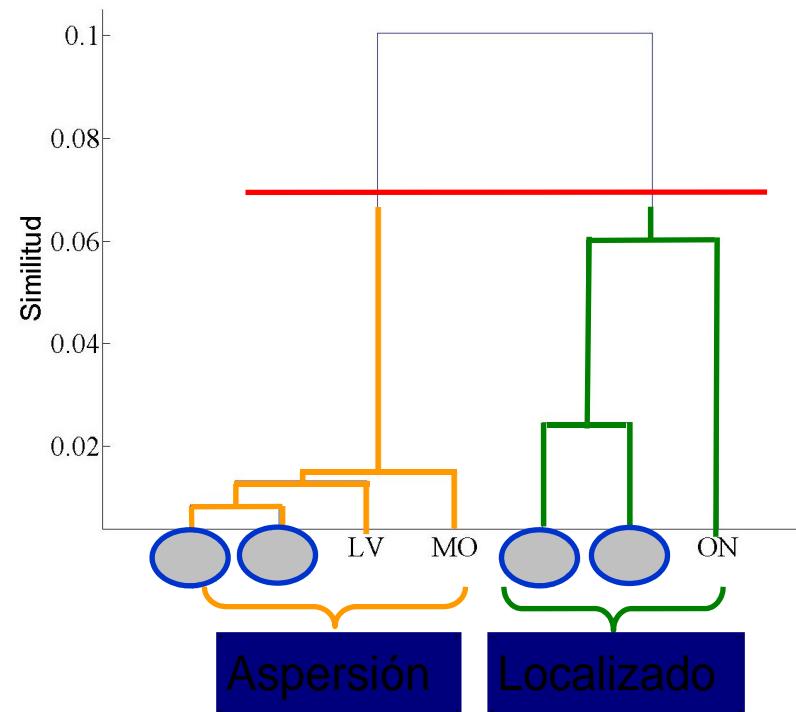


Localizado

Aspersión

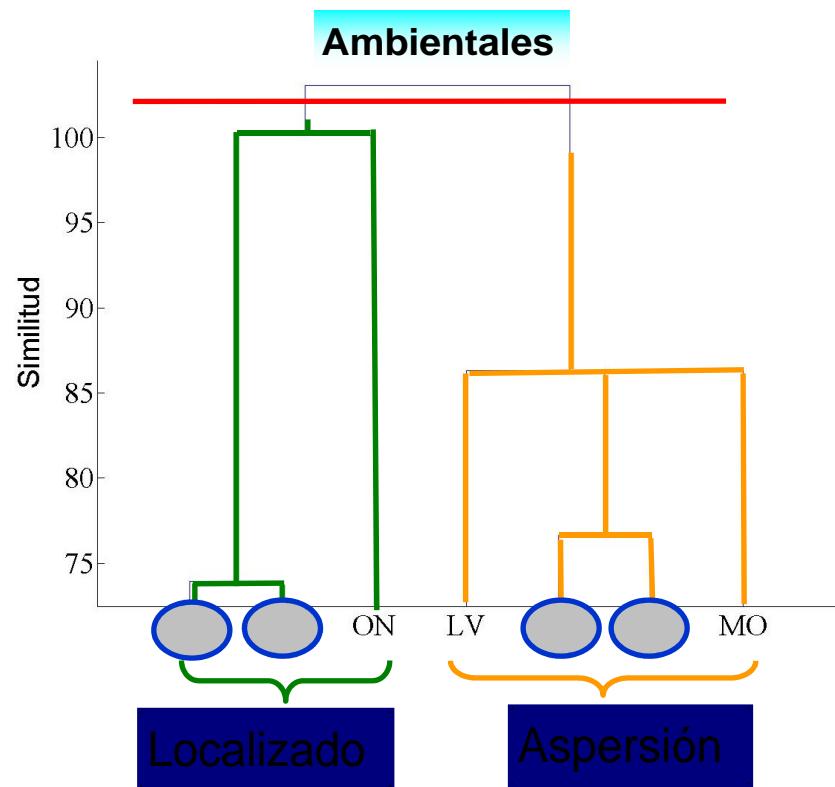
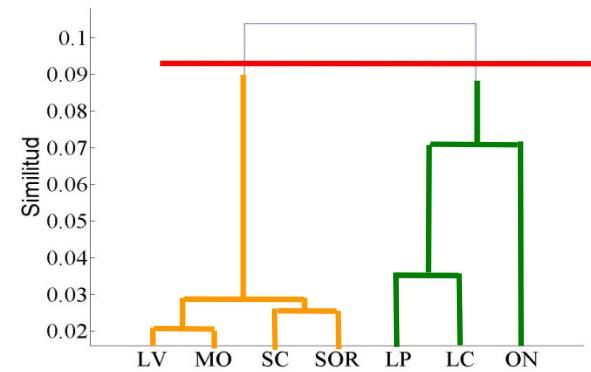
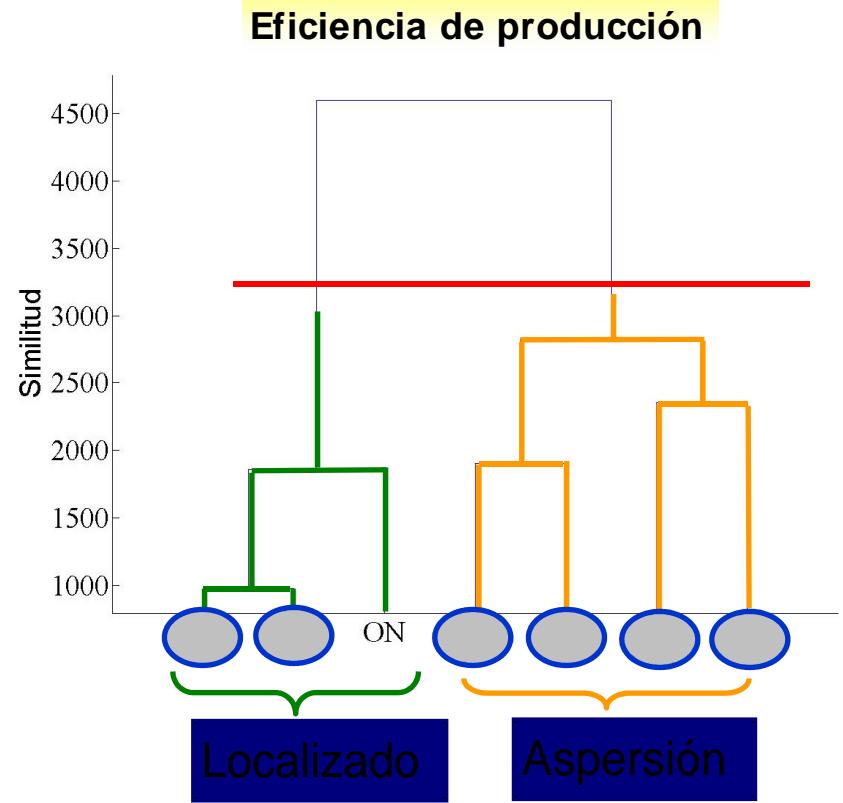


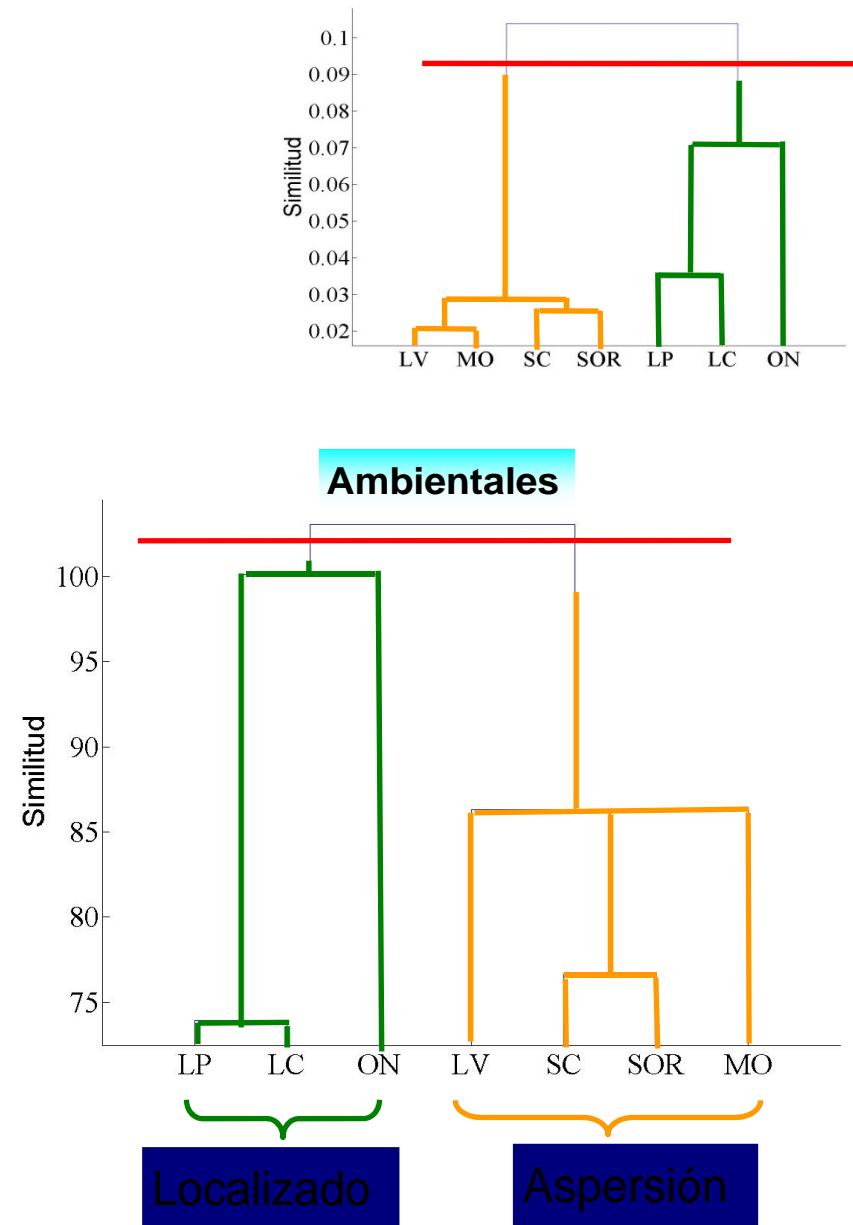
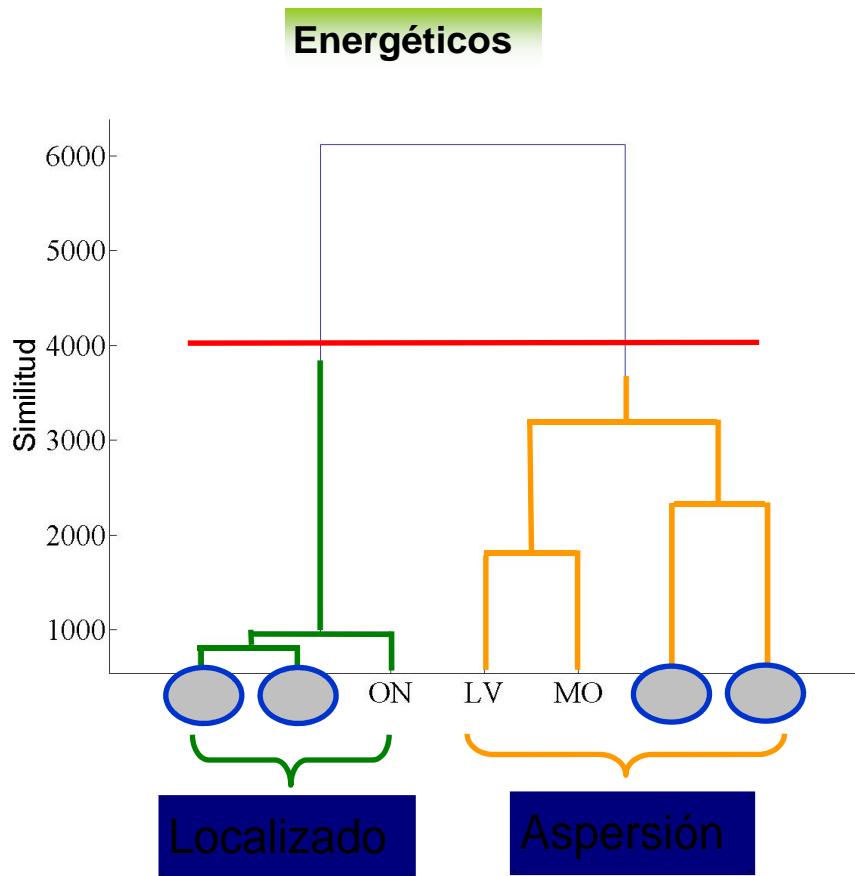
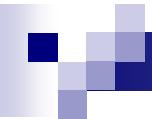
Financieros



Aspersión

Localizado





Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

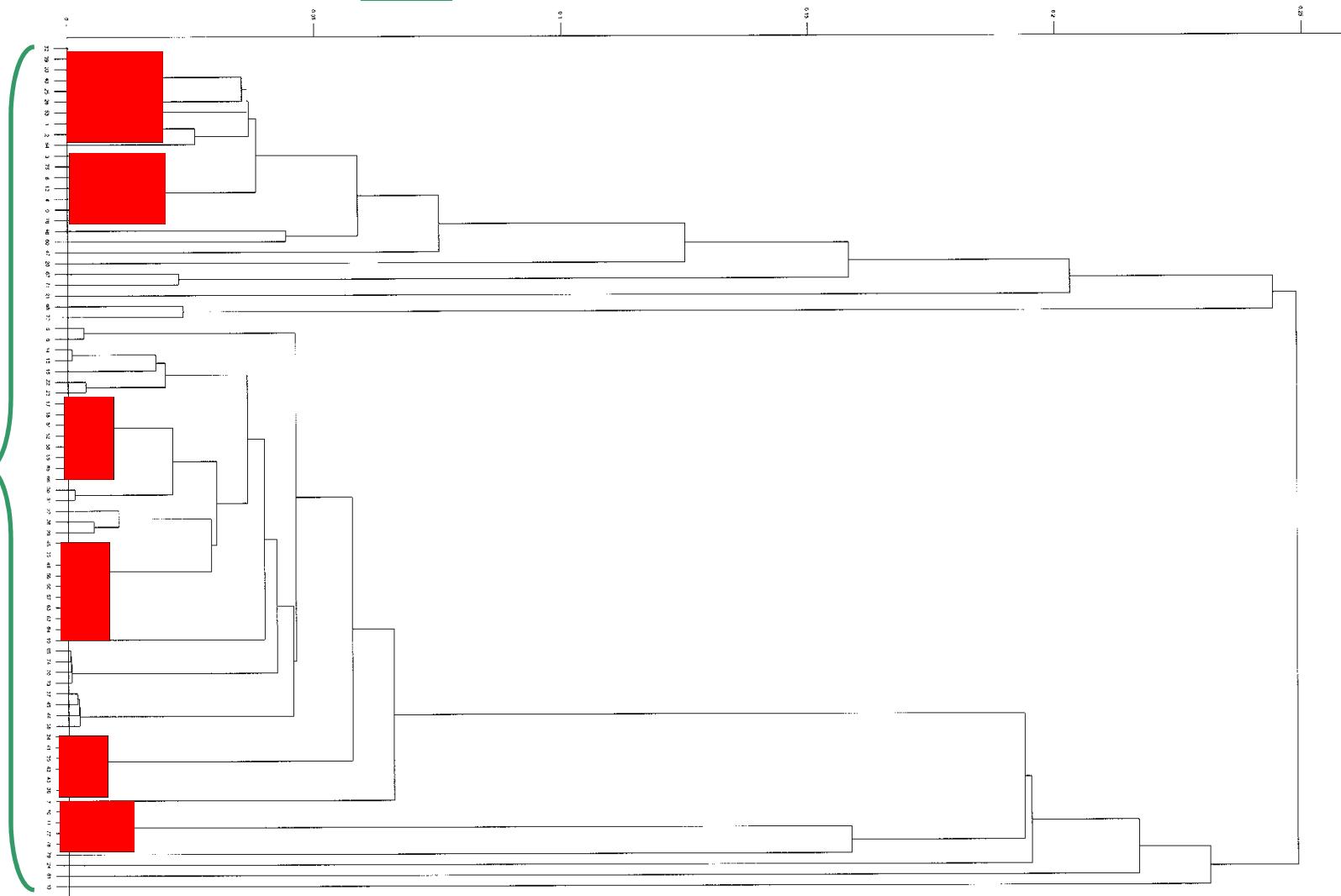
Propuesta de reducción de indicadores

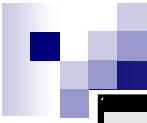
2006

2007

2008

79 Indicadores





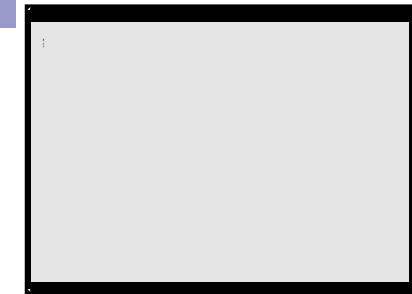
Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores



Campo	Indicadores
De rendimiento	

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

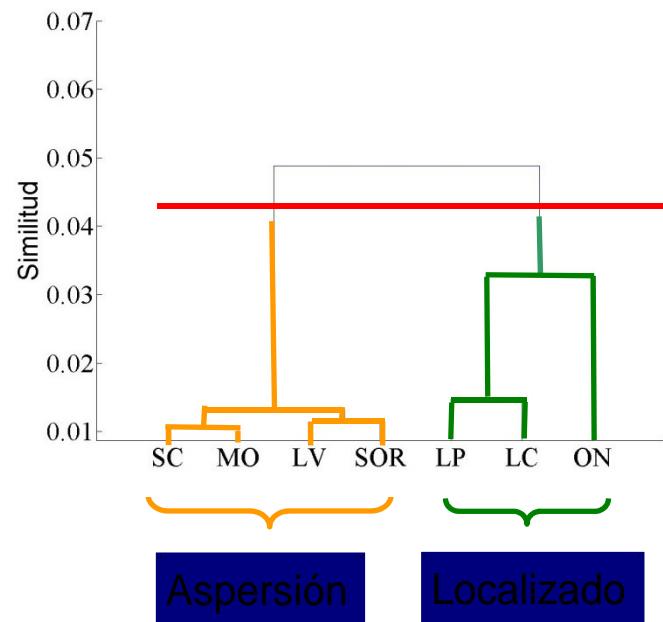
Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

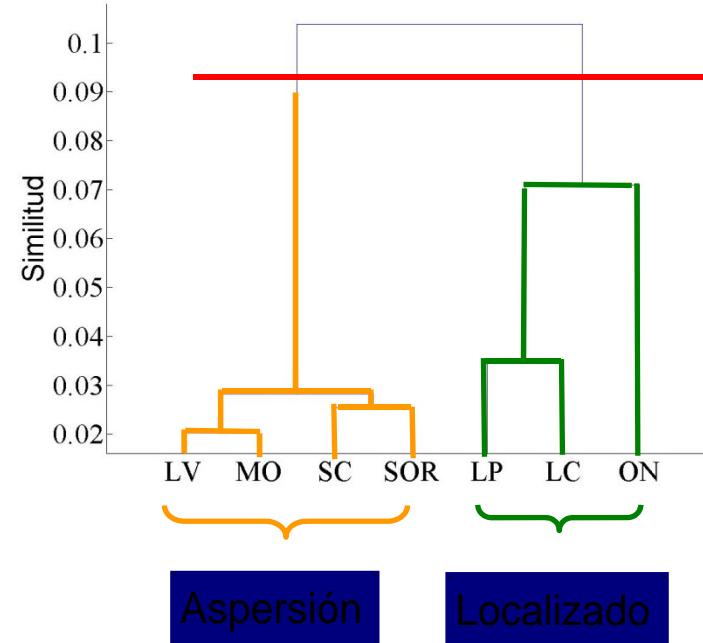
Grupo	Indicadores	
De-investigación	Volúmenes de agua de riego que consumen en metros por unidad de área regable ($m^3/ha \cdot m^3/m^3$)	
Fincas teste	Cierre de riego de los servicios por unidad de agua de riego consumido (CWRG, ha^{-1})	Cierre energético por unidad de agua de riego consumido (CWEG, ha^{-1})
	Cierre energético por unidad de agua de riego consumido (CWEG, ha^{-1})	Cierre general por consumo de agua de riego consumido (CGC, ha^{-1})
	Cierre general por consumo de agua de riego consumido (CGC, ha^{-1})	Cierre general alternativo consumido (CGC, ha^{-1})
Efectividad de la producción	Velocidad media de la producción agrícola por unidad de área regable (VPA, ha^{-1})	Velocidad media de la producción agrícola por unidad de agua consumida (VPA, ha^{-1})
	Altura óptima media de la producción agrícola por unidad de agua consumida (AOPA, ha^{-1})	Altura óptima media de la producción agrícola por unidad de agua consumida (AOPA, ha^{-1})
	Altura óptima media de la producción agrícola por unidad de agua consumida (AOPA, ha^{-1})	Altura óptima media de la producción agrícola por unidad de agua consumida (AOPA, ha^{-1})
Asentamientos	Uso efectivo de riego por unidad de área regable (UREG, Lm^3/ha)	Uso efectivo de riego por unidad de agua de riego consumido (UREG, Lm^3/m^3)
	Uso efectivo de riego por unidad de agua de riego consumido (UREG, Lm^3/m^3)	Uso efectivo de riego por unidad de agua consumida para cultivos (UREG, Lm^3/ha)
	Uso efectivo de riego por unidad de agua consumida para cultivos (UREG, Lm^3/ha)	Uso efectivo de riego por unidad de agua consumida para cultivos (UREG, Lm^3/ha)
Energética	Patrón de rendimiento neto de agua por unidad de área regable (PNR, m^3/ha)	Patrón de rendimiento neto de agua por unidad de agua de riego consumido (PNR, m^3/m^3)
	Patrón de rendimiento neto de agua por unidad de agua de riego consumido (PNR, m^3/m^3)	Patrón de rendimiento neto de agua por unidad de agua de riego consumido (PNR, m^3/m^3)

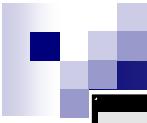


Propuesta "A" (19 indicadores)



~





Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores



Campo	Indicadores
De rendimiento	

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

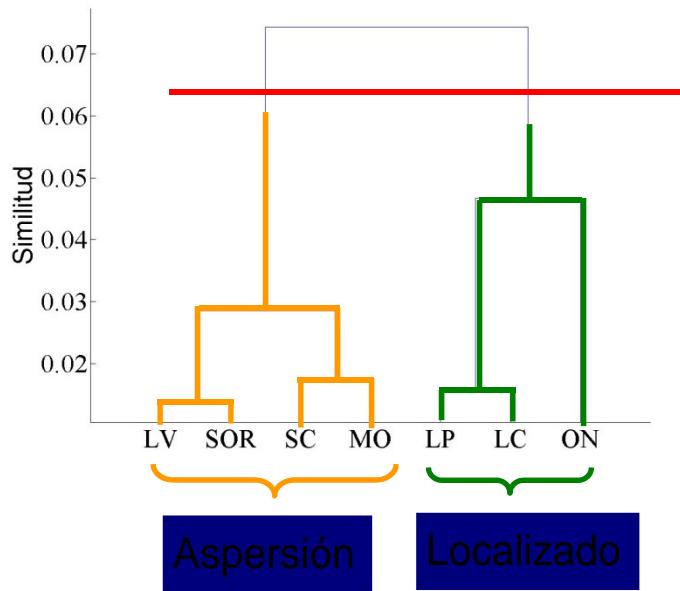
Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

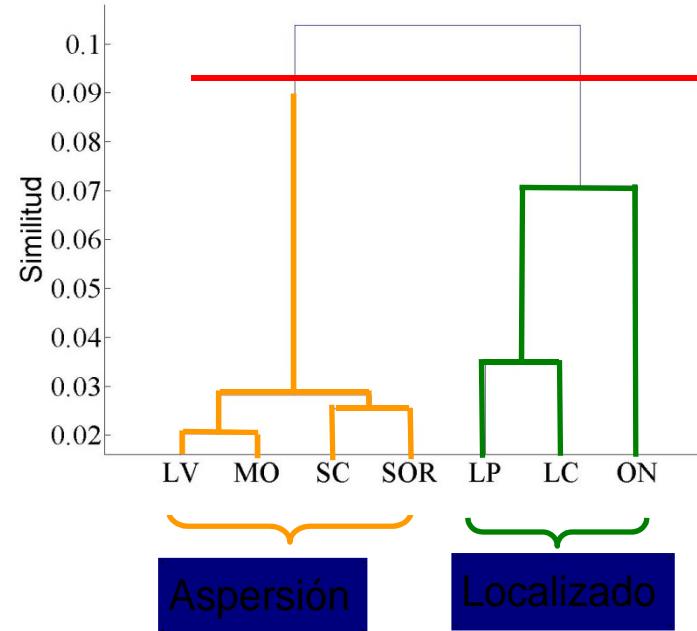
Campo	Indicador
De rendimiento	Indice cultivo
	Valores de agua de riego que consumen por unidad hora regular ($m^3/h \cdot m^2$)
	Costo de riego por unidad el agua de riego del cultivo en pesos (Ct\$V _c , Ct\$V _r)
	Costo irrigación por unidad hora regular (Ct\$V _c , Ct\$V _r)
	Costo irrigación por unidad hora regular en pesos (Ct\$V _c , Ct\$V _r)
	Costo generado por unidad hora regular (Ct\$G _c , Ct\$G _r)
	Costo generado por unidad hora regular en pesos (Ct\$G _c , Ct\$G _r)
	Costo de generación de riego por unidad hora regular (Ct\$G _c , Ct\$G _r)
	Valor total de la producción vegetal por unidad de hectárea regular (Vt\$R _c , Et\$R _r)
	Valor total costo de la producción vegetal por unidad de agua de riego que crece el cultivo (Vt\$V _c , Et\$V _r)
	Indice costo de la producción vegetal por unidad hora regular (Ict\$V _c , Ict\$V _r)
	Indice costo de la producción vegetal por unidad hora regular en pesos (Ict\$V _c , Ict\$V _r)
	Indice costo de la producción vegetal por unidad hora regular en pesos (Ict\$G _c , Ict\$G _r)
	Indice de rentabilidad vegetal por unidad hora regular (Irh\$R _c , Irh\$R _r)
	Indice de rentabilidad vegetal por unidad hora regular en pesos (Irh\$V _c , Irh\$V _r)
	Indice de rentabilidad vegetal por unidad hora regular en pesos (Irh\$G _c , Irh\$G _r)
	Indice de rentabilidad vegetal por unidad hora regular en pesos (Irh\$G _c , Irh\$G _r)
	Indice de riego eficiente (Ict\$R _c)

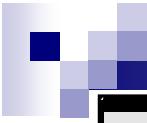


Propuesta "B" (19 indicadores)



~





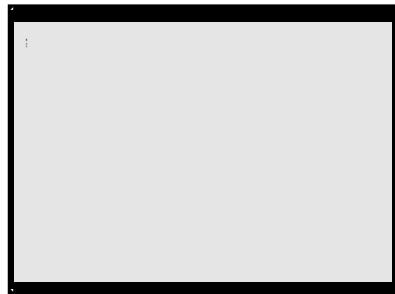
Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores



Campo	Indicadores
De rendimiento	

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

Análisis de Componentes Principales

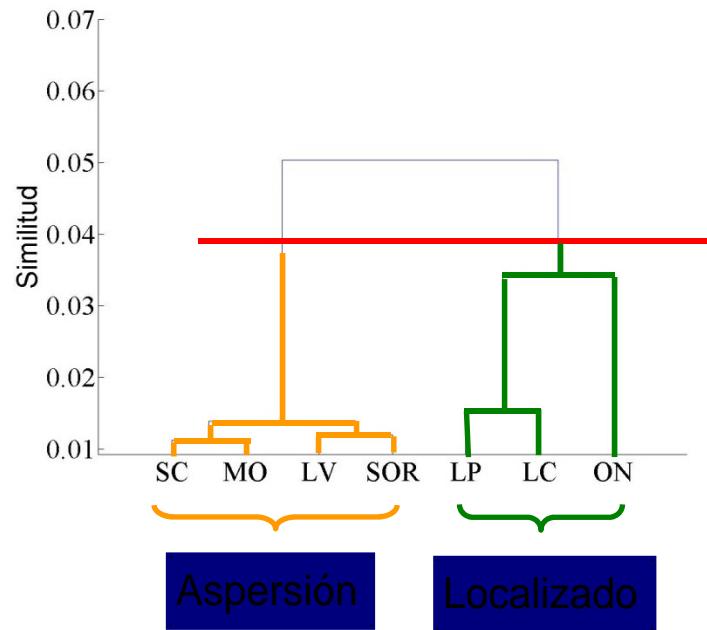
Análisis Cluster

Propuesta de reducción de indicadores

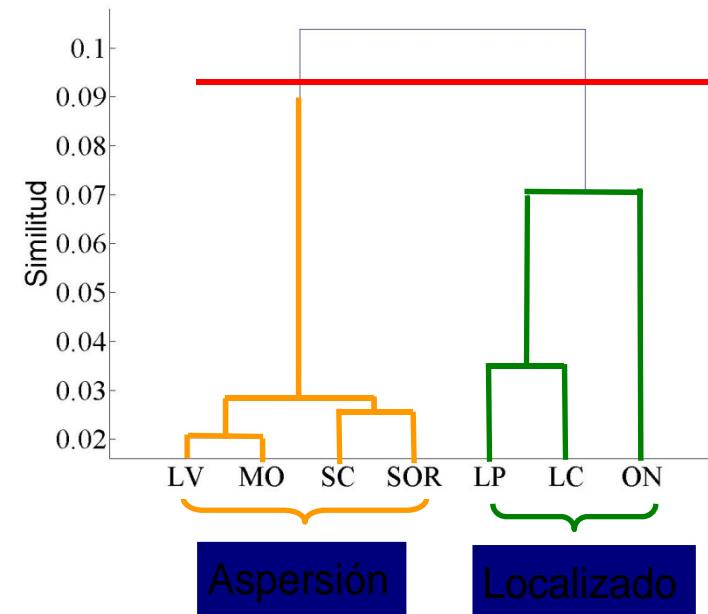
Grupo	Indicador
Dos en el aire	Volumen de quinde nube que tiene el su compuesto unidad de círculo regular (m^3 , m^3/h^2)
Trascendencia	Círculo de círculo del manejo por unidad de quinde nube suministrada ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Círculo nuboso por unidad de área regular ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Círculo nuboso por unidad de quinde nube suministrada ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Círculo generado por unidad de área regular ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Círculo generado por unidad de quinde nube suministrada ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Círculo de generación relacionado con el nube por unidad de círculo regular ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
Eficiencia de la producción	Valor total nuboso de la producción agrícola por unidad de manzana regular ($V/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Valor total nuboso de la producción agrícola por unidad de quinde nube suministrada ($V/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Margen bruto nuboso de la producción agrícola por unidad de área regular ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Margen bruto nuboso de la producción agrícola por unidad de quinde nube suministrada ($m^2/V_h, \text{h}^{-1}$)
Energética	Potencia nubosa media por unidad de área regular ($W/V_h, \text{h}^{-1}$)
	Potencia nubosa media por unidad de quinde nube suministrada ($V/V_h, \text{h}^{-1}$)
Indice de círculo nuboso (KE, m)	

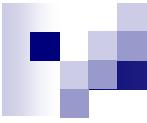


Propuesta "C" (14 indicadores)



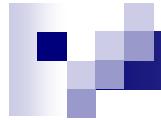
~





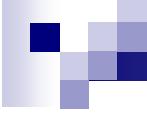
Índice

- 
1. Introducción
 2. Antecedentes bibliográficos
 3. Objetivos
 4. Material y métodos
 5. Resultados y discusión
 6. Conclusiones
 7. Bibliografía
 8. Agradecimientos
 - Anejos



CONCLUSIONES GENERALES

- ◆ **TOMA DE CONTACTO**
 - ↑↑ INTERÉS Y PLENA DISPOSICIÓN
 - ◆ RECOPILACIÓN DATOS INDICADORES
 - HERRAMIENTA AYUDA A TOMA DE DECISIONES
 - MEJORA USO DE RECURSOS HÍDRICOS Y ENERGÉTICOS
- ◆ **INTRODUCCIÓN TÉCNICAS BENCHMARKING**
 - ZONAS REGABLES Y ASOCIACIONES DE RIEGO
 - SEGUIMIENTO Y AUTOEVALUACIÓN
- ◆ **COMPARACIÓN INDICADORES DE GESTIÓN**
 - GESTIÓN ENTRE SOCIEDADES DE RIEGO
 - CONTROL PROGRESIVO
- ◆ **↑↑ PREDISPONCIÓN USO HERRAMIENTAS**
 - POSIBILIDAD AUTOGESTIÓN



CONCLUSIONES

■ INDICADORES DE GESTIÓN

□ ARAR

- ↑↑ DIFERENCIAS VID
- PRACTICAS COMUNES
 - ↓↓ VARIACIÓN CULTIVOS DE INVIERNO
 - AGUA APORTADA MAIZ > Nb

□ COSTE ENERGÉTICO (€ m^{-3})

- SAT CG Y SAT LP SIMILAR OTRAS ZONAS
 - PROFUNDIDAD NIVEL AGUA
 - EFICIENCIA ENERGÉTICA IMPULSIONES

□ VALOR TOTAL PRODUCCIÓN (€ m^{-3})

- > SAT LP
 - PREDOMINIO VID

□ MARGEN BRUTO (€ m^{-3})

- ↑↑ SAT ON
- ↓↓ LA PINADA Y CASAS GUIJARRO
 - > COSTES GLOBALES
- RESTO ZONAS ↓↓ DIFERENCIA VALOR PRODUCCIÓN Y MARGEN BRUTO



CONCLUSIONES

■ INDICADORES ENERGÉTICOS

- CONSUMO ENERGÉTICO (Kw h m⁻³)
 - ↑↑ SAT SC
 - PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO
 - SAT CG Y LP SIMILAR AL RESTO
- AUDITORIAS ENERGÉTICAS
 - VALORACION GENERAL BUENA A EXCELENTE

■ CALIDAD SUMINISTRO DEFICIENTE

- ↑↑ PERTURBACIONES
 - HUECOS E INTERRUPCIONES
 - SOBRETENSIONES
- GENERACION ARMÓNICOS
 - SISTEMAS CONTROL Y PROTECCION
 - SISTEMAS COMUNICACIÓN
 - VIBRACIONES Y RUIDO
 - SOBRECALENTAMIENTO CONDUCTORES Y EQUIPOS

6. CONCLUSIONES

- Utilidad indicadores y técnicas de “Benchmarking”

Caracterización y diferenciación zonas

Indicadores energéticos

Eficiencia uso energía

- Herramientas desarrolladas (INGES, ASIG, MAEEB)

Manejo y determinación indicadores

Bases datos actualizadas a gestores

- Técnicas multivariantes

Determinación indicadores relevantes

Cluster Jerárquico Aglomerativo

- Propuestas reducción indicadores

- Agrupamientos zonas regables

Riego por aspersión y localizado

Mayor diferenciación riego localizado que en aspersión

Escasas diferencias riego a demanda y a turnos

6. CONCLUSIONES

Evaluación de las zonas de estudio

- Costes energéticos por unidad de área y volumen de agua
- Costes de manejo del sistema por unidad de volumen de agua

↑↑ costes energéticos

- Diferencias en el valor total y el margen bruto por unidad de área

↓↓ costes asociados a cultivos por unidad de área

- Similitud potencia instalada medida e índice de carga energética (altura manométrica media suministrada por los bombeos)

Recursos hídricos subterráneos

Importancia costes energéticos

SUGERENCIAS PARA FUTUROS TRABAJOS

- Colaboración integrantes sociedades riego

Precisión información

Indicadores relevantes

Eficiencia de producción
Ambientales



- Actuar en sociedades del ámbito castellano – manchego

79 indicadores ACP

Propuestas reducción indicadores

- Estudio zonas por separado

Distorsión zonas heterogéneas

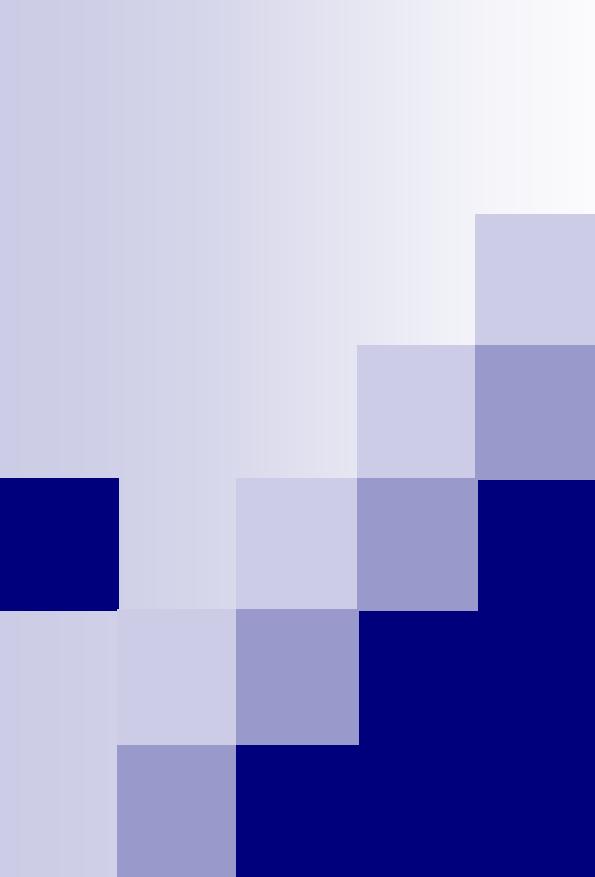
Riego localizado cultivos herbáceos hortícolas

- Aplicación “Benchmarking” junto con otras herramientas

Modelos económicos

Estudios riesgo variabilidad climática y/o precios de mercado

Optimizar diseños redes riego a demanda y turnos



Análisis hidráulico y energético de redes colectivas de riego a presión y de sistemas de riego

Auditorías energéticas en
CCRR y riegos particulares.
Medidas de eficiencia
energética

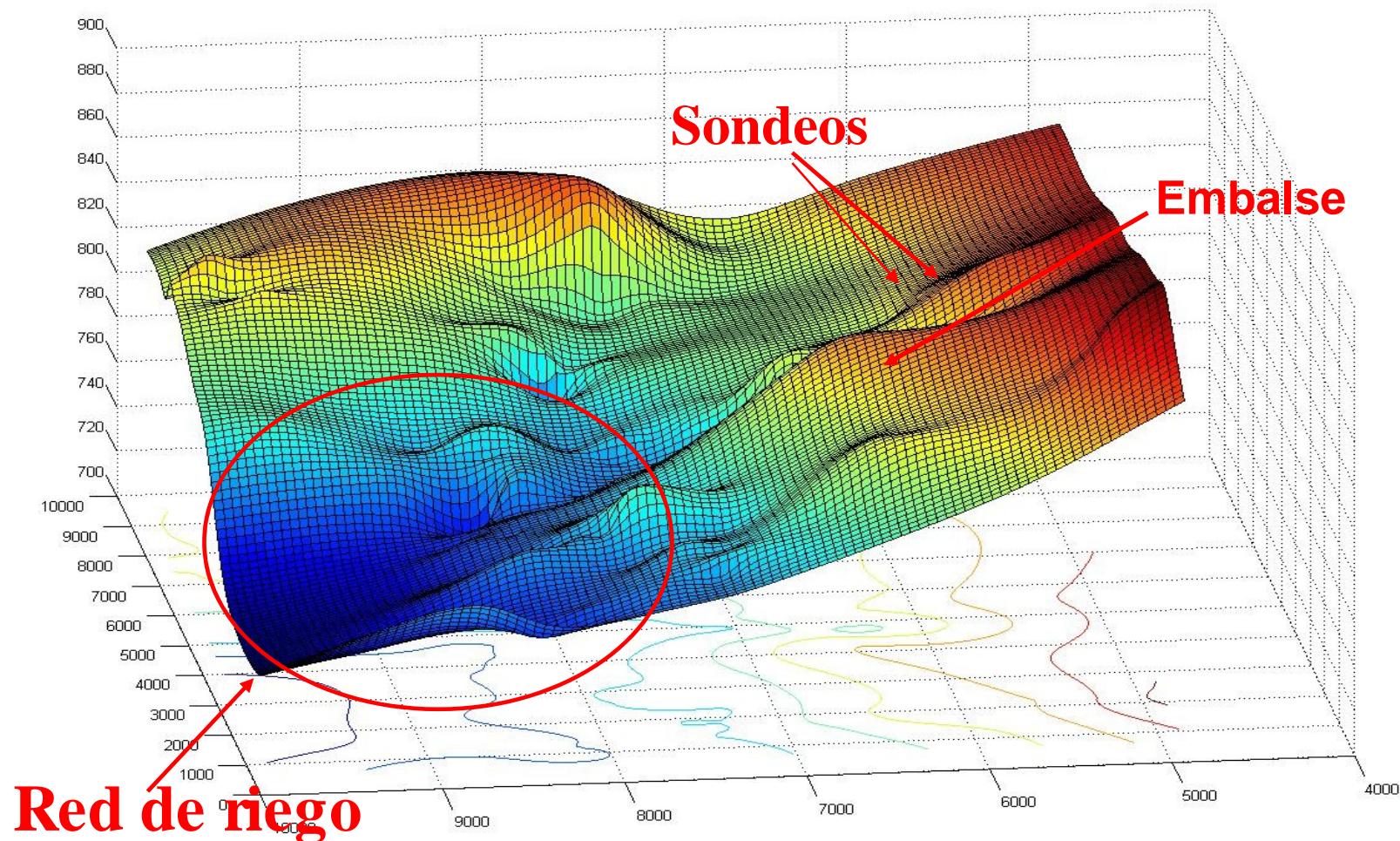
Indicadores descriptivos de las zonas regables.

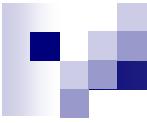
	Bonete SC	Tarazona SOR	La Pinada LP	LaChozic LC	M Alegre MA	Ontur ON
Superficie regable (Sa, ha)	490	1039	171	265	563	2148
Superficie regada (Sr, ha)	389	951	103	107	551	1732
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (V_s Sr, m ³ /ha ⁻¹)	5768	5306	964	1191	923	752
Potencia total contratada (Nc, kW)	1505	*	P1:10 P2:220 P3:220	P1:10 P2:240 P3:240	220	562
Potencia total absorbida (Nt, kW)	1465	5114	391	431	315	579
Energía anual consumida (Eac, kWh)	2.422.933	5.469.093	108.678	157.711	517.369	1.070.535
Energía reactiva consumida (Er, KVArh)	1.032.154	1.797.603	15.485	618	73721	637.707

Indicadores de eficiencia

	Bonete SC	Tarazona SOR	La Pinada LP	LaChozic LC	M Alegre MA	Ontur ON
Rendimiento de potencia (η_p , %)	97	*	178	180	143	103
Potencia contratada por unidad de área regable (NcSa, kW ha ⁻¹)	3,0	*	1,3	0,9	0,4	0,3
Potencia absorbida por unidad de área regada (NcSr, kW ha ⁻¹)	3,0	5,4	2,3	4,0	0,6	0,3
Energía consumida por unidad de área regada (EacSr, kWh ha ⁻¹)	6230	5749	1047	1467	938	618
Energía consumida por volumen agua de riego (EacV _T , kWh m ⁻³)	1,1	0,9	0,7	0,9	1,0	0,7
Coste energético por área regada (CENSA, € ha ⁻¹)	543	428	87	122	68	55
Coste energético por m ³ suministrado (CENV _s € / m ³)	0,09	0,08	0,09	0,10	0,07	0,07
Índice de carga energética (ICE, m)	233,11	167,08	154,02	146,59	135,29	115,77
Eficiencia energética de bombeos (EEB, %)	60,78	52,39	58,25	48,79	36,28	45,21
Eficiencia energética general de la CCRR (EEG, %)	55,14	48,04	56,15	45,55	17,14	23,13

Desnivel en Monte Alegre MA





CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

¿CÓMO ALCANZAR UNA GESTIÓN ENERGÉTICA EXCELENTE?

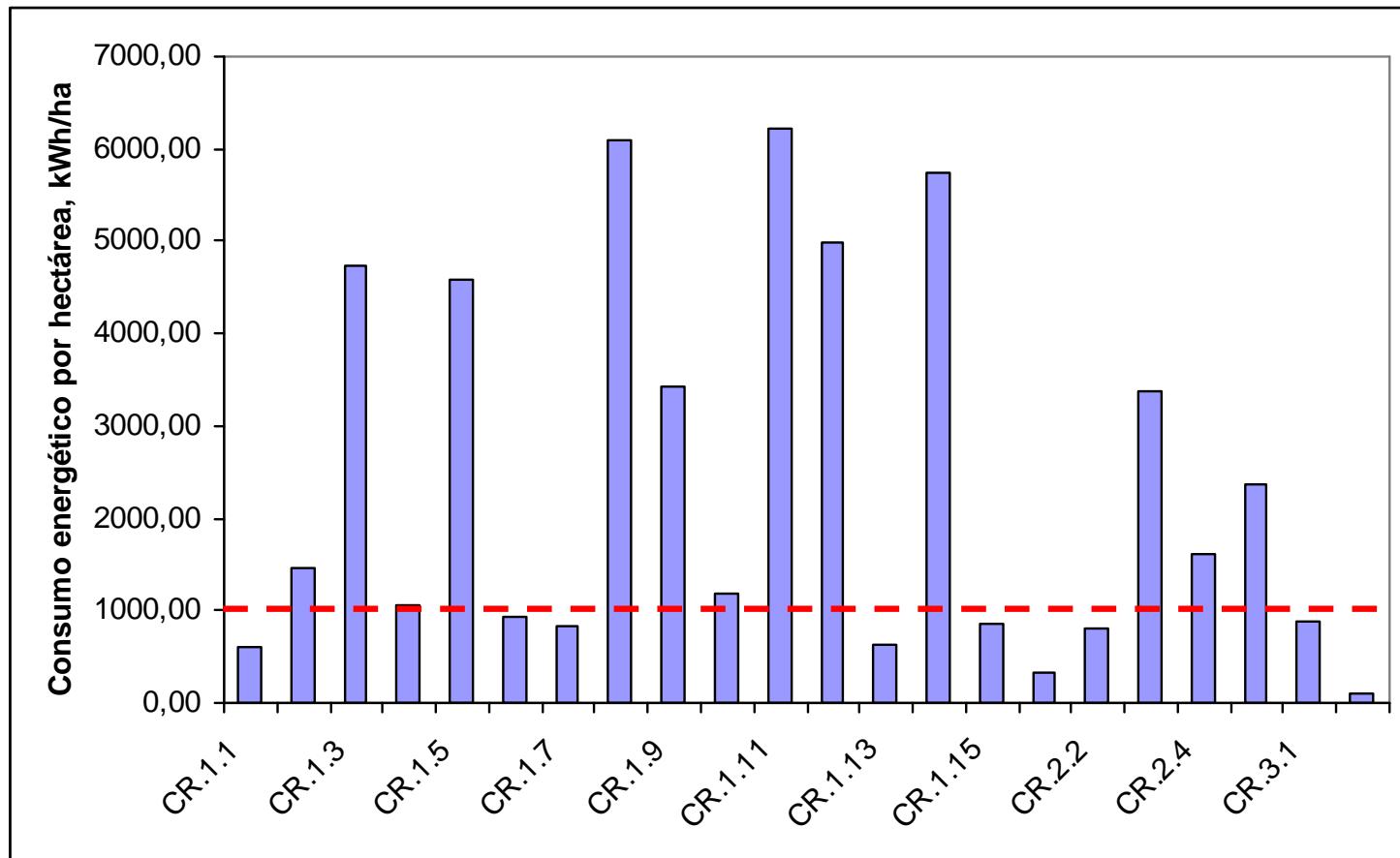
- MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS.
- REVISIONES PERIODICAS DE EQUIPOS.
- REPARACIONES EN EL MOMENTO EN QUE SE DETECTAN FALLOS.
- TENER INSTALADOS CONDENSADORES.
- RESPETAR LA DISCRIMINACIÓN HORARIA.

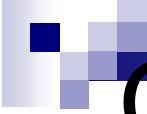


CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

GRUPO DE CONSUMO	ESPECIFICACIÓN	Kw·h/ha
1	NO CONSUMIDORA	0
2	POCO CONSUMIDORA	0-300
3	MEDIA CONSUMIDORA	300-600
4	CONSUMIDORA	600-1000
5	GRAN CONSUMIDORA	> 1000

CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



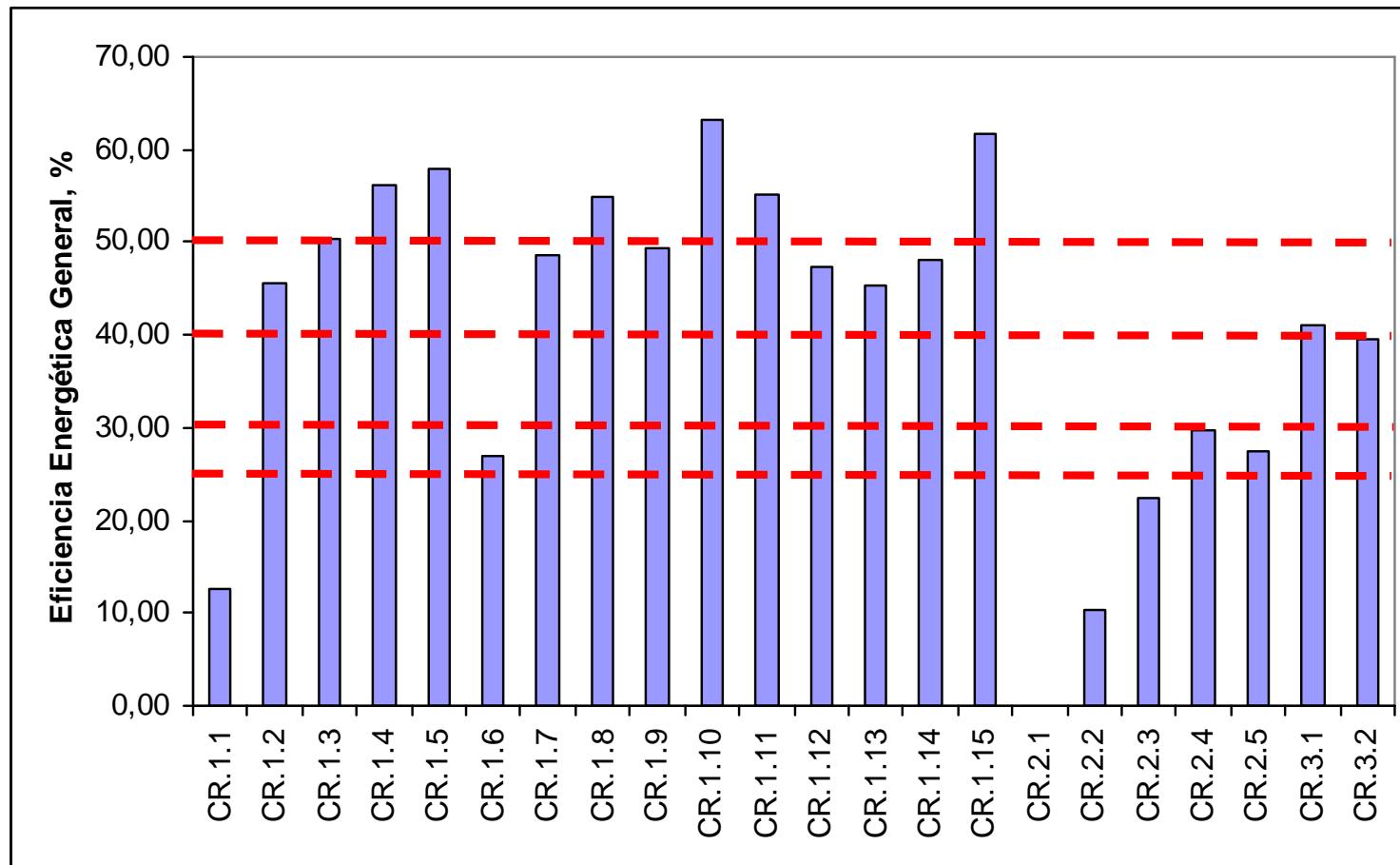


CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

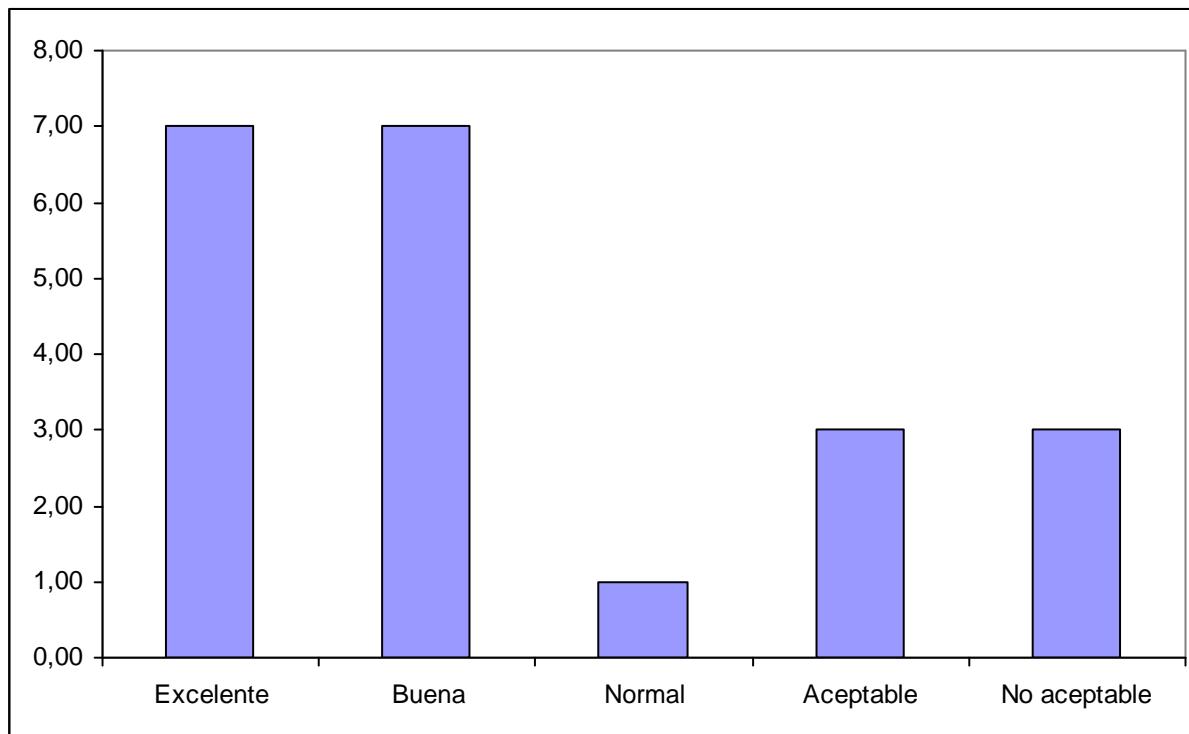
CALIFICACIÓN	EFICIENCIA ENERGÉTICA
EXCELENTE	> 50%
BUENA	40%-50%
NORMAL	30%-40%
ACEPTABLE	25%-30%
NO ACEPTABLE	<25%

EFICIENCIA GENERAL = EFICIENCIA BOMBEOS * EFICIENCIA RED
 $< 65-70\%$

CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



CALIFICACIÓN DE GESTIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

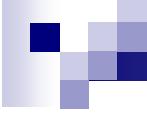


EFICIENCIA ENERGÉTICA: BUENA Y EXCELENTE



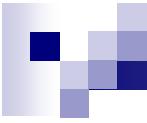
PROPUESTAS DE MEJORA

- Mejoras en las condiciones de compra de la energía.
- Mejora de la eficiencia energética en sondeos.
- Mejora de la eficiencia energética en estaciones de bombeo.
- Aprovechamiento de energía excedente mediante el uso de microturbinas.



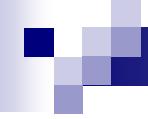
MEJORAS EN LAS CONDICIONES DE COMPRA DE LA ENERGÍA

- Optimización de la potencia contratada:
 - No contratar en función de la potencia instalada, sino por la forma en que se utiliza esta potencia instalada.
- Adaptación del riego a periodos de bajo coste energético.
- Desaparición de las tarifas de riego:
 - Asesoramiento a las CCRR sobre el tipo de tarifa y potencia a contratar.



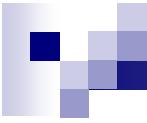
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SONDEOS

- Principales problemas detectados:
 - Acusado descenso del nivel dinámico.
 - Perforación de la columna de impulsión.
 - Desgaste de rodetes.
- Principales medidas propuestas:
 - Sustitución del grupo de impulsión.
 - Sustitución de parte de la columna de impulsión.
 - Reparación o modificación de rodetes.



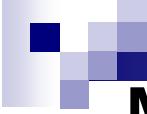
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SONDEOS





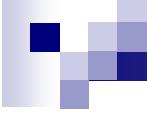
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESTACIONES DE BOMBEO

- Análisis energético de la estación de bombeo.
- Empleo de la herramienta “MAEEB” como herramienta de ayuda a la toma de decisiones.



MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESTACIONES DE BOMBEO

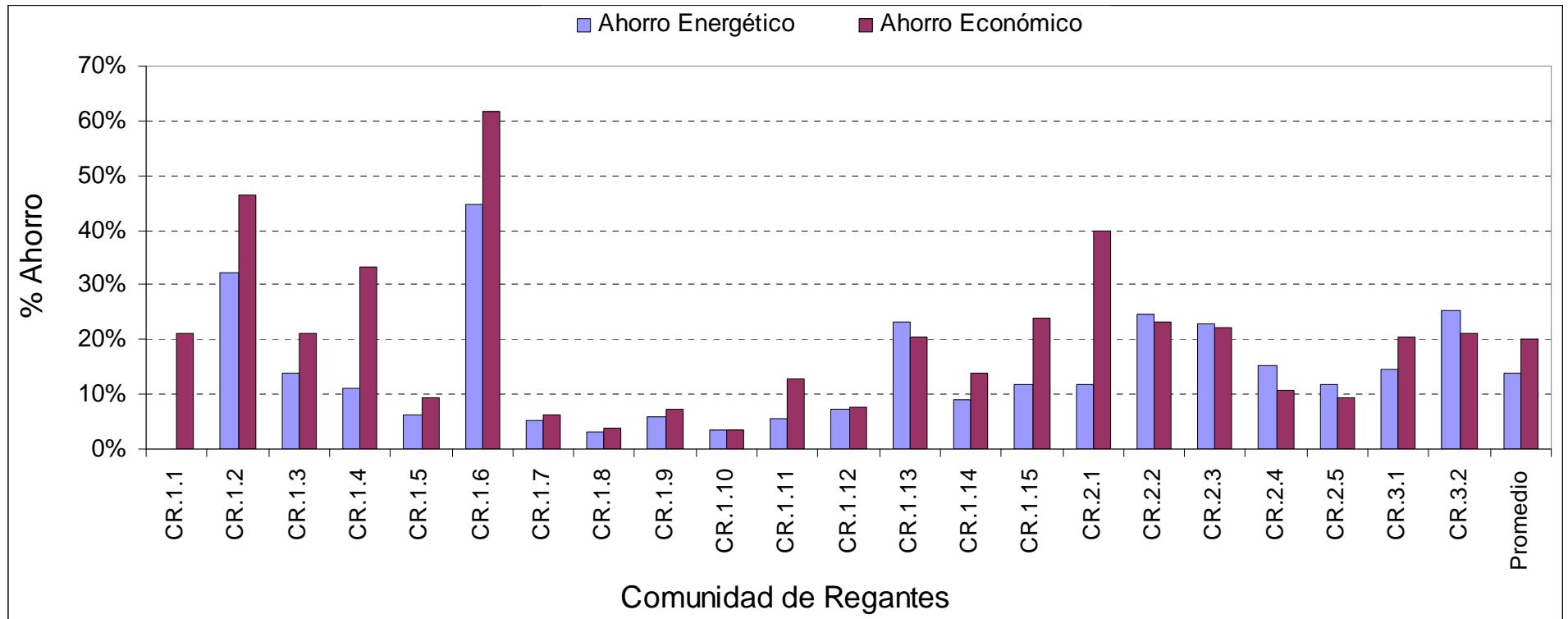
- Principales problemas detectados:
 - Desgaste de las bombas.
 - Tipo de regulación inadecuada.
 - Presión de consigna superior a la demandada por la red.
- Principales medidas propuestas:
 - Reparación de bombas.
 - Incorporación de un segundo variador de velocidad.
 - Disminución de la presión de consigna.



OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA

- Sistemas de acidificación en cabecera.
- Tomas flotantes.
- Instalación de condensadores.
- Arrancadores eléctrónicos.

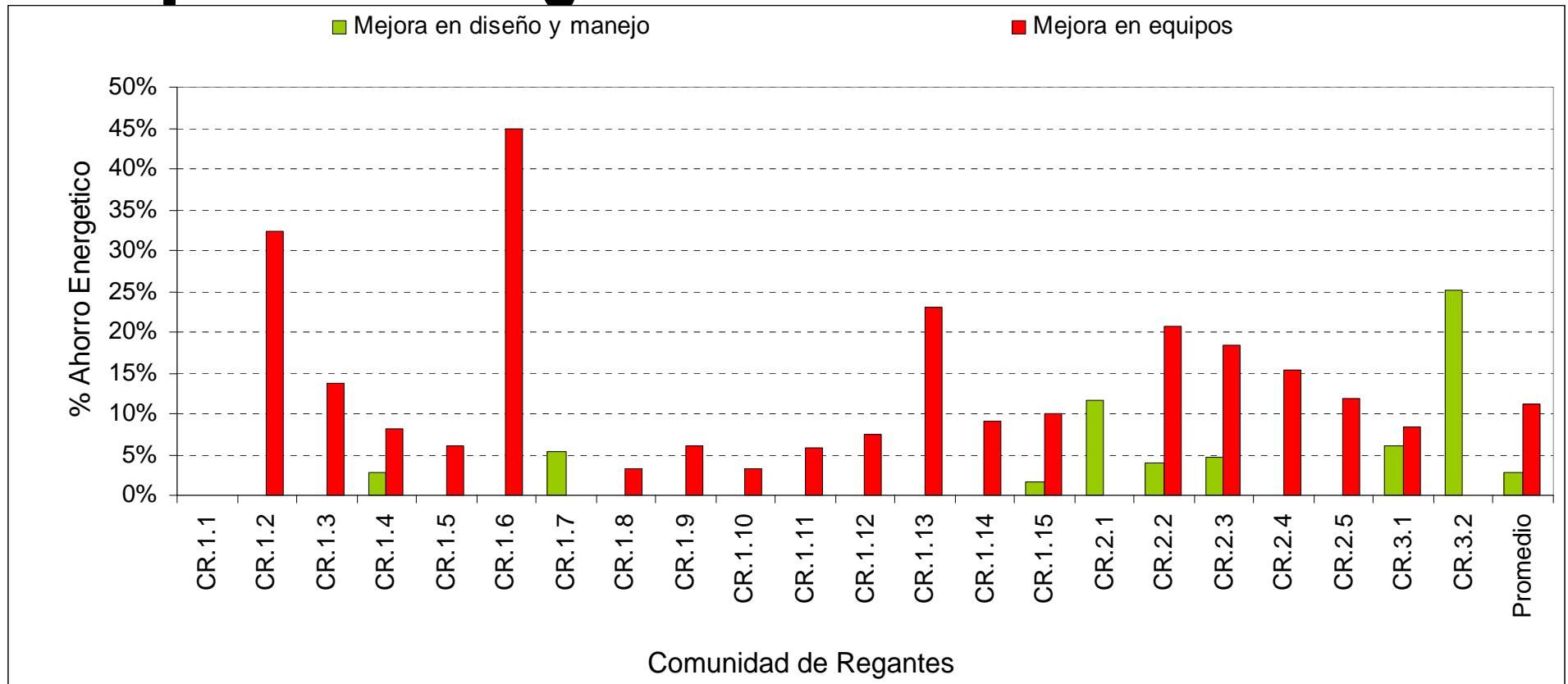
Ahorro energético y económico



Ahorro energético medio: 14,03%

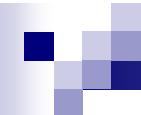
Ahorro económico medio: 19,98%

Ahorros energéticos según el tipo de mejora

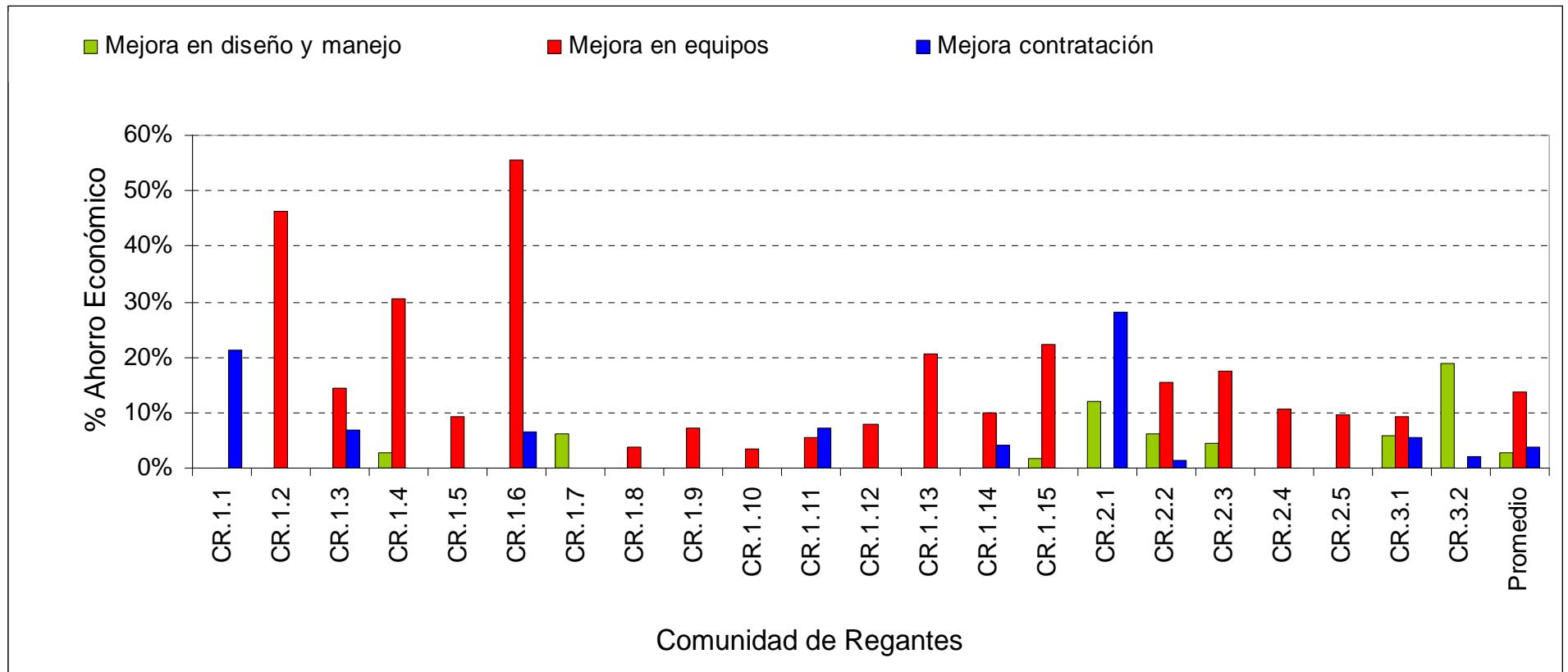


Mejoras en los equipos: 11,24%

Mejoras en diseño y manejo: 2,79%



Ahorros económicos según el tipo de mejora

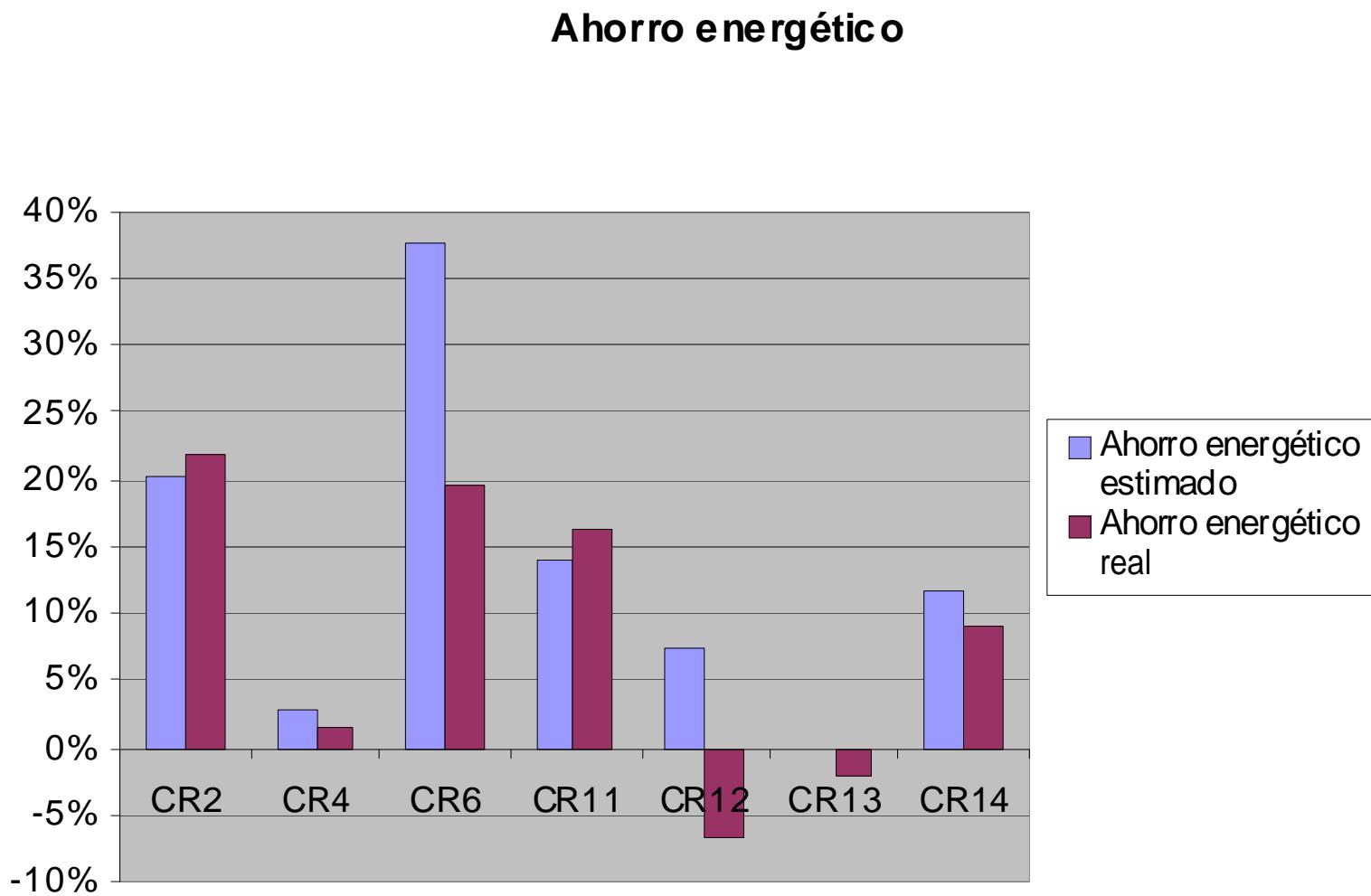


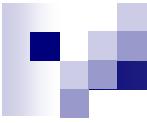
Mejora en los equipos: 13,57%

Mejora de la contratación de electricidad: 3,77% !!

Mejora de diseño y manejo: 2,63%

Resultados de las propuestas de mejora tras su implantación





CONCLUSIONES

- La eficiencia energética de las C.C.R.R. es elevada, aunque puede ser mejorada.
- El desarrollo de auditorías energéticas en CCRR ha permitido detectar problemas de funcionamiento, principalmente en sondeos y estaciones de bombeo, y mejorar la contratación de la energía.
- Las herramientas y metodologías de análisis desarrolladas han facilitado la detección de problemas y han ayudado a la toma de decisiones para la propuesta de mejoras.