

## Estimación de la huella de carbono: caso práctico en diez Comunidades de Regantes. Estrategias para su reducción.

S. Colino Jiménez<sup>1</sup>, A. Melián Navarro<sup>2</sup> y A. Ruiz Canales<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Master en Valoración, Catastro y Sistemas de Información Territorial. Universidad Miguel Hernández, Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Ctra de Beniel km. 3,2 03312 Orihuela (Alicante) e-mail: [scolino@gmail.com](mailto:scolino@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO) Universidad Miguel Hernández, Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Ctra de Beniel km. 3,2 03312 Orihuela (Alicante) e-mail: [amparo.melian@umh.es](mailto:amparo.melian@umh.es) [acanales@umh.es](mailto:acanales@umh.es)

### Resumen

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los principales responsables del cambio climático y requieren un esfuerzo de contención por parte de todos. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es de los GEI el más destacado y el que mayor impacto genera en la variación global del clima de la Tierra, estando asociado en gran medida a las actividades humanas. El sureste español es un territorio con un gran potencial agrícola y líder en el uso eficiente del agua de riego. No obstante, la escasez del recurso y la necesidad de aumentar la disponibilidad hídrica mediante extracciones y bombeos hace que el consumo de energía incremente la huella de carbono de esta actividad.

En este trabajo se efectúa un análisis de la contribución y efectos ambientales (en kgCO<sub>2</sub>e/kWh) de diez Comunidades de Regantes (CCRR) del sureste español a partir de la información obtenida del consumo eléctrico, medido en los equipos que intervienen en el manejo del agua de riego de las explotaciones y, en consecuencia, de su huella de carbono.

Estas CCRR presentan características muy diversas, no sólo en cuanto a ubicación, superficie regable y, cultivos principales, sino respecto al sistema de bombeo, permitiendo un análisis de las diferentes casuísticas. Así pues, algunas de ellas tienen una única impulsión, otras combinan varias impulsiones, pero con un único contador, y por último existen aquellas que disponen de diversos bombeos y también contadores independientes. Los datos de consumo en los diferentes periodos tarifarios se han obtenido mediante visita al campo y entrevistas a los responsables de las CCRR.

Para determinar el GEI equivalente (kgCO<sub>2</sub>e/kWh) se parte del estudio de los periodos tarifarios (punta, valle y llano), y de los consumos eléctricos medidos de los equipos de impulsión y distribución en cada una de las CCRR. El índice de transformación se obtiene para cada periodo a partir de fuentes oficiales (Red Eléctrica de España, REE). Por último, se calcula las potenciales emisiones límite, las GEI mínimas y GEI máximas, para determinar cuál sería la menor huella de carbono posible, y en su defecto también la mayor, con el fin de evitarla, cubriendo las demandas hídricas de los cultivos si los bombeos se reprogramaran fuera del periodo actual. Para ello se analiza nuevamente el índice de transformación (kgCO<sub>2</sub>e/kWh) según la información pública de REE, y su evolución a lo largo del tiempo, empleando diferentes escales temporales de acuerdo con los criterios de manejo del agua del regante.

**Palabras clave:** Gases de efecto invernadero (GEI), Comunidades de Regantes, consumo eléctrico, índice de transformación, periodo tarifario

### Estimation of the carbon footprint: practical case in ten water user's associations (WUAs). Strategies for its reduction.

## Abstract

Greenhouse gases (GHG) are the main responsible for climate change and require a containment effort on the part of all. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is the most prominent GHG and the one that generates the greatest impact on the global variation of the Earth's climate, being largely associated with human activities. The southeast of Spain is a territory with great agricultural potential and a leader in the efficient use of irrigation water. However, the scarcity of the resource and the need to increase water availability through extraction and pump motor means that energy consumption increases the carbon footprint of this activity.

In this work, an analysis of the contribution and environmental effects (in kgCO<sub>2</sub>e / kWh) of ten water user's associations (WUAs) of southeastern Spain is based on the information obtained from electricity consumption, measured in the equipment involved in the management of the irrigation water for exploitation and, consequently, their carbon footprint.

These WUAs present very diverse characteristics, not only in terms of location, irrigable surface and main crops, but also with respect to the pumping system, allowing an analysis of the different cases. Thus, some of them have a single drive, others combine several drives but with a single meter, and finally there are those that have different pumps and also independent meters. The consumption data in the different tariff periods have been obtained through field visits and interviews with those responsible for the WUAs.

To determine the equivalent GHG (kgCO<sub>2</sub>e / kWh), we start from the study of the tariff periods (peak, valley and flat), and of the electrical consumption measured by the impulsion and distribution equipment in each of the WUA. The transformation index is obtained for each period from official sources (Red Eléctrica de España, REE). Finally, the potential limit emissions, the minimum GHG and the maximum GHG, are calculated to determine what would be the smallest possible carbon footprint, and failing that, also the largest, in order to avoid it, covering the water demands of the crops if pumps will be rescheduled outside the current period. For this, the transformation index (kgCO<sub>2</sub>e / kWh) is analyzed again according to the public information of REE, and its evolution over time, using different time scales in accordance with the criteria of irrigation water management.

**Keywords:** GHG emissions, water user's associations (WUAs), electricity consumption, transformation index y tariff period.

## Objetivos

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de una actividad (UNFCC, 1998). Diversos proyectos europeos (CEE, 2013) plantean herramientas para determinar la huella de carbono en la agricultura y reducirla. Es objetivo de este trabajo estimar la emisión de GEI por diez Comunidades de Regantes (CCRR) del sureste español a partir del análisis de la energía consumida por los equipos de bombeo empleados para el riego.

Las comunidades de regantes objeto de estudio representan las explotaciones agrícolas más comunes y con las casuísticas más habituales, en cuanto a tipos de cultivos presentes e infraestructuras de riego, instaladas en los campos del sureste español.

El análisis de los resultados obtenidos en el cálculo de emisiones GEI para cada caso de estudio, nos posibilitará obtener conclusiones cuantitativas acerca del grado de optimización de la gestión de recursos hídricos, de manera global desde un punto de vista de emisiones GEI para cada comunidad, y la evaluación de la distribución por periodos tarifarios de la política de riego implantada.

Como segundo objetivo establecemos el coste de las emisiones GEI que se incurre en cada Comunidad de Regantes con base en los derechos de emisiones de CO<sub>2</sub>. Cumplir con el protocolo de (Kioto

UNFCCC, 1998) lleva a formular los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, de manera que si se actúa de forma correcta se reporta un resultado económico. Los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> adquieren valor de mercado y se comercializan.

## Situación

La cuantificación de la huella de carbono generada en el manejo del agua de riego se aplica a diez casos concretos que se somete a estudio y comparación de resultados. Estas diez Comunidades de Regantes se distribuyen en el ámbito Comunidad Valenciana y Región de Murcia (ocho CCRR en la provincia de Alicante, una en la de Valencia y otra en Murcia)

Con objeto de preservar la privacidad de los datos y en particular de las Comunidades de estudio, se asigna un identificador a cada entidad obviando los nombres propios de las mismas. La muestra está compuesta por una representación particular de la zona, presentando variabilidad de tamaños y tipos de cultivos característicos del entorno.

La ubicación de las CCRR y su situación geográfica es la siguiente (Figura1). Su ubicación condiciona sus características agroclimáticas y las necesidades hídricas de sus cultivos.

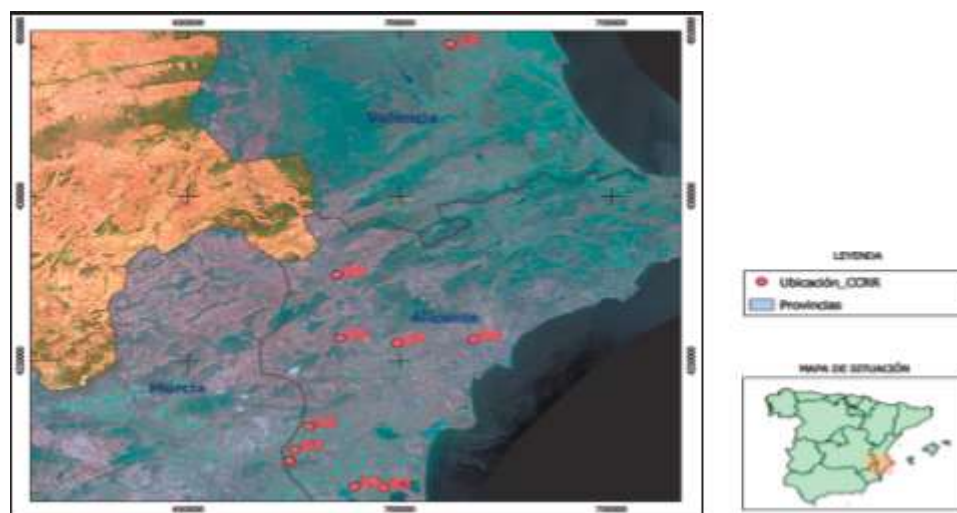


Figura 1. Ubicación geográfica "aproximada" de las CCRR.

## Descripción

La metodología de cálculo de emisiones GEI de este trabajo se basa en la propuesta por Munuera (2019) para lo cual se requiere disponer de información precisa y detallada del consumo energético de cada bombeo. Tras la visita a campo y medición de consumos, así como entrevistas a los responsables de las CCRR, se obtienen los registros del consumo de energía eléctrica dispuestos por periodos mensuales, y en los respectivos periodos tarifarios (punta, valle y llano) lo cual nos permite tras su correspondiente análisis determinar en qué periodo sería conveniente realizar el riego para minimizar las emisiones GEI. El consumo energético se mantiene, las emisiones, para un mismo consumo de energía puede minimizarse si se eligen periodos tarifarios con índice de transformación (kgCO<sub>2</sub>e/kWh) bajo.

El consumo de energía eléctrica medido y registrado, corresponde a los equipos que intervienen en el manejo de agua; su extracción y su distribución.

En la siguiente ilustración se presenta el Esquema Principal de Procedimientos. Diagrama de flujo de trabajo, el cual nos permite tener una visión integral de las tareas desarrolladas.

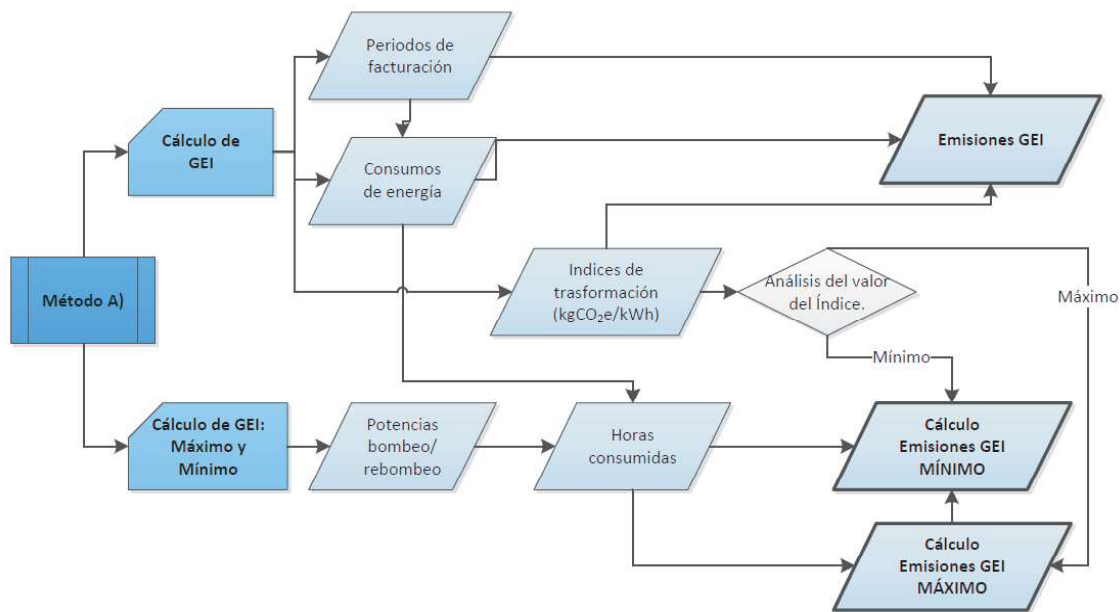


Figura 2. Esquema de cálculo de emisiones GEI

La información general se recopila por Comunidades de Regantes en tablas independientes y registros concretos con objeto de tener cada dato registrado en un solo campo, y así poder programar y automatizar los posteriores cálculos.

Fundamental para el éxito del trabajo es que los consumos de energía eléctrica registrados, se dispongan estructurados y detallados en cada una de las auditorias para cada Comunidad de Regantes. Para ello es requisito considerar y determinar los siguientes conceptos:

- Se establecen **periodos de facturación** mensuales, disponiendo de 12 periodos mensuales en cada auditoria. Cada hora de consumo de electricidad se “cataloga” en un **periodo tarifario**, (P1, P2, ..., P6). Cada período corresponde a una franja horaria diaria donde el precio de la energía y de la potencia es diferente
- La **energía consumida**, puede ser **activa** o **reactiva**. La energía reactiva es aquella que generan algunas maquinarias para crear el campo electromagnético y eléctrico que necesitan para funcionar. Por otro lado, la energía activa es aquella que puede convertirse en trabajo mecánico y calor. En el registro de los consumos de energía disponibles en cada una de las auditorias de las diferentes Comunidades de Regantes, disponemos de consumos de ambas energías.
- El **índice de transformación** es un factor numérico que relaciona la energía consumida por una actividad con la cantidad de emisiones GEI asociada a su generación, por ejemplo: kgCO<sub>2</sub>e/kWh. La elección del momento de consumir energía para el riego está influenciada directamente por los períodos tarifarios, por ello, se dispone de un índice de transformación de la energía eléctrica mensual para la serie de años analizada (2013-2019) distinguiendo por períodos tarifarios. Utilizamos los datos ofrecidos por Red Eléctrica de España (REE) en su página *web* ([www.ree.es](http://www.ree.es)), Índices de transformación mensuales en cada período, Punta, llano y valle (kgCO<sub>2</sub>e/kWh) correspondientes a cada año auditado.

Atendiendo a los conceptos anteriores, realizamos la operación de multiplicar el consumo de energía eléctrica (activa, reactiva) de cada periodo de facturación (mes) en cada periodo tarifario (P1, P2 y P3) por el índice de transformación correspondiente a ese mes y periodo tarifario respectivamente. De esta manera obtenemos la emisión GEI generada.

Resulta de interés cuantificar cuál sería la menor y mayor huella de carbono posible generada. Establecer umbrales mínimos y máximos potenciales en el manejo del agua de riego. Para este fin se consideran los periodos de tiempo (periodos tarifarios) en los que los índices de transformación son menores. A partir de este dato se determinan los periodos de tiempo más aconsejables para poner en funcionamiento los sistemas de manejo de agua de riego, con el objetivo de reducir las emisiones GEI vinculadas a esta actividad.

Se parte de los consumos de energía generados en cada periodo tarifario de cada periodo de facturación (mes). Requerimos conocer las horas de utilización de los sistemas de manejo de agua de riego, es decir, se precisa calcular las horas consumidas en cada periodo tarifario, y para ello relacionamos los consumos de energía con la potencia de los propios sistemas.

Posteriormente deducimos el índice de transformación menor de entre los tres periodos tarifarios. Ese periodo se corresponde con el más favorable para conseguir una reducción en las emisiones GEI. Por el contrario, el índice de transformación mayor de entre los tres periodos tarifarios supone el periodo en el que se aumentan las emisiones GEI vinculadas. Finalmente, multiplicando este índice de transformación (menor y mayor) por los consumos de energía en cada periodo de facturación, obtenemos los valores de emisiones GEI mínimos y máximos respectivamente.

## Resultados y Discusión

La labor previa de homogeneización en forma y disposición del amplio extracto de información recopilada de cada Comunidad de Regantes se resume en la tabla 1.

Para cada CCRR se presenta el número de bombeos que tiene instalados y si los contadores que registran los consumos de energía son independientes para cada bombeo o por el contrario se dispone de un contador global para toda la red/sistema de riego. Las características técnicas de cada bombeo, como potencia y altura, datos requeridos para el objeto del cálculo también son tabuladas junto a las particularidades de los terrenos, superficie regable y tipos de cultivos.

Los diferentes tipos de cultivos presentes en los casos prácticos sometidos a estudio, sumado a las múltiples configuraciones y disposiciones de los sistemas de bombeo nos aportan la expectativa de obtener resultados de alta variabilidad.

La **situación actual** se refleja en la tabla que a continuación se expone, tabla 2, muestra el valor de las emisiones GEI, a partir del registro de consumo de energía eléctrica correspondiente al manejo del agua de riego en cada CCRRs y sus respectivos contadores, en función de los distintos periodos tarifarios. Los datos presentados son datos anuales (aunque los cálculos se han realizado por meses, considerando el índice de transformación mensual). En esta tabla se observa las emisiones correspondientes a potencia activa (GEI activa), distinguiendo en periodos punta, valle y llano, y potencia reactiva. Por otra parte, se comparan los valores obtenidos GEI total (KgCO<sub>2</sub>e), con la menor y mayor huella de carbono posible, cubriendo las demandas hídricas de los cultivos, en ambos casos de estudio, con el riego suministrado. Estrictamente se analiza para la demanda satisfecha con independencia de si realmente se cubren todas las necesidades de riego al ser una zona caracterizada por una escasez de agua endémica y no todos los años se logra suministrar los requerimientos de los cultivos.

**Tabla 1.** Caracterización de las CCRRs. Principales datos relativos a bombeos y cultivos (superficie regable).

<i>CCRRs</i>	<i>Equipos bombeo</i>	<i>Contador</i>	<i>Potencia motor (kW)</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Superficie regable (ha)</i>	<i>Cultivos</i>
<i>CCRR 1</i>					<i>1.796,78</i>	<i>Cítricos (100%)</i>
	<i>1</i>	<i>Global</i>	<i>648</i>	<i>59,16</i>		
	<i>2</i>		<i>55</i>	<i>41,71</i>		
	<i>3</i>		<i>162</i>	<i>71,73</i>		
<i>CCRR 2</i>					<i>778,37</i>	<i>Cítricos (100%)</i>
	<i>1</i>	<i>Global</i>	<i>177</i>	<i>106,57</i>		
	<i>2</i>		<i>365,2</i>			
	<i>3</i>	<i>Independiente</i>	<i>90</i>	<i>22,39</i>		
	<i>4</i>	<i>Independiente</i>	<i>182</i>	<i>71,41</i>		
<i>CCRR 3</i>					<i>1.747</i>	<i>Cítricos (97,5%), Patata (1,25%), Alcachofa (1,25%)</i>
	<i>1</i>	<i>Independiente</i>	<i>160</i>	<i>52,39</i>		
	<i>2</i>	<i>Independiente</i>	<i>666</i>	<i>74,55</i>		
<i>CCRR 4</i>					<i>1.400</i>	<i>Cítricos (97,5%) Granada (2,5%)</i>
	<i>1</i>	<i>Global</i>	<i>566</i>	<i>128,74</i>		
	<i>2</i>		<i>41,5</i>	<i>21,92</i>		
<i>CCRR 5</i>					<i>1.130</i>	<i>Vid (100%)</i>
	<i>1</i>	<i>Global</i>	<i>150</i>	<i>160</i>		
	<i>2</i>		<i>90</i>	<i>60</i>		
<i>CCRR 6</i>					<i>1.085</i>	<i>Cítricos (25%), Patata (25%), Melocotón (25%), Olivo (25%)</i>
	<i>1</i>	<i>Independiente</i>	<i>510</i>	<i>44</i>		
<i>CCRR 7</i>					<i>2.000</i>	<i>Vid (95%); Cereales, Patata Olivo (5%)</i>
	<i>1</i>	<i>Global</i>	<i>496,6</i>	<i>91</i>		
	<i>2</i>			<i>14</i>		
	<i>3</i>			<i>45</i>		
<i>CCRR 8</i>					<i>310</i>	<i>Cítricos (100%)</i>
	<i>1</i>	<i>Independiente</i>	<i>258,18</i>			
	<i>2</i>	<i>Independiente</i>	<i>240</i>			
	<i>3</i>	<i>Independiente</i>	<i>45,39</i>			
	<i>4</i>	<i>Independiente</i>	<i>375</i>			
<i>CCRR 9</i>					<i>1.730</i>	<i>Patata (20%), Olivo (20%), Vid (20%) Almendro, (20%) Melocotón (20%)</i>
	<i>1</i>	<i>Independiente</i>	<i>102,92</i>	<i>51,43</i>		
	<i>2</i>	<i>Independiente</i>	<i>140,7</i>	<i>171,73</i>		
	<i>3</i>	<i>Independiente</i>	<i>290,13</i>	<i>145,665</i>		
	<i>4</i>	<i>Independiente</i>	<i>397,02</i>	<i>171,6,</i>		
	<i>5</i>	<i>Independiente</i>	<i>375,05</i>	<i>283</i>		
	<i>6</i>	<i>Independiente</i>	<i>190,77</i>	<i>262,79</i>		
<i>CCRR 10</i>					<i>593</i>	<i>Cítricos (30%) Melocotón (20%), Kaki (30%)</i>
	<i>1</i>	<i>Independiente</i>	<i>75</i>	<i>35</i>		
	<i>2</i>	<i>Independiente</i>	<i>75</i>	<i>35</i>		
	<i>3</i>	<i>Independiente</i>	<i>75</i>	<i>80</i>		

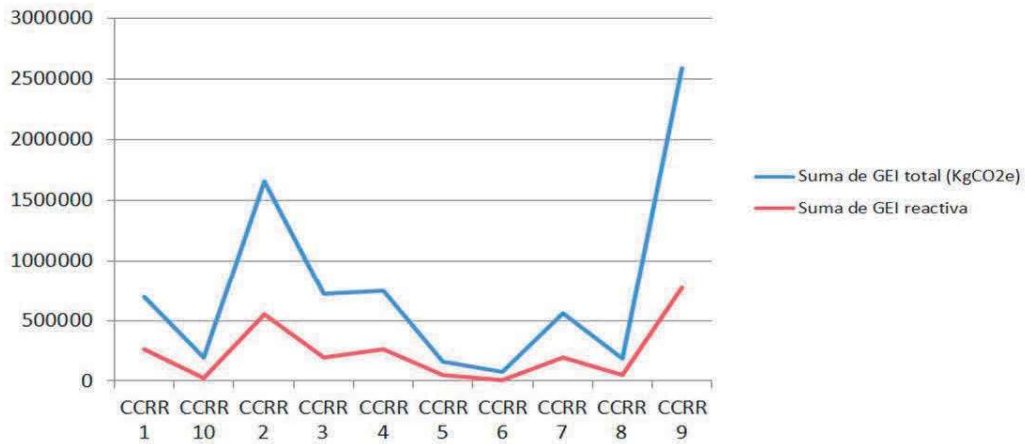
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Emisiones GEIs (KgCO<sub>2</sub>e) según potencia activa y reactiva por CCRRs y potencial de emisiones GEIs/ Máximo y mínimo.

CCRRs	GEI activa			GEI reactiva	GEI total (KgCO <sub>2</sub> e)	GEI mín (KgCO <sub>2</sub> e)	GEI max (KgCO <sub>2</sub> e)
	P1	P2	P3				
CCRR 1	81.769	134.690	223.235	259.239	<b>698.932</b>	681.461	717.073
CCRR 2	192.604	100.507	804.859	554.682	<b>1.652.652</b>	1.596.074	1.690.063
	189.128	78.778	608.234	381.812	<b>1.257.952</b>	1.216.525	1.287.801
	622	1.301	8.735	12.033	<b>22.691</b>	21.859	23.240
	2.854	20.428	187.890	160.837	<b>372.009</b>	357.690	379.022
CCRR 3	283.216	109.816	139.732	190.615	<b>723.379</b>	706.887	748.739
	95.234	19.217	54.671	57.546	<b>226.668</b>	222.292	232.092
	142.490	81.420	139.732	133.069	<b>496.711</b>	484.595	516.647
CCRR 4	80.297	238.831	162.027	262.321	<b>743.476</b>	725.209	769.034
CCRR 5	6.256	23.252	85.170	49.584	<b>164.262</b>	158.752	177.133
CCRR 6	12.508	26.863	28.948	11.500	<b>79.819</b>	77.121	84.175
CCRR 7	48.323	126.936	193.860	195.037	<b>564.156</b>	537.027	602.113
CCRR 8	27.075	51.776	58.860	48.933	<b>186.644</b>	182.301	192.463
	1.383	3.455	5.703	2.928	<b>13.469</b>	13.223	13.969
	18.448	35.438	42.279	37.563	<b>133.728</b>	130.690	137.982
	986	2.023	2.441	1.414	<b>6.864</b>	6.701	7.098
	6.258	10.860	8.437	7.028	<b>32.583</b>	31.687	33.414
CCRR 9	154.571	237.192	1.423.560	771.588	<b>2.586.911</b>	2.548.322	2.695.537
	1.005	14.760	34.514	13.897	<b>64.176</b>	63.184	67.167
	87.766	105.041	304.064	241.279	<b>738.150</b>	722.500	767.943
	61.196	93.430	266.169	149.465	<b>570.260</b>	560.052	590.274
	2.742	10.142	208.791	120.838	<b>342.513</b>	338.459	358.180
	942	8.857	410.407	153.611	<b>573.817</b>	568.818	600.136
	920	4.962	19.915	92.498	<b>297.995</b>	295.309	311.837
CCRR 10	7.2698	85.379	75.569	28.150	<b>196.366</b>	191.816	204.363
	895	32.382	32.795	1.772	<b>67.844</b>	66.097	70.090
	1.849	44.367	31.479	5.505	<b>83.200</b>	81.420	86.910
	4.524	8.630	11.295	20.873	<b>45.322</b>	44.299	47.363

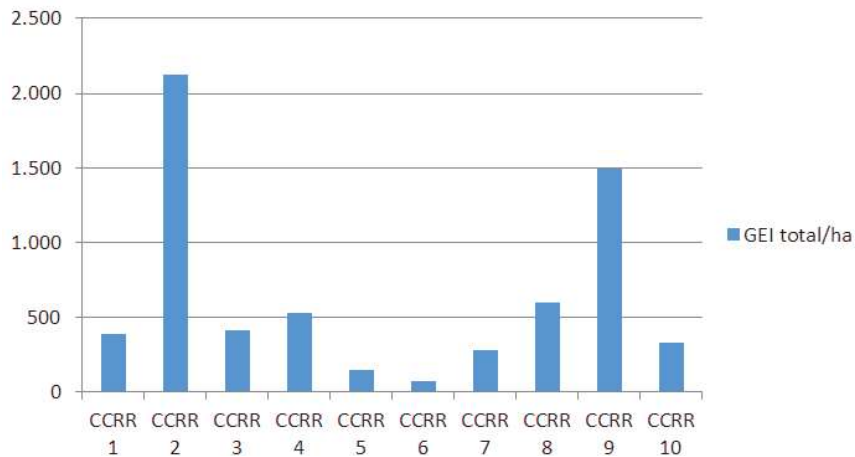
Fuente: Elaboración propia. (P1 es horas punta, P2 horas llano y P3 horas valle).

Las emisiones por potencia reactiva suponen casi un 30% de las emisiones totales, lo que significa que se está perdiendo mucha energía, y por tanto son emisiones que se pueden reducir potencialmente modificando el sistema de riego instalado.



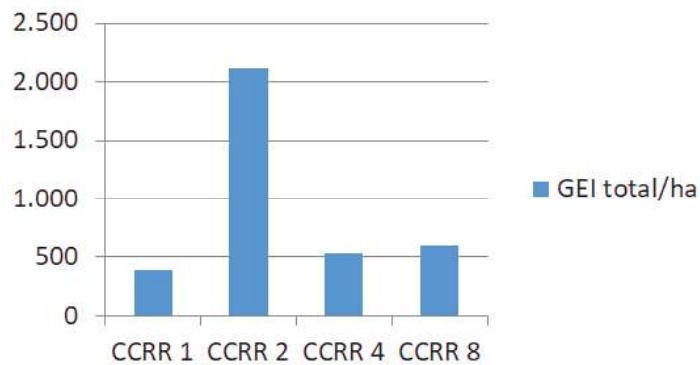
**Figura 3.** Suma de Emisiones GEI (KgCO<sub>2</sub>e) total frente a la suma de emisiones GEI (KgCO<sub>2</sub>e) generada por la energía reactiva.

Analizando los resultados de Emisiones GEI (KgCO<sub>2</sub>e) totales, se observa como las Comunidades de Regantes 2 y 9, cuadruplica y triplica respectivamente, las emisiones GEI por superficie regada, al resto de comunidades.



**Figura 4.** Emisiones GEI totales (KgCO<sub>2</sub>e) por unidad de superficie regada.

La necesidad hídrica varía respecto de cada tipo de cultivo, teniendo en consideración este factor, hacemos el análisis específico de las comunidades en las que más del 95% de la superficie es cultivada con cítricos, (CCRR-1, CCRR-2, CCRR-4 Y CCRR-8) se observa como la CCRR-2 mantiene su exceso de emisiones GEI respecto al resto de comunidades en igualdad de requisitos hídricos.

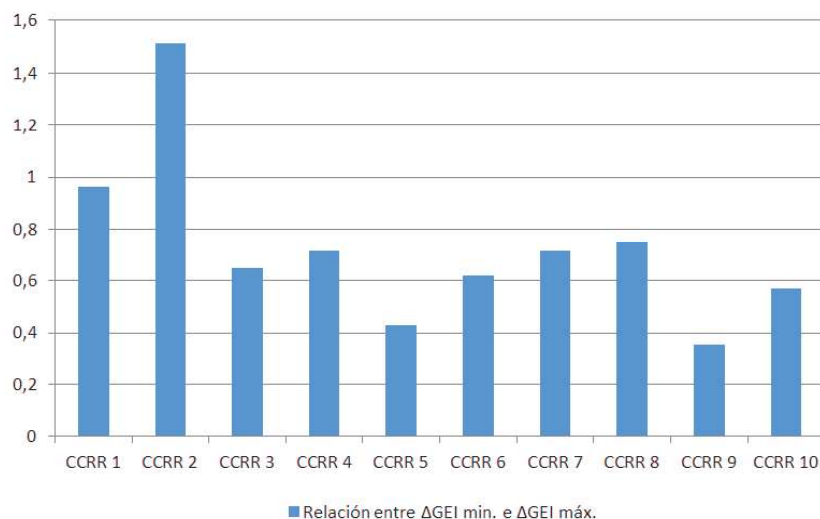


**Figura 5.** Emisiones GEI totales (KgCO<sub>2</sub>e) por unidad de superficie regada en cuatro comunidades de Regantes (más del 95% de la superficie cultivada de cítricos).

### Análisis y propuesta de optimización.

Centrándonos en las diferencias entre la emisión GEI total de cada CCRR, y su mínimo y máximo calculados, tenemos que los valores resultantes de la relación nos permiten analizar si la comunidad tiende a optimizar los recursos y favorecer la sostenibilidad ambiental reduciendo las emisiones GEI o por el contrario desarrolla prácticas que provocan emisiones GEI altas. Los valores menores que 1 representan aquellas comunidades que emiten emisiones GEI muy próximas a los valores de emisiones mínimos. Si el valor es mayor de la unidad, las emisiones GEI tienden a acercarse a los valores máximos, por consiguiente, si el valor es próximo a la unidad muestra que las emisiones GEI son el valor medio entre el mínimo y máximo.

En la figura 3 se evidencia que la CCRR-2 realiza emisiones GEI totales con tendencia a su máximo establecido, lo que implica que el riego en esta CCRR se ajusta a periodos tarifarios en los que las emisiones GEI suponen un alto coste para el medio ambiente. Sería positivo introducir una mejora de manejo del riego más sostenible.

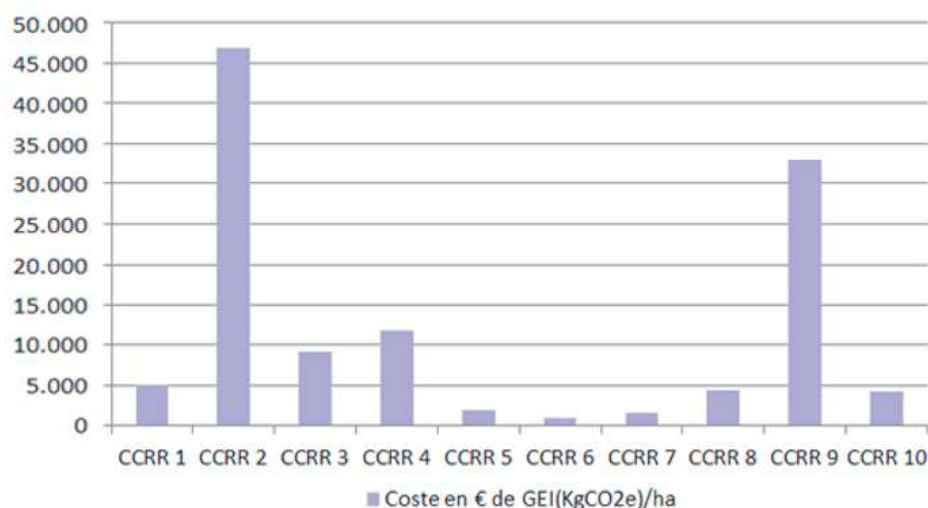


**Figura 6.** Relación de los incrementos entre emisión GEI total de cada CCRR, y su mínimo y máximo.

## Repercusión de las emisiones en costes.

El mercado del carbono fija cupos de emisiones a los mayores emisores europeos para permitir a los que reducen sus emisiones vender sus excedentes a quienes no consiguen disminuirlas (MITECO).

Con base a los derechos de emisiones de CO<sub>2</sub>, (SENDECO) establecemos el coste de las emisiones GEI en las que se incurre en cada Comunidad de Regantes.



**Figura 7.** Coste económico de las emisiones GEI totales por ha de cada CCRR.

Las emisiones generan un coste para la sociedad, el cual manifiesta los daños causados por las emisiones de estos gases, con el objeto de orientar las decisiones de los agentes económicos hacia soluciones de bajas emisiones. El coste económico que suponen las emisiones GEI por unidad de superficie para la CCRR-2 y CCR-9, manifiesta una actividad extrema, total discrepancia entre la cantidad de emisiones y la cantidad de producto generado.

## Conclusiones

La elección del momento de consumir energía para el manejo del agua para riego (extracción de agua y aplicación a los cultivos), está condicionada en gran parte por el precio de la energía. Los agricultores eligen los períodos más económicos para consumir energía eléctrica convencional, evitando en la medida de lo posible los períodos más caros. Pero este criterio de elección horaria no es la que menor huella de carbono genera en la mayoría de los casos analizados. Invertir este proceso y lograr una reducción de la huella de carbono es un trabajo de todos y una estrategia a considerar.

Realizar un cambio, una modernización de los sistemas de riego supone un coste inicial para el propietario, si bien a largo plazo, este coste se ve compensado en las dos vertientes; ahorro económico en la factura mensual para el consumidor y reducción de emisiones GEI, lo que a su vez implica contribuir al desarrollo sustentable evitando el calentamiento de la Tierra.

## Referencias

Comisión Europea. 2013. AgriClimateChange – Combating climate change through farming: application of a common evaluation system in the 4 largest agricultural economies of the EU LIFE09 ENV/ES/00044, Bruselas.



Munuera, A., 2019. Determinación de la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica convencional para el uso de agua de riego. Universidad de Castilla La Mancha. Albacete

REE Red Eléctrica Española. Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisiones de CO<sub>2</sub>. Disponible en: <https://demanda.ree.es/visiona/seleccionar-sistema>.

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>.

MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Aplicaciones para el cálculo de emisiones GEI de una organización.

[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/not\\_apl\\_ce\\_tcm30-178296.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/not_apl_ce_tcm30-178296.pdf). MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. El Comercio de derechos de emisión en España.

<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2> (accessed on 10 July 2020). SENDECO. Sistema europeo de negociación de CO<sub>2</sub>.

UNFCCC. 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework. *Rev Eur Community Int Environ Law*, 7, 214–217. doi: 10.1111/1467-9388.00150.