



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Huella de carbono en una explotación arrocerá

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Bioambiental y del Paisaje

AUTOR/A: Ortiz Ramos, María José

Tutor/a: Clemente Polo, Gabriela

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
DEL MEDIO NATURAL

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA BIOAMBIENTAL Y DEL
PAISAJE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

HUELLA DE CARBONO EN UNA EXPLOTACIÓN ARROCERA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Autor/a:

Ortiz Ramos, María José

Tutor/a:

Clemente Polo, Gabriela

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2023-1

Título: HUELLA DE CARBONO EN UNA EXPLOTACIÓN ARROCERA

Resumen

El cultivo del arroz tiene una enorme importancia alimentaria, social y económica en el mundo. No obstante, como cualquier actividad agrícola, es un sistema productivo emisor de Gases de Efecto Invernadero. Es por ello que el cálculo de la huella de carbono presenta gran interés de cara a proponer acciones para disminuirla.

El objetivo de este estudio es calcular la huella de carbono del proceso de producción de arroz de una explotación que consta de 165 hectáreas de cultivo de arroz en la provincia de Valencia. Entre las actividades que se efectúan en el cultivo del arroz que generan emisión de GEI se encuentra la aplicación de fertilizantes nitrogenados; el uso de combustibles fósiles en las labores con maquinaria como aplicaciones, preparación del terreno y trasplante; además de la emisión que se produce de metano del propio cultivo. El cálculo se realiza siguiendo las directrices propuestas por el Ministerio para la Transición Ecológica para el cálculo de la huella de carbono de una explotación agrícola.

La huella de carbono de la explotación para los años estudiados oscila entre 850 y 898 t CO₂ eq, que representa entre 5,14 y 5,44 t CO₂ eq/ha o entre 0,68 y 0,87 t CO₂ eq/t producción.

Title: CARBON FOOTPRINT AT A RICE FARM

Abstract

Rice cultivation is of enormous food, social and economic importance in the world. However, like any agricultural activity, it is a productive system emitting Greenhouse Gases. That is why the calculation of the carbon footprint is of great interest in order to propose actions to reduce it.

The objective of this study is to calculate the carbon footprint of the rice production process of a farm consisting of 165 hectares of rice cultivation in the province of Valencia. Among the activities carried out in rice cultivation that generate GHG emissions are the application of nitrogen fertilizers; the use of fossil fuels in the work with machinery such as applications, land preparation and transplanting; in addition to the emission of methane produced by the crop itself. The calculation is made following the guidelines proposed by the Ministry for Ecological Transition for calculating the carbon footprint of a farm.

The carbon footprint of the farm for the years studied ranges between 850 and 898 t CO₂ eq, which represents between 5.14 and 5.44 t CO₂ eq/ha or between 0.68 and 0.87 t CO₂ eq/t production.

Autora: María José Ortiz Ramos

Tutora: Gabriela Clemente Polo

Palabras clave: Cambio climático; efecto invernadero; arroz; huella de carbono; Valencia.

Key words: Climate change; greenhouse effect; rice; carbon footprint; Valencia

Valencia, Julio de 2023

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi Directora Académica, Gabriela por ofrecerme la oportunidad de estudiar una cultivo tan simbólico para mí, como es el arroz, desde un enfoque tan actual como es la huella de carbono y además por poner siempre a mi disposición sus conocimientos, su ayuda, su experiencia y su sabiduría.

Quisiera, como no, agradecer la ayuda y el apoyo que he recibido de todos mis compañeros de máster, entre todos hemos hecho un gran grupo, colaborando, compartiendo experiencias y conocimientos.

Pero mi mayor reconocimiento es para mis padres y a mis suegros, los cuales me han ayudado a poder compaginar el trabajo, el estudio del máster con la conciliación familiar y el cuidado de mis hijos.

Así mismo, al resto de mi familia a los que siempre he tenido a mi lado y de los que he dispuesto de su incalculable ayuda.

Tampoco puedo olvidarme de la persona más importante que, desde la carrera de Ingeniero Agrónomo, por allá el año 2003, ha marcado mi vida de una forma muy especial, gracias Juan, porque desde que te conocí, tú has sabido ayudarme en los buenos y en los malos momentos, siempre has estado a mi lado y me has aportado tu alegría y tus consejos.

Por último, a mis dos hijos, Carla y Juan, por entender y comprender la necesidad que tenía de hacer este máster, y ayudarme a llevarlo a cabo.

A todos, muchas gracias

Índice

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. El cultivo del arroz.....	1
1.1.1. Labores preparatorias.	1
1.1.2. Abonado del arroz.	2
1.1.2.1. Nitrógeno.....	2
1.1.2.2. Fósforo.....	3
1.1.2.3. Potasio.	4
1.1.3. Siembra del arroz.	4
1.1.4. Malas hierbas en el cultivo del arroz.....	4
1.1.5. Plagas del arroz.....	5
1.1.6. Enfermedades del arroz.	5
1.1.7. Consideraciones.	6
1.2 Agricultura y cambio climático.	6
1.3. Huella de carbono. Definición y cálculo.	10
1.4. Registro de la huella de carbono.	11
2. OBJETIVOS.	13
3. METODOLOGÍA.	14
3.1. Descripción de la calculadora.	14
3.2. Determinación de los límites de la explotación y los límites operativos.	15
3.3. Recopilación de los datos que definen las actividades.....	15
3.4. Búsqueda de factores de emisión adecuados.	16
3.5. Análisis de escenarios.	17
3.6. Análisis de sensibilidad.	17
3.7. Calculadora de absorción.....	17
4. RESULTADOS.....	18
4.1. Inventario de datos.....	18
4.1.1. Consumo de fertilizante, riqueza y forma de nitrógeno aplicada.....	18
4.1.2. Consumo de combustibles fósiles en vehículos y maquinaria agrícola.	18
4.1.3. Consumo en electricidad contratada.	18

4.1.4. Producción de arroz de la explotación.....	19
4.2. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con el cultivo del arroz.	19
4.2.1. Emisiones directas (Alcance 1).....	19
4.2.1.1. Emisiones de N ₂ O.....	19
4.2.1.2. Aplicación de urea.	21
4.2.1.3. Emisiones de metano.	21
4.2.1.4. Emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles en vehículos y maquinaria.....	21
4.2.2. Emisiones indirectas (Alcance 2).....	22
4.3. Huella de carbono.....	22
4.4. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del arroz y de sensibilidad sobre la fertilización.	26
4.5. Resultados para la inscripción de la huella de carbono de la organización en el Registro de huella de carbono.....	28
5. Conclusiones.....	30
6. Bibliografía.....	31
ANEXO A. Complimentación de la calculadora.	35
ANEXO B. RELACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE MÁSTER CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030.	43

Índice de Tablas

Tabla 4.1.1.1. Consumo de fertilizante, riqueza en N y forma de nitrógeno aportado.	18
Tabla 4.1.2.1. Consumo de combustibles fósiles en transporte por carretera y maquinaria agrícola.	18
Tabla 4.1.3.1. Consumo en electricidad contratada.	19
Tabla 4.1.4.1. Producción de arroz (t).	19
Tabla 4.2.1.1.1. Emisiones derivadas del fertilizante sintético nitrogenado (kg CO ₂ eq).	20
Tabla 4.2.1.1.2. Emisiones derivadas de los residuos del cultivo de arroz (kg CO ₂ eq).	20
Tabla 4.2.1.1.3. Emisiones indirectas de N ₂ O (kg CO ₂ eq).....	20
Tabla 4.2.1.2.1. Emisiones de CO ₂ por el consumo de urea (kg CO ₂ eq).....	21
Tabla 4.2.1.3.1. Emisiones de metano del cultivo del arroz (kg CO ₂ eq).	21
Tabla 4.2.1.4.1. Emisiones del transporte por carretera (kg CO ₂ eq).	21
Tabla 4.2.1.4.2. Emisiones del funcionamiento de maquinaria móvil agrícola (kg CO ₂ eq).	22
Tabla 4.2.2.1. Emisiones indirectas por la compra de electricidad (kg CO ₂ eq).....	22
Tabla 4.3.1. Resultados emisiones totales.	23
Tabla 4.3.2. Huella de carbono.....	24
Tabla 4.4.1. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del cultivo del arroz de la explotación.	26
Tabla 4.4.2. Análisis de sensibilidad sobre reducción de la fertilización aplicada.	27

Índice de Figuras

Figura 1.2.1. Emisiones de GEI antropogénicas netas a nivel global durante 1990–2019.	7
Figura 1.2.2. Emisiones globales de GEI por sectores 2019.	7
Figura 4.3.1. Influencia de las actividades de la explotación en la huella de carbono.	23
Figura 4.3.2. Emisiones relativas por actividad de la organización.	25
Figura 4.4.1. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del cultivo del arroz de la explotación.	27

Figura 4.4.2. Análisis de sensibilidad sobre la reducción de la fertilización aplicada en 2022 en la explotación. 28

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. El cultivo del arroz.

Las formas en las que se cultiva el arroz difieren mucho de una zona arroceras a otra (Sevilla, La Albufera de Valencia, Delta del Ebro, Extremadura, Huesca, Murcia, Navarra o El Marjal de Pego-Oliva). Según los expertos consultados, estas diferencias se deben a la climatología, el agua (su disponibilidad, su calidad o su manejo) y a las variedades cultivadas (en Sevilla la gran mayoría de arroces cultivados son de tipo Índica y en Valencia la gran mayoría son de tipo Japónica).

A partir de entrevistas con agricultores especializados en este cultivo, se detallan a continuación, las labores de cultivo más comunes.

1.1.1. Labores preparatorias.

El cultivo del arroz tiene lugar desde octubre (inundación si es posible en ese momento) hasta septiembre (recogida de la cosecha), y durante este transcurso de tiempo se realizan diversas labores.

Son frecuentes en muchas zonas arroceras las labores en otoño, para enterrar los restos de cosecha, con la finalidad de provocar su descomposición tanto en situación aeróbica (en zonas no inundadas en invierno), como anaeróbica (en zonas inundadas en invierno) y que estos restos no aparezcan dificultando la germinación. Estas labores se realizan con maquinarias diversas, arados múltiples, gradas de disco, rodillos de barras, etc.

La primera labor que se puede realizar hacia finales de febrero es la del fanguado, que se realiza para destruir las adventicias que hayan podido germinar y crecer durante el invierno. Esta labor se realiza con un tractor de 70 a 80 CV de potencia y unas ruedas metálicas especiales llamadas "gàbies", aunque también se utiliza el mismo tractor con fresadora.

La labor principal a partir de marzo es la de obtener una capa arable de unos 25 cm donde se desarrolla la mayor parte de la planta. En la zona de Valencia, en la actualidad, para conseguir esta capa arable se usa el cultivador, la fresadora o el rulo, ya sean combinados o a solas, aunque la mejor labor desde un punto de vista agronómico es la combinada, cultivador y fresadora o cultivador y rulo. Para la realización de estas labores de cultivo se suelen emplear tractores de más de 85 CV de potencia.

En esta época también se realiza la nivelación del campo de arroz, si no es posible todos los años, es recomendable cada dos o tres años. La nivelación se realizaba con traíllas y niveladoras de

cuchillas dirigidas por la buena práctica de los tractoristas y, desde hace más de 30 años, se usan las niveladoras dirigidas por rayos láser.

Después de haber preparado la tierra es el momento de realizar el abonado, desde hace años se realiza un único abonado, siendo este de fondo, salvo que exista alguna carencia de nutrientes que se abona ya en cobertera en el "aixugó". "L'eixugó" es una seca que se realiza a los 45 días de la siembra del arroz y se aprovecha para la realización de tratamientos herbicidas. La práctica habitual es realizar una única aplicación pues es más ventajoso para el agricultor. No obstante, la bibliografía (Tinarelli) así como la Conselleria de Agricultura (Orden 10/2018) recomiendan dos aplicaciones.

Después del abonado de fondo se debe incorporar el abono al terreno por lo que se realiza un pase de fresadora o rulo. Estas labores que se efectúan con el terreno seco, durante los meses de marzo y abril. Si se realiza abonado en cobertera no se realiza ninguna labor de incorporación debido a que el cultivo ya está implantado.

1.1.2. Abonado del arroz.

A continuación, se resumirán las necesidades de macronutrientes (N-P-K) a tener en cuenta durante el cultivo del arroz en la CV.

1.1.2.1. Nitrógeno.

La planta de arroz necesita absorber 19-21 kg de nitrógeno para producir una tonelada de arroz (Tinarelli, 1989). Este nitrógeno lo absorbe la planta a lo largo de su ciclo de cultivo.

El nitrógeno absorbido por la planta de arroz se almacena en las hojas y, principalmente, en la hoja bandera. Después de la floración se realiza el transporte o traslocación de los compuestos sintetizados hacia la panícula y los granos en formación. Al terminar la maduración, los granos contienen el 75 % del nitrógeno asimilado por la planta. Después de la recolección, la paja de arroz contiene solamente un 0,5 % de nitrógeno respecto a la materia seca.

La planta de arroz absorbe el nitrógeno en forma amónica durante la fase vegetativa, hasta la iniciación de la panícula: este nitrógeno estimula el ahijamiento y favorece la producción de mayor número de panículas. Desde el inicio de la fase reproductiva, el arroz absorbe de manera preferente el nitrógeno en forma nítrica, pero también, aunque en menor grado, absorbe la forma amónica; este nitrógeno favorece el incremento del número de espiguillas (Tinarelli, 1989).

Para su aplicación, el fraccionamiento del abonado nitrogenado presenta ventajas sobre la aplicación única, para ello se distribuye en dos veces (75 % como abonado de fondo, 25 % a la iniciación de la panícula). En cuanto a la clase de abono a utilizar y el modo de aplicación difiere entre el abonado de fondo y el de cobertera. En el primero, conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada, fresadora o rulo, para evitar las pérdidas de nitrógeno. En el abonado de cobertera a la iniciación de la panícula, se puede utilizar el nitrato amónico pues la planta de arroz puede absorber nitrógeno en forma nítrica a partir de la iniciación de la panícula.

Los abonos nitrogenados utilizados normalmente son el sulfato amónico, la urea o abonos complejos. También pueden utilizarse fertilizantes nitrogenados de liberación controlada. Cabe indicar que en el nuevo periodo de la Política Agrícola Común (PAC) 2023-2027, en su desarrollo normativo en la Comunidad Valenciana, por la ORDEN 5/2023, de 8 de marzo, de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, un compromiso agroambiental en superficies agrarias: mantenimiento o mejora de hábitats y de actividades agrarias tradicionales (cultivo arroz) que preserven la biodiversidad es la de *empleo de fertilizantes con inhibidores de nitrógeno, debiendo cumplir esta condición la totalidad de los fertilizantes aplicados*

1.1.2.2. Fósforo.

Las plantas de arroz van absorbiendo fósforo a lo largo de todo el período de intensa actividad vegetativa, disminuyendo la tasa de absorción a partir de la floración, de tal manera que en el espigado o ejerción de la panícula ya se han absorbido los 2/3 del fósforo total. Este fósforo se acumula en un principio en hojas y tallos y durante el período de maduración se traslada a los granos, los cuales, en la época de la recolección, contienen las 4/5 partes del fósforo total absorbido por la planta. Esto quiere decir que con la recolección se saca del suelo casi todo el fósforo absorbido, fósforo que, hay que reponer con el abonado.

Según esto, las plantas de arroz necesitan encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo. De ahí que sea conveniente el aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. En cuanto a las cantidades de fósforo a aplicar, se recomienda cantidades que van desde 50 a los 80 kg de P₂O₅/ha.

1.1.2.3. Potasio.

La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. Las cantidades de nitrógeno y potasio absorbidas por las plantas de arroz son prácticamente iguales. Sin embargo, aportes elevados de potasio raras veces se han traducido en incrementos de producción como sucede con el nitrógeno. Esto se puede explicar por un aporte natural de potasio que tiene lugar de distintas maneras: con el agua de riego; por la descomposición de minerales de alto contenido en potasio; por la descomposición de la materia orgánica; por la quema o la incorporación al suelo de la paja y de los rastrojos que devuelve al suelo la mayor parte del potasio extraído por la cosecha ya que la paja de arroz contiene en la recolección las 3/4 partes del potasio total absorbido. Esto quiere decir que, salvo en casos raros, el suelo de un arrozal tiene una riqueza natural en potasio que hace que los aumentos adicionales que se realizan con el abonado no se traduzcan en aumentos espectaculares de la producción. De lo dicho anteriormente se deduce la dificultad de la recomendación de las cantidades de potasio que hay que aplicar al suelo. Según Tinarelli, (1989) se pueden emplear dosis que varían entre 80 y 150 kg de óxido de potasio por hectárea.

1.1.3. Siembra del arroz.

A principios de mayo se inundan los campos, en ese mismo instante se realiza la pregerminación de las semillas sumergiéndolas un par de días en agua, aprovechando un canal de riego, un bidón lleno de agua, embalses, etc. Se debe dejar escurrir la semilla un día antes de realizar la siembra. Las dosis de siembra utilizadas oscilan entre 120 y 240 kg/ha, en función de la variedad de la semilla, de su calidad, del grado de preparación de la tierra, y de la fecha de siembra (a mayores temperaturas, menores dosis de siembra).

La siembra se hace a voleo con abonadora suspendida en un tractor de menos de 55 CV de potencia o por medio aéreo. Las abonadoras centrífugas de dos platos son las más utilizadas, por su mejor distribución. Es práctica habitual hacer una siembra densa en pequeñas zonas para realizar un eventual trasplante en relación de 1 ha de plantel para 50 o 70 ha de cultivo.

1.1.4. Malas hierbas en el cultivo del arroz.

Las malas hierbas son el principal problema en el cultivo del arroz, adventicias como *Echinochloa spp*, *Scirpus spp* y *Oryza sativa* L. (arroz salvaje) son las que más dificultan el cultivo, por su competencia y por su germinación escalonada. También existen otras muchas especies de adventicias que en mayor o menor medida crean problemas: *Bergia capensis*, *Ammannia spp*, *Lemna gibba* L., *Potamogeton nodosus*, *Typha angustifolia*, *Alisma spp*, *Cyperus spp*, *Nasturtium officinale*,

Lidernia dubia, *Diplachne fascicularis*, *Paspalum distichum*, *Marsilea quadrifolia*, *Ludwigia grandiflora* o *Heteranthera spp* y algunos tipos de algas: *Chara foetida*, *Tolypella spp*, *Oscillatoria limosa*, *Hydrodycton reticulatum*, *Cladophra glomerata*, *Spheroplea annulina*, *Spyrogira spp* o *Oedogonium capilliforme*. Según los expertos consultados, en la zona arrocerá de Valencia, es bastante habitual realizar entre dos y tres tratamientos herbicidas autorizados, el primero sería en el “aprimó” (seca realizada a los 10 días de siembra, y los otros dos en el “eixugó”

1.1.5. Plagas del arroz.

Otro problema del cultivo del arroz son las plagas como: *Chironomus spp*, *Sesamia spp*, *Eusarcoris incospicuus* o *Mythimna unipuncta*, pero sobre todas ellas resalta *Chilo suppressalis* walk (el barrenador o “cucat” del arroz), el cual puede producir grandes mermas de cosecha.

El barrenador del arroz es una mariposa de costumbres nocturnas, que deposita los huevos en plastones u ovoplasas en ambas superficies de las hojas de arroz y los cubre con una especie de secreción cerea amarilla. Después de la eclosión, las larvas recién nacidas ocasionan ligeras mordeduras en las hojas dispuestas en el sentido de la nerviación, y a continuación perforan el tallo y penetran en él de una forma directa, o bien penetran hasta el nudo a través de la vaina; pero, de cualquier forma, se van desarrollando dentro del tallo hasta que lo atrofian completamente. Las panículas de las plantas atacadas resultan estériles y adquieren una coloración blanquecina que en algunos casos podría parecerse a los daños debidos a *Pyricularia*. En la parte inferior de los tallos, más o menos a la altura del nivel del agua, tiene lugar la transformación de orugas en crisálidas y, al cabo de un tiempo más o menos largo, aparece la mariposa. El número de generaciones anuales oscila de dos a tres, dependiendo de las condiciones climatológicas.

Tradicionalmente en la zona de Valencia, se ha venido usando insecticidas como la forma de control más habitual, pero desde hace más de 20 años se utilizan feromonas (atrayerente sexual) de la hembra del barrenador para producir la confusión sexual del macho y así reducir su nivel poblacional a niveles tolerables, este tipo de lucha es totalmente específico contra la plaga en cuestión y respetuoso con el medio ambiente.

1.1.6. Enfermedades del arroz.

En los últimos veinte años la incidencia de las enfermedades criptogámicas se ha incrementado, especialmente *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia*), la cual puede producir pérdidas de cosecha por encima del 80 %. La otra enfermedad que afecta en menor medida al cultivo del arroz es

Helminthosporium (Bipolaris oryzae), la cual en sus primeros estadios es muy parecida a *Magnaporthe oryzae*, pero no provoca un daño tan grande, sino que solamente produce la fallada de pocos granos, dentro de la misma panícula. Para el control de las enfermedades fúngicas descritas, según los expertos consultados, lo habitual es realizar dos tratamientos con productos autorizados de carácter preventivo, el primero en el “ventrellat” o estado de zurrón avanzado (la espiga está formada en el interior del tallo y este empieza a hincharse), y el segundo con un 50 % de espigas emergidas.

1.1.7. Consideraciones.

Como consecuencia del ciclo de cultivo del arroz en la zona de Valencia, existen unas tareas que hay que realizar y que son necesarias para la obtención de una buena cosecha. Como labores preparatorias estaría un pase de fangueado, dos pasadas de cultivador y una de fresadora o de rulo, debiendo realizar cada dos años como mínimo una nivelación del terreno. El abonado se realiza aportando como máximo 170 unidades fertilizantes (UF) de Nitrógeno y realizándose como abonado de fondo en una sola pasada. La siembra se realiza a una dosis de entre 120 y 240 kg/ha según la variedad elegida. Para el control de las algas y hierbas adventicias se realiza, un buen control de la lámina del agua, de dos a tres aplicaciones de productos herbicidas. Para el control del “cucat” del arroz se utiliza el método de la confusión sexual descrito anteriormente. Se realizan también dos tratamientos fungicidas los cuales pueden ser en aplicación terrestre o aérea, con los productos autorizados. Para finalizar el ciclo de cultivo anual solamente queda la recolección mecánica del arroz mediante una cosechadora de cereales adaptada a las condiciones de cultivo.

1.2. Agricultura y cambio climático.

El sistema climático se encuentra en desequilibrio energético debido principalmente a cambios en la composición atmosférica de los gases de efecto invernadero, de forma que recibe más energía de la que se emite.

La temperatura media global de la superficie terrestre ha experimentado incrementos sucesivos en las últimas cuatro décadas, de forma que en 2011-2020 fue aproximadamente 1,09 °C superior a la de 1850-1900. (MITECO, 2021).

El calentamiento global del planeta se observa de manera inequívoca, con cambios generalizados y rápidos en la atmósfera, ya que la atmósfera y los océanos continúan calentándose, la nieve y el hielo disminuyendo y el nivel del mar se mantiene en alza. Los cambios están afectando a muchos ecosistemas naturales.

Según el informe del IPCC de 2022 (MITECO, 2022), la influencia humana en el sistema climático es clara, como puede observarse en la Figura 1.2.1, las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) han seguido aumentando durante el período 2010-2019 a nivel global, al igual que también han seguido aumentando las emisiones netas de CO₂ acumuladas desde 1850. El promedio anual de emisiones de GEI durante el periodo 2010-2019 ha sido más elevado que en cualquier década anterior, pero su tasa de crecimiento durante ese mismo periodo ha sido menor que en 2000-2009.

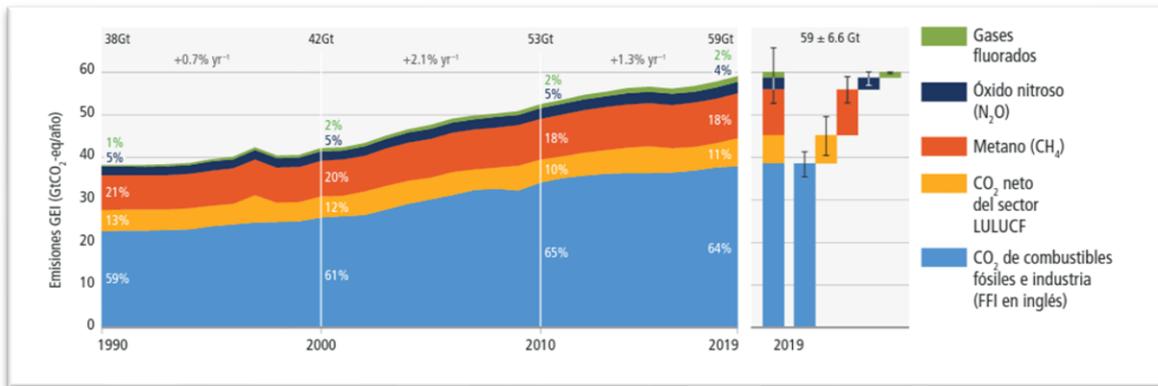


Figura 1.2.1. Emisiones de GEI antropogénicas netas a nivel global durante 1990–2019. Fuente: Informe del Grupo de Trabajo III del IPCC (2022).

En la figura 1.2.2 se observa que, en 2019, aproximadamente el 33% del total de las emisiones provenían del sector del suministro de energía, el 24% de la industria, el 22% de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), el 15% del transporte y el 6% del sector de la edificación.

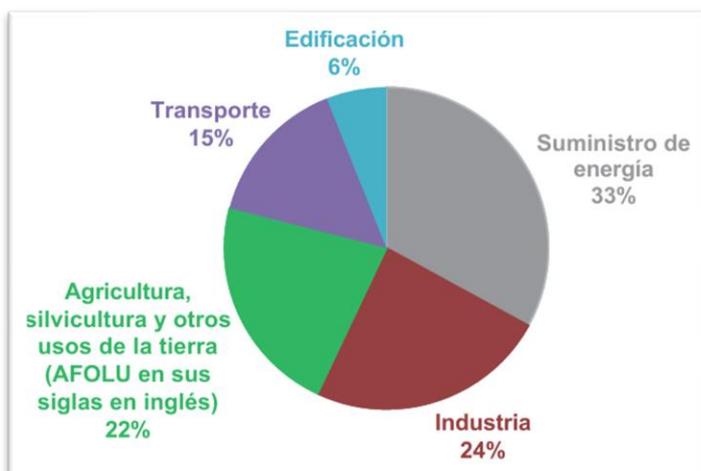


Figura 1.2.2. Emisiones globales de GEI por sectores 2019. Fuente: Informe del Grupo de Trabajo III del IPCC (MITECO, 2022).

Limitar el calentamiento global inducido por el ser humano a un nivel específico requiere limitar las emisiones acumuladas de GEI, lo que implica alcanzar al menos emisiones netas cero de CO₂,

sumado a fuertes reducciones en las emisiones de otros gases de efecto invernadero. La consecución de emisiones netas de CO₂ cero requerirá además la aplicación de técnicas de eliminación antropogénica de cantidades sustanciales de CO₂ de la atmósfera. Estas técnicas consisten en capturar CO₂ de la atmósfera y almacenarlo de forma duradera.

El sector agrario tiene la particularidad de ser el único sector capaz de producir emisiones (derivadas del uso de los combustibles fósiles, de la gestión de los suelos y del uso de fertilizantes, de la quema de residuos agrícolas, de la ganadería, de los arrozales, el encalado de los suelos y el uso de urea) pero también es capaz de ejercer de sumidero de CO₂ a través de la capacidad que tiene el suelo y los cultivos leñosos de captar CO₂.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), 2023, prácticamente la mitad de las emisiones de este sector están generadas por el uso de fertilizantes y la gestión de los suelos, mientras que la otra mitad está provocada por la ganadería (fermentación entérica y gestión de estiércoles).

Por tanto, existe la necesidad de evaluaciones más integradas de las emisiones agrícolas de GEI. Para ello el cálculo de la huella de carbono ofrece un buen marco metodológico para esta tarea. En definitiva, las emisiones que pueden atribuirse a la actividad agraria incluyen (Aguilera, E., 2019):

- Emisiones directas de óxido de nitroso (N₂O) del suelo.
- Emisiones directas de metano (CH₄) de suelos inundados.
- Emisiones por quema de residuos de cosecha (N₂O y CH₄). El CO₂ liberado en la quema de residuos de cosecha no se considera, porque ha sido fijado previamente por los cultivos.
- Emisión o secuestro de carbono resultante del balance de Carbono Orgánico del Suelo (COS).
- CO₂ (principalmente) del uso de combustibles fósiles en la maquinaria y calefacción.
- Las emisiones de metano (CH₄) de la fermentación entérica de los animales.
- El metano y el óxido de nitroso provenientes del manejo de las excretas de los animales.
- Las emisiones agrícolas indirectas, que tienen lugar fuera de la explotación. Estas incluyen:
 - Las emisiones “aguas arriba”, referidas a la producción de los insumos (combustibles, electricidad, fertilizantes, plaguicidas, maquinaria, edificios, etc.).
 - Las emisiones “agua abajo”, que incluyen emisiones indirectas de N₂O (principalmente a partir de transformaciones fuera de la finca del NH₃ volatilizado y el NO₃⁻ lixiviado).
 - Las emisiones por deforestación.

Además del papel de la agricultura como emisora de GEI, observamos que ella misma se encuentra afectada por un medio ambiente cambiante, y a la vez también se conoce que la agricultura puede jugar otro papel, por ejemplo, como sumidero gracias a la captación de CO₂. De este modo, la

agricultura no sólo debe ser reconocida como contaminadora sino también como parte afectada e incluso como protectora. Cabe destacar que existen modelos de producción de alimentos, como la agricultura convencional o industrializada o la agricultura ecológica, que no actúan de igual modo frente al cambio climático.

El modelo de agricultura industrializada es actualmente el más instaurado y es el que precisamente pone en marcha las prácticas que más favorecen estas emisiones de GEI como pueden ser el uso excesivo de fertilización nitrogenada de síntesis química y las emisiones de metano procedentes de ganadería intensiva.

En el caso concreto del cultivo del arroz, éste tiene una enorme importancia mundial en términos alimentarios, sociales y de emisión de GEI. Los GEI implicados en el sistema de producción de arroz son el gas metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el dióxido de carbono (CO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs), cuyas concentraciones en el ámbito nacional tienden a aumentar año a año contribuyendo así a ahondar el problema del calentamiento del sistema climático. A continuación, se explica brevemente la contribución de cada uno de ellos:

-El gas **metano (CH_4)**, es producto de la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018). En el sector agrícola, las mayores emisiones de CH_4 son generadas por los cultivos que requieren el uso de suelos anegados como el arroz, quien representa aproximadamente una quinta parte del total de las emisiones antropogénicas (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018). En España el único cultivo con prácticas de inundación es el arroz.

-El **óxido nitroso (N_2O)**, se produce de forma natural en los suelos mediante los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. Algunas actividades agrícolas aportan nitrógeno a los suelos, aumentando la cantidad de este elemento disponible para ambos procesos y, en definitiva, la cantidad de N_2O emitido hacia la atmósfera (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018). El 70% del óxido nitroso emitido desde la biosfera deriva del suelo, a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación, movilizados por intensas fertilizaciones nitrogenadas en cultivos agrícolas (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018).

La importancia de este gas radica en el hecho de que no se pierde en la troposfera, su único mecanismo de eliminación es a través de la estratosfera donde es fotolíticamente oxidado a óxido nítrico, el cual reacciona con el ozono destruyéndolo (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018), lo que añade otro problema además de su alto potencial de calentamiento.

-El **dióxido de carbono (CO_2)** es el GEI antropógeno más importante. Es un gas que se produce naturalmente, como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa; su importancia

en el calentamiento global radica en que es el principal GEI que afecta al equilibrio de radiación del planeta (Cuevas Medina, A., *et al.* 2018).

-Los **compuestos orgánicos volátiles (COVs)**, cuando se liberan a la atmósfera contribuyen a la formación de ozono y del smog, a partir de la quema de paja de arroz. La alta concentración temporal de las emisiones de gases y partículas provocadas por la combustión, combinada con las condiciones meteorológicas de la zona, provoca que estos gases y partículas se dirijan hacia zonas urbanas ocasionando afectaciones y molestias en la población residencial (Gonzalez Meneses, H. V., *et al.* 2014) y (Abril, D., *et al.*, 2009).

1.3. Huella de carbono. Definición y cálculo.

Reducir o eliminar los gases de efecto invernadero generados a partir de los productos, servicios y procesos de una organización o de los hábitos de consumo de las personas, es una de las soluciones que las empresas, las administraciones y la sociedad pueden adoptar para frenar las consecuencias del cambio climático y alinearse con los ODS. En este sentido, un primer paso es su cuantificación. La huella de carbono puede definirse como la totalidad de gases de efecto invernadero, emitidos por efecto directo o indirecto, de una organización, evento o producto a lo largo de su ciclo de vida (MITECO, 2023).

Según la guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización, del MITECO, cuando se hace referencia a la huella de carbono de una organización y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, se recurre al término alcance, clasificándolo en alcance 1, 2 y 3.

En primer lugar, cabe indicar que las emisiones asociadas a las operaciones de una organización se pueden clasificar como emisiones directas o indirectas.

-**Emisiones directas de GEI:** son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas in situ en el lugar donde se produce la actividad.

-**Emisiones indirectas de GEI:** son emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización.

Una vez definidas cuáles son las emisiones directas e indirectas de GEI y para facilitar la detección de todas ellas, se definen 3 alcances:

- **Alcance 1:** emisiones directas de GEI.

- **Alcance 2:** emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.

- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo a través de medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros. La medida en la que un gas de efecto invernadero determinado contribuye al calentamiento global se define como su Potencial de Calentamiento Global (PCG). Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, el PCG expresa el potencial de calentamiento de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de CO₂ durante el mismo periodo de tiempo, por lo que el PCG del CO₂ es siempre 1 (Principado de Asturias, 2009) y se expresa como unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). En definitiva, la huella de carbono mide las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) expresadas en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂-eq) producidas por muchas actividades humanas entre ellos las del sector agrícola por medio de la producción, uso de maquinaria, prácticas de riego y protección de cultivos a través de químicos como herbicidas, insecticidas, plaguicidas y fertilizantes.

El MITECO ha desarrollado unas herramientas (calculadoras) para facilitar el cálculo de la huella de carbono a las empresas interesadas en su registro. Esta calculadora permite estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de alcance 1+2 producidas por una explotación agrícola. Para ello, se ha adaptado la calculadora de huella de carbono de organización incluyendo las especificidades propias de la actividad agrícola.

En concreto la calculadora de la explotación agrícola, permite de manera adicional a la calculadora de organización, recoger las emisiones derivadas del uso de fertilizantes, sintéticos u orgánicos, de la utilización de enmiendas calizas y de la gestión de los residuos de los cultivos. Además, calcula de manera diferenciada las emisiones de la maquinaria utilizada para realizar las labores propias de los cultivos. La versión utilizada incorpora los factores de emisión correspondientes al año 2007-2022 (MITECO, 2023).

1.4. Registro de la huella de carbono.

El Registro de huella de carbono (MITECO, 2023), de carácter voluntario, creado por el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, recoge los esfuerzos de las entidades españolas en el cálculo y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que genera su actividad. También facilita la posibilidad de compensar toda o parte de su huella de carbono, mediante proyectos forestales ubicados en territorio nacional.

Las huellas inscritas en el registro contemplan obligatoriamente un plan de reducción, y son revisadas de forma previa a su registro. Cuando se reconoce que una entidad ha reducido su huella, es debido a que cumple con un criterio estricto que demuestra una tendencia decreciente de emisiones. Además, para poder reconocer una compensación en el marco del Registro, es necesario que las toneladas de CO₂ adquiridas provengan de proyectos inscritos en éste.

El MITECO, pone a disposición de las organizaciones, el documento de apoyo para la inscripción de la huella de carbono de una organización en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono (MITECO, 2022), la inscripción de la huella de carbono está dirigida a toda organización con actividad en el territorio nacional que calcule su huella de carbono y que tenga un plan de reducción de dicha huella. Por lo que pueden inscribirse empresas, trabajadores autónomos, organizaciones no gubernamentales, administraciones, fundaciones, etc.

2. OBJETIVOS.

Este estudio tiene como objetivo calcular la Huella de Carbono de una explotación agrícola con una dimensión de 165 hectáreas de cultivo de arroz, con riego por gravedad, en la provincia de Valencia.

Este objetivo general se alcanzará a partir de los siguientes objetivos particulares:

a) Establecer el inventario de datos (combustibles, fertilizantes, uso de energía, producción arroz, ...) del cultivo del arroz de la explotación.

b) Medir y cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con el cultivo del arroz.

c) Identificar las actividades donde se genera mayor huella de carbono, indicando las oportunidades para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética.

d) Obtener información relevante para la toma de decisiones mediante un análisis de escenarios, viendo cómo afecta la gestión de la paja de arroz (si se quema o se extrae, o no se realiza ninguna gestión) y a través de un análisis de sensibilidad, para estudiar cómo afecta la reducción de fertilizante nitrogenado de forma viable para el cultivo, en las emisiones de la explotación.

e) Realizar la solicitud de inscripción de la huella de carbono de la organización en el Registro de huella de carbono creado por el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo. Calcular el número de pies de diversas especies forestales necesarias para compensar las emisiones de la organización.

3. METODOLOGÍA.

Para determinar la huella de carbono, se utiliza la calculadora de huella de carbono de alcance 1+2 para una explotación agrícola, elaborada por el MITECO, disponible en la propia web del ministerio (MITECO 2023).

Esta calculadora permite calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a las actividades de una explotación agrícola, contemplando tanto las emisiones directas, como indirectas procedentes del consumo de electricidad y de los cultivos.

Antes de comenzar con el cálculo se han tomado las siguientes decisiones:

1. Elección del periodo para el que se va a calcular la huella de carbono corresponde a tres campañas 2020, 2021 y 2022. Cada campaña engloba un año natural.
2. Determinación de los límites de la explotación y los límites operativos.
3. Recopilación de los datos que definen las actividades (datos de consumo, producción y prácticas de gestión).
4. Búsqueda de factores de emisión adecuados.
5. Análisis de escenarios.
6. Análisis de sensibilidad.

3.1. Descripción de la calculadora.

La calculadora consiste en una hoja de cálculo, en la que se introducen los datos que definen la actividad de la explotación agraria (datos de los consumos de energía y fertilizantes, producción y prácticas de gestión registrados durante el periodo de cálculo). Contiene los factores de emisión que se corresponden con cada actividad y se realiza las operaciones para obtener resultados parciales y un resultado final de emisiones de gases de efecto invernadero expresadas como kg CO₂ equivalentes.

Se utilizan tres calculadoras de huella de carbono, una por cada año de estudio: 2020, 2021 y 2022. En la calculadora utilizada para el año 2022 se introduce además los cálculos de los años 2020 y 2021, para poder comparar los resultados. Además, se realiza un análisis de escenarios, donde se comparan los resultados de 2022, en los que no se ha quemado ni se ha extraído los restos de paja, con dos calculadoras con los mismos datos, a excepción de que en una se quema el 100 % de la superficie de la explotación y en la otra se extraen los restos de paja de toda la explotación. Y por último se realiza un análisis de sensibilidad, donde se reduce la aplicación fertilizante del año 2022, en un 5%, un 10%, un 15% y un 20%.

La información en la calculadora se encuentra organizada en diferentes hojas, que pueden ser de datos a cumplimentar, de factores de emisión o de resultados. Las hojas que se han empleado para la organización son las siguientes:

Hoja 1. Datos generales de la organización.

Hoja 3. Datos de cultivos y emisiones directas (alcance 1)

Hoja4. Emisiones de cultivos: fertilizantes, quema y aportes de residuos agrícolas.

Hoja 6. Consumo de combustibles en vehículos y maquinaria.

Hoja 10. Emisiones indirectas por energía comprada: electricidad y otros (alcance 2).

Hoja 11. Informe final: resultados

Hoja 12. Factores de emisión, PCA (Potencial de calentamiento atmosférico) y parámetros de cálculo.

En el Anexo A, se explica las diferentes hojas que se han utilizado, así como las decisiones que se han tomado a lo largo del proceso de cálculo.

3.2. Determinación de los límites de la explotación y los límites operativos.

La explotación se sitúa en la provincia de Valencia, en una extensión de 165 hectáreas, trabajadas por un productor de la zona.

Los límites operativos del sistema se establecen en la fase del cultivo del arroz, todas las labores que se realizan en el cultivo, y las emisiones indirectas de la producción de energía eléctrica que consumen las turbinas de gestión de agua “dels Tancats”. Tanto en 2020 como en 2021, las autoridades medioambientales han permitido quemar los restos de paja en el 50 % de la superficie arrocerá del Parque Natural de la Albufera, dependiendo de la ubicación de las explotaciones. Para la explotación objeto estudio, por su ubicación dentro del Parque, durante el 2020 no se ha podido quemar los restos de paja de ninguna parcela de la explotación, mientras que en el año 2021 sí que se ha podido quemar en el 100 % de las parcelas.

3.3. Recopilación de los datos que definen las actividades.

Mediante entrevistas con el titular de la explotación, se han recopilado los datos procedentes de las facturas de cada año contable considerados en el estudio (2020, 2021 y 2022), sobre los siguientes conceptos:

- Consumo de fertilizante, composición, riqueza y forma de nitrógeno aportada.
- Consumos de combustibles en vehículos y maquinaria agrícola.
- Consumos eléctricos de las instalaciones fijas.
- Consumo eléctrico de las turbinas de gestión del agua.

- Producción de arroz de la explotación.

3.4. Búsqueda de factores de emisión adecuados.

Los factores de emisión se encuentran integrados dentro de la calculadora y contemplan los datos referentes al cultivo del arroz y a las labores de cultivo realizadas.

Los factores de emisión considerados han sido los siguientes para los años del estudio:

- Factor de emisión de N₂O-N debido a los aportes de nitrógeno en arroz, 0,004 kg N₂O-N/kg N aplicado, según Guía 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Factores de emisiones indirectas de N₂O por defecto y fracciones de volatilización y lixiviación del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero:
 - Lixiviación y Escorrentía: 0,008 kg N₂O-N/kg N lixiviado.
 - Volatilización y deposición atmosférica: 0,010 kg N₂O-N/kg NH₃-N y NO_x-N.
- Fracciones provinciales de volatilización y deposición atmosférica del nitrógeno de fertilizantes sintéticos: 0,07 kg NH₃-N+NO_x-N volatilizado/kg N aplicado, según Sistema Español de Inventario (SEI).
- Fracciones provinciales de lixiviación: 0,13 kg N lixiviado/kg N aplicado para 2020 y 0,12 kg N lixiviado/kg N aplicado para 2021 y 2022, según (SEI).
- Factor de emisión del consumo de Urea – emisiones de CO₂, 0,20 kg CO₂-C/kg urea, según Apartado 5.8.2 Aplicación de urea (3H) del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.
- Cultivo de arroz, emisiones de CH₄, 161,98 kg CH₄/ha, según tablas de reporte (CRF) del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Edición 2022 (1990 - 2020).
- Factores de emisión de la quema de residuos en campo abierto de arroz: 2,70 g CH₄/kg de m.s. quemada y 0,07 g N₂O/kg de m.s. quemada, según apartado 5.7 Quema en campo de residuos agrícolas (3F) del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.
- Factores de emisión de vehículos y maquinaria:
 - Transporte por carretera, Furgonetas y furgones (N1), B7 (I), según Tier 1 CO₂ emission factors from combustion of lubricant oil de la guía EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, 1.A.3.b.i-iv Road transport:
 - 2020 → 2,486 CO₂ (kg/ud), 0,008 CH₄ (g/ud) y 0,074 N₂O (g/ud).
 - 2021 → 2,486 CO₂ (kg/ud), 0,009 CH₄ (g/ud) y 0,076 N₂O (g/ud).
 - 2022 → 2,486 CO₂ (kg/ud), 0,008 CH₄ (g/ud) y 0,072 N₂O (g/ud).
 - Maquinaria, B7 (I), Agrícola, según el Sistema Español de Inventario (SEI):
 - 2020 → 2,469 CO₂ (kg/l), 0,027 CH₄ (g/l) y 0,116 N₂O (g/l).

- 2021 y 2022 → 2,469 CO₂ (kg/l), 0,025 CH₄ (g/l) y 0,116 N₂O (g/l).
- Factores de emisión de mix eléctrico:
 - 2020, según CNMC (2020):
 - TOTAL GAS Y ELECTRICIDAD ESPAÑA S.A.U. → 0,190 kg CO₂/kWh.
 - IBERDROLA CLIENTES, S.A.U. → 0,15 kg CO₂/kWh.
 - 2021, según CNMC (2021):
 - TOTALENERGIES ELECTRICIDAD Y GAS ESPAÑA, S.A.U. → 0,259 kg CO₂ eq/kWh.
 - IBERDROLA CLIENTES, S.A.U. → 0,232 kg CO₂ eq/kWh.
 - 2022, según CNMC (2022):
 - TOTALENERGIES ELECTRICIDAD Y GAS ESPAÑA, S.A.U. → 0,270 kg CO₂ eq/kWh.
 - IBERDROLA CLIENTES, S.A.U. → 0,270 kg CO₂ eq/kWh.

3.5. Análisis de escenarios.

Una vez obtenidas las emisiones totales de la organización para el año 2022, se realiza un análisis de escenarios, para analizar cómo influye la gestión de la paja del arroz en distintas situaciones: si se retira, si no se realiza ninguna gestión sobre ella o se procede a quemar la paja esparcida por la cosechadora.

3.6. Análisis de sensibilidad.

Se realiza un análisis de sensibilidad por métodos manuales (Álvarez Gallego, 2017) para estudiar cómo influye una reducción de la fertilización compatible con la producción arroz hasta de un 20% en tramos de 5 puntos.

3.7. Calculadora de absorción.

El MITECO pone a disposición una calculadora que permite estimar de manera sencilla las absorciones de dióxido de carbono asociadas a la biomasa de las especies arbóreas forestales españolas y proporciona como resultado una estimación de las absorciones que dicha repoblación generará a futuro.

Con esta calculadora se pretende conocer el número de pies necesarios para compensar las emisiones anuales de la explotación arrocera, teniendo en cuenta que la plantación forestal se podría realizar de *Pinus halepensis*, *Eucalyptus globulus* o de *Populus nigra* y un periodo de permanencia de 50 años (Santana, V. M. et al, 2022).

4. RESULTADOS.

En este apartado se exponen los resultados que se obtienen para cada uno de los objetivos particulares, así como el objetivo general, descritos en el apartado 2.

4.1. Inventario de datos.

Tras haberse realizado diversas entrevistas con el titular de la explotación, a continuación, se establece el inventario de datos relativos a la actividad de la organización, que permitirá analizar las emisiones de gases de efecto invernadero para los años de cálculo 2020, 2021 y 2022.

4.1.1. Consumo de fertilizante, riqueza y forma de nitrógeno aplicada.

En la Tabla 4.1.1.1 se muestran todos los aportes de nitrógeno al suelo, en forma de fertilizantes sintéticos nitrogenados, incluyendo la cantidad aplicada de fertilizante y la proporción de nitrógeno contenido en el fertilizante, para el tipo de fertilizante sintético nitrogenado aplicado.

Tabla 4.1.1.1. Consumo de fertilizante, riqueza en N y forma de nitrógeno aportado.

Año de cálculo	Cantidad aplicada fertilizante (kg)	% Riqueza en N	Forma de nitrógeno
2020	12.150	39	Urea
2021	15.880	23	Urea
2022	10.155	23	Urea

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Consumo de combustibles fósiles en vehículos y maquinaria agrícola.

En la Tabla 4.1.2.1 se indica el consumo de combustibles fósiles expresados en litros (l) debido al transporte por carretera en vehículos propios (furgoneta), y al funcionamiento de maquinaria agrícola (tractores y cosechadoras).

Tabla 4.1.2.1. Consumo de combustibles fósiles en transporte por carretera y maquinaria agrícola.

Año de cálculo	Cantidad de combustible transporte por carretera (l)	Cantidad de combustible maquinaria agrícola (l)
2020	1.539	14.754
2021	2.099	22.309
2022	2.800	14.680

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Consumo en electricidad contratada.

En la tabla 4.1.3.1 se muestra tanto el consumo eléctrico de las instalaciones fijas, consideradas como el lugar donde se guarda la maquinaria agrícola y las herramientas de trabajo para realizar las labores agrícolas. La comercializadora suministradora de electricidad es la empresa Total gas y

electricidad España S.A.U. que a partir de 2021 cambió su razón social a Totalenergíes electricidad y gas españa, S.A.U. La energía para las turbinas “dels Tancats” es suministrada por Iberdrola clientes S.A.U.

Tabla 4.1.3.1. Consumo en electricidad contratada.

Año de cálculo	Nombre de la comercializadora de energía ⁽¹⁾	Dato de consumo (kWh)
2020	Total gas y electricidad España S.A.U.	6.500,00
2020	Iberdrola clientes, S.A.U.	121.523,48
2021	Totalenergíes electricidad y gas españa, S.A.U.	9.215,00
2021	Iberdrola clientes, S.A.U.	121.324,45
2022	Totalenergíes electricidad y gas españa, S.A.U.	8.775,00
2022	Iberdrola clientes, S.A.U.	119.618,81

Fuente: elaboración propia.

(1) Comercializadora suministradora de electricidad que tiene contratada la organización durante el año de cálculo.

4.1.4. Producción de arroz de la explotación.

En la tabla 4.1.4.1. se muestra la producción de arroz obtenida para los 3 años expresada en toneladas (t).

Tabla 4.1.4.1. Producción de arroz (t).

Año de cálculo	Superficie cultivada (ha)	Producción (t)
2020	165	1.223
2021	165	1.316
2022	165	983

Fuente: elaboración propia.

4.2. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con el cultivo del arroz.

4.2.1. Emisiones directas (Alcance 1).

En este apartado se exponen las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del cultivo del arroz, que vienen dadas por los fertilizantes, quema y aportes de residuos agrícolas.

4.2.1.1. Emisiones de N₂O.

En base a las “Directrices del IPPC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, cabe diferenciar entre emisiones directas de N₂O como las generadas directamente desde los suelos agrícolas, que reciben directamente aportaciones de nitrógeno en forma de fertilizante sintético nitrogenado (Tabla 4.2.1.1.1) y de los residuos del cultivo del arroz (Tabla 4.2.1.1.2) y las emisiones indirectas de N₂O, como las emisiones de formas químicas de nitrógeno diferentes a N₂O (NO_x, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, etc.) que tras su deposición, lixiviación o escurrimiento pueden dar lugar posteriormente a nuevas emisiones de N₂O (Tabla 4.2.1.1.3).

Tabla 4.2.1.1.1. Emisiones derivadas del fertilizante sintético nitrogenado (kg CO₂ eq).

Fertilizantes sintéticos nitrogenados						
Año de cálculo	Cantidad aplicada (kg)	% N	Nitrógeno (kg N)	Factor de emisión (kg N ₂ O-N/kg N aplicado)	Emisiones parciales (kg N ₂ O) ⁽¹⁾	Emisiones parciales (kg CO ₂ eq)
2020	12.150	39	4.738,50	0,004	29,78	7.892,99
2021	15.880	23	3.652,40	0,004	22,96	6.083,85
2022	10.155	23	2.335,65	0,004	14,68	3.890,53

Fuente: elaboración propia.

(1) La conversión de emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O se realiza empleando la siguiente ecuación: N₂O-N*44/28.

En la Tabla 4.2.1.1.2. se presentan los resultados de las emisiones derivadas de los residuos del cultivo. Tal y como se ha indicado anteriormente en los años 2020 y 2022, al no practicarse la quema de la paja del arroz, el 100% del residuo queda en campo, mientras que, en el año 2021 al quemarse la paja, la calculadora estima que aún queda un 20% del residuo en campo.

Tabla 4.2.1.1.2. Emisiones derivadas de los residuos del cultivo de arroz (kg CO₂ eq).

Residuos del cultivo de arroz						
Año de cálculo	Producción anual arroz (kg)	% residuo en campo ⁽¹⁾	Residuo en el campo (kg N)	Factor de emisión (kg N ₂ O-N/kg N aplicado)	Emisiones parciales (kg N ₂ O) ⁽²⁾	Emisiones parciales (kg CO ₂ eq)
2020	1.222.802,31	100	9.749,40	0,004	61,28	16.239,72
2021	1.315.943,48	20	2.098,40	0,004	13,19	3.495,34
2022	983.087,00	100	7.838,15	0,004	49,27	13.056,12

Fuente: elaboración propia.

(1) El residuo en campo se compone de: la parte dejada en campo, los restos de la quema que no han ardo y el rastrojo y raíces que quedan tras la retirada de la paja/planta.

(2) La conversión de emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O se realiza empleando la siguiente ecuación: N₂O-N*44/28.

En la Tabla 4.2.1.1.3 se reflejan las emisiones indirectas de N₂O que vienen dadas por las fuentes de emisión: lixiviación y escorrentía y por la deposición atmosférica.

Tabla 4.2.1.1.3. Emisiones indirectas de N₂O (kg CO₂ eq).

Emisiones indirectas de N ₂ O						
Año de cálculo	Fuente de emisión	Nitrógeno (kg N)	Factor de emisión (kg N ₂ O-N/kg N aplicado)	Emisiones parciales (kg N ₂ O) ⁽³⁾	Emisiones parciales (kg CO ₂ eq)	Emisiones totales (kg CO ₂ eq)
2020	Lixiviación y Escorrentía ⁽¹⁾	1.883,43	0,0075	22,20	5.882,35	7.263,62
2020	Deposición Atmosférica ⁽²⁾	331,70	0,01	5,21	1.381,27	
2021	Lixiviación y Escorrentía ⁽¹⁾	690,10	0,0075	8,13	2.155,32	3.219,99
2021	Deposición Atmosférica ⁽²⁾	255,67	0,01	4,02	1.064,67	
2022	Lixiviación y Escorrentía ⁽¹⁾	1.220,86	0,0075	14,39	3.813,00	4.493,84
2022	Deposición Atmosférica ⁽²⁾	163,50	0,01	2,57	680,84	

Fuente: elaboración propia.

(1) Emisiones indirectas de N₂O debido a la lixiviación y escorrentía de nitrógeno: se producen debido a la lixiviación y el escurrimiento desde la tierra de otras formas de nitrógeno (principalmente NO₃). La fracción del nitrógeno que se pierde por lixiviación y escorrentía posteriormente se volatiliza a la atmósfera como N₂O. En esta herramienta, dicha categoría incluye el nitrógeno procedente de agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos y de los residuos agrícolas.

(2) Emisiones indirectas de N₂O debido a la volatilización y posterior deposición de otras formas químicas de nitrógeno: emisiones debidas a la volatilización de nitrógeno como NH₃ y óxidos de nitrógeno (NO_x), y la posterior deposición de estos

gases y de sus productos NH_4^+ y NO_3^- sobre los suelos y la superficie de los lagos y otras masas de agua. Posteriormente a la deposición, dichas sustancias se volatilizan como emisiones de N_2O . En esta herramienta, dicha categoría incluye los aportes de nitrógeno de fertilizantes sintéticos y orgánicos.

(3) La conversión de emisiones de $\text{N}_2\text{O-N}$ en emisiones de N_2O se realiza empleando la siguiente ecuación: $\text{N}_2\text{O-N} \cdot 44/28$.

4.2.1.2. Aplicación de urea.

En la Tabla 4.2.1.2.1 se muestra los resultados de las emisiones de CO_2 , por el consumo de urea.

Tabla 4.2.1.2.1. Emisiones de CO_2 por el consumo de urea (kg CO_2 eq).

Consumo de urea				
Año de cálculo	Fertilizante	Cantidad (kg)	Factor de emisión (kg $\text{N}_2\text{O-N/kg N}$ aplicado)	Emisiones parciales (kg CO_2 eq) ⁽¹⁾
2020	urea	12.150	0,2	8.910,00
2020	urea	15.880	0,2	11.645,33
2021	urea	10.155	0,2	7.447,00

Fuente: elaboración propia.

(1) La conversión de emisiones de $\text{CO}_2\text{-C}$ en emisiones de CO_2 se realiza aplicando la siguiente ecuación: $\text{CO}_2 = \text{CO}_2\text{-C} \cdot 44/12$.

4.2.1.3. Emisiones de metano.

En la Tabla 4.2.1.3.1. se observan las elevadas emisiones generadas por el cultivo del arroz, debidas al cultivo en régimen de inundación. Como se indica más adelante estas emisiones representan más del 83% de las emisiones totales.

Tabla 4.2.1.3.1. Emisiones de metano del cultivo del arroz (kg CO_2 eq).

Cultivo del arroz				
Año de cálculo	Superficie (ha)	Factor de emisión (kg CH_4/ha)	Emisiones parciales (kg CH_4)	Emisiones totales (kg CO_2 eq)
2020	165	161,98	26.726,70	748.347,60
2020	165	161,98	26.726,70	748.347,60
2021	165	161,98	26.726,70	748.347,60

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.4. Emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles en vehículos y maquinaria.

En la Tabla 4.2.1.4.1 se muestran las emisiones causadas por el transporte por carretera en vehículos propios (furgoneta), siendo el tipo de combustible B7 (I) para el desarrollo de la actividad.

Tabla 4.2.1.4.1. Emisiones del transporte por carretera (kg CO_2 eq).

Año de cálculo	Cantidad de combustible (l)	Factor de emisión			Emisiones parciales			Emisiones totales (kg CO_2 eq)
		kg CO_2/ud	g CH_4/ud	g $\text{N}_2\text{O}/\text{ud}$	kg CO_2	g CH_4	g N_2O	
2020	1.539	2,49	0,008	0,072	3.825,95	12,31	113,89	3.856,48
2021	2.099	2,49	0,008	0,072	5.218,11	18,89	159,52	5.260,92
2022	2.800	2,49	0,008	0,072	6.960,80	22,40	201,60	7.014,85

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4.2.1.4.2 se reflejan las emisiones relativas a la maquinaria empleada para realizar las labores agrícolas (abonado, siembra, cosechado, etc.): tractores y cosechadoras, siendo el tipo de combustible B7 (I) para el desarrollo de la actividad.

Tabla 4.2.1.4.2. Emisiones del funcionamiento de maquinaria móvil agrícola (kg CO₂ eq).

Año de cálculo	Cantidad de combustible (ud)	Factor de emisión			Emisiones parciales			Emisiones totales (kg CO ₂ eq)
		kg CO ₂ /ud	g CH ₄ /ud	g N ₂ O/ud	kg CO ₂	g CH ₄	g N ₂ O	
2020	14.754	2,47	0,027	0,116	36.427,63	398,36	1.711,46	36.892,32
2021	22.309	2,47	0,025	0,116	55.080,92	557,73	2.587,84	55.78232
2022	14680	2,47	0,025	0,116	36.244,92	367	1.702,88	36.706,46

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Emisiones indirectas (Alcance 2).

En la tabla 4.2.2.1 se muestra las emisiones indirectas por la compra de electricidad para los edificios, donde se guarda la maquinaria agrícola y las herramientas de trabajo para realizar las labores agrícolas y por otro lado las emisiones generadas por las turbinas “dels Tancats”.

Tabla 4.2.2.1. Emisiones indirectas por la compra de electricidad (kg CO₂ eq).

Año de cálculo	Nombre de la comercializadora de energía ⁽¹⁾	¿Dispone de Garantía de Origen (GdO)? ⁽²⁾	Dato de consumo kWh	Factor Mix eléc. ⁽³⁾ kg CO ₂ /kWh	Emisiones ⁽⁴⁾ kg CO ₂	Emisiones totales (kg CO ₂ eq)
2020	Total gas y electricidad España S.A.U.	No	6.500,00	0,190	1.235,00	19.463,52
2020	Iberdrola clientes, S.A.U.	No	121.523,48	0,150	18.228,52	
2021	Total gas y electricidad España S.A.U.	No	9.215,00	0,259	2.386,69	30.533,96
2021	Iberdrola clientes, S.A.U.	No	121.324,45	0,232	28.147,27	
2022	Total gas y electricidad España S.A.U.	No	8.775,00	0,270	2.369,25	35.025,19
2022	Iberdrola clientes, S.A.U.	No	119.618,81	0,273	32.655,94	

Fuente: elaboración propia.

(1) Comercializadora suministradora de electricidad que tiene contratada la organización durante el año de cálculo.

(2) Acreditación, en formato electrónico, que asegura que un número determinado de megavatios-hora de energía eléctrica producidos en una central, en un periodo temporal determinado, han sido generados a partir de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia.

(3) Factor de mix eléctrico empleado por cada comercializadora para el año de estudio que expresa las emisiones de CO₂ asociadas a la generación de la electricidad que se consume. Este dato aparecerá automáticamente en función del año y la comercializadora seleccionada.

A partir del año 2021 los factores de mix eléctricos (y las emisiones calculadas a partir de los mismos) se expresan en kg CO₂eq/kWh. Para años anteriores únicamente se dispone del dato expresado en kg CO₂/kWh. Además, también a partir de 2021 y en el caso de comercializadoras que han efectuado redenciones de garantías de origen a sus clientes, estos factores se refieren al “etiquetado restante” que es el factor que resulta una vez se detraen estas redenciones.

(4) A partir del año 2021 los resultados se expresan en kg CO₂eq. Para años anteriores únicamente se dispone del dato expresado en kg CO₂.

4.3. Huella de carbono.

A partir de los resultados parciales obtenidos en el apartado 4.2, se expone en la Tabla 4.3.1. la huella de carbono de la explotación de alcance 1+2 obtenidos para los años de cálculo 2020, 2021 y 2022, haciendo referencia a las emisiones directas (alcance 1) y emisiones indirectas (alcance 2).

Tabla 4.3.1. Resultados de emisiones totales y de huella de carbono para los tres años considerados.

Año de cálculo	Emisiones	t CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	Huella de Carbono t CO ₂ eq
2020	Emisiones directas	40,25	26.727,11	120,30	829,40
	Emisiones indirectas por energía comprada				19,46
	Total	40,25	26.727,11	120,30	848,86
2021	Emisiones directas	60,30	27.679,33	75,73	867,03
	Emisiones indirectas por energía comprada				30,53
	Total	60,30	27.679,33	75,73	897,56
2022	Emisiones directas	43,21	26.727,09	82,81	820,96
	Emisiones indirectas por energía comprada				35,03
	Total	43,21	26.727,09	82,81	855,99

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.3.1 se observa la influencia de las cada una de las actividades de la explotación en la huella de carbono, en las que las emisiones directas de la explotación (alcance 1) representan alrededor del 96-98% de las emisiones totales, mientras que las emisiones indirectas vinculadas al consumo de energía eléctrica (alcance 2) oscilan entre el 2-4% del total.

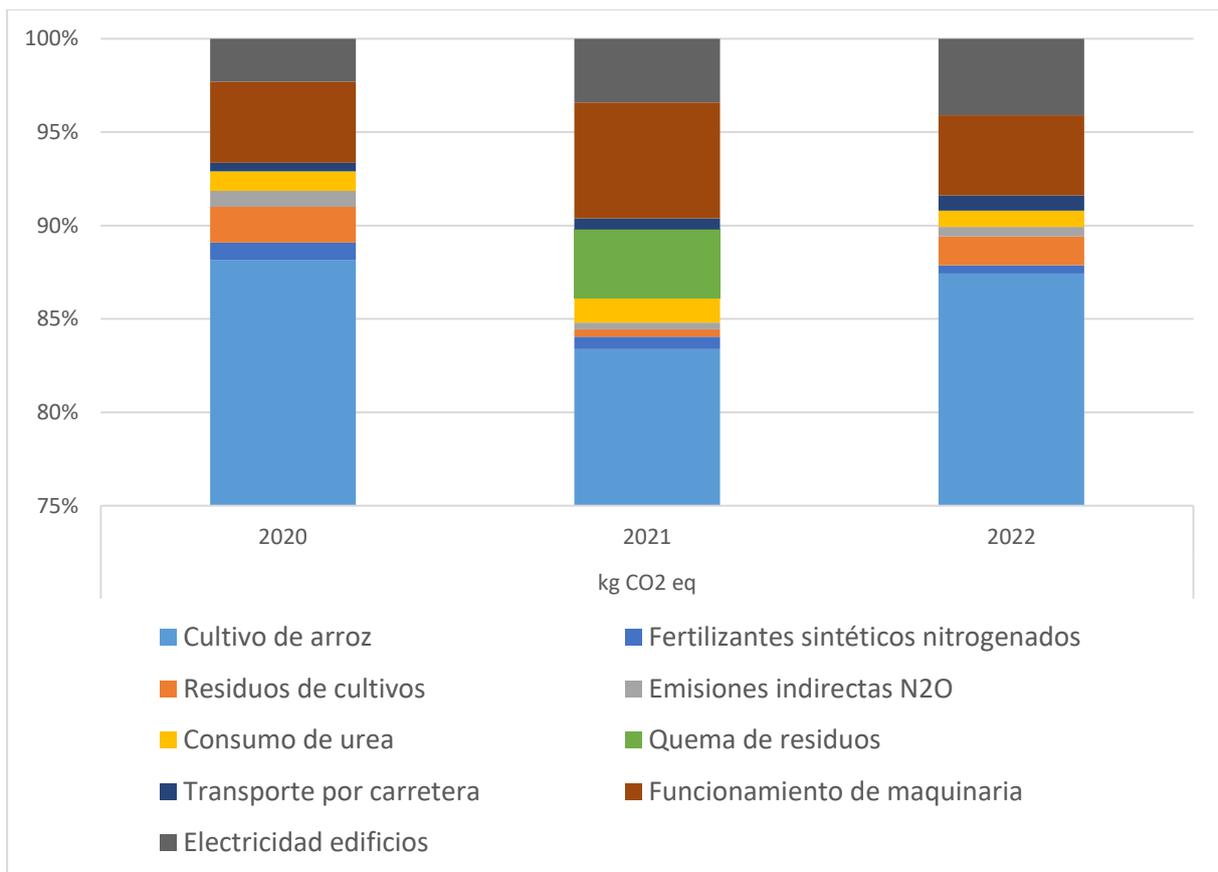


Figura 4.3.1. Influencia de las actividades de la explotación en la huella de carbono.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4.3.2, se refleja el resultado final de la huella de carbono expresada por año, así como las emisiones respecto a los índices de actividad (por hectárea de superficie y por tonelada de producción de arroz), para los años de cálculo referidos

Tabla 4.3.2. Huella de carbono.

Año de cálculo	Huella de carbono (t CO₂ eq)/ha	Huella de carbono (t CO₂ eq)/t producción
2020	5,14	0,69
2021	5,44	0,68
2022	5,19	0,87

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos de huella de carbono por tonelada de arroz producido son similares a los obtenidos por el estudio realizado por la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía y la Federación de Arroceros de Sevilla, en el que una tonelada de arroz blanco comercializado y cultivado en Andalucía en producción integrada tiene una huella de carbono de 0,76 toneladas de CO₂ eq/t arroz (Agrodiariohuelva, 2023).

A continuación, se identifican las actividades donde se generan las mayores emisiones de carbono, indicando las oportunidades para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética.

Al tratarse del cultivo de arroz, la actividad que genera mayores emisiones de carbono, y de forma muy destacada, es el propio cultivo del arroz. Durante el cultivo se produce metano, y este es el responsable entre el 83 al 88 % de las emisiones de carbono, según los años estudiados. Lamentablemente no se puede actuar sobre estas emisiones propias del cultivo.

La segunda actividad que mayores emisiones genera es la del funcionamiento de la maquinaria, responsable entre un 4,3 a 6,2 % de ellas. Las oportunidades para reducir estas emisiones pasan por la renovación del parque de maquinaria agrícola hacia modelos actuales en los que se dispone de motores con menores emisiones y elementos que reducen las emisiones de la combustión (editorialagricola, 2023).

La tercera actividad, que genera entre 2,1 y 3,8 % de las emisiones, son las emisiones indirectas por la compra de energía, principalmente la que proviene de la electricidad que consumen las turbinas “del Tancat” para la gestión del agua. Estas emisiones dependen del uso que se haga de la turbina, en años en que hay escasez de agua se incrementa su funcionamiento debido al rebombado constante de agua de la Albufera, para mantener los campos inundados. Mejorar las emisiones en estos elementos pasa, por un correcto mantenimiento y puesta a punto o la posible instalación de placas solares para reducir su dependencia de la red eléctrica.

La cuarta actividad, que además genera gran controversia social, es la gestión de los restos de cultivo del arroz, bien sea con la quema de la paja del arroz o por los restos de cultivo que en la inundación invernal pueden generar aguas anóxicas. Estas emisiones representan entre el 1,5 y el 4,1%, dependiendo de si no se actúa sobre los restos de cultivo o se quema la paja del arroz. Es en esta actividad sobre la que se ha realizado un análisis de escenarios, con el fin de ver cómo afecta la gestión de la paja de arroz (si se quema o se extrae, o no se hace nada) en las emisiones de la explotación.

La quinta actividad, responsable entre un 1,8 y 2,8 % de las emisiones, es la vinculada al abonado nitrogenado y en nuestro caso al uso de fertilizantes en forma ureica. Las posibilidades de reducción en esta actividad pasan por el uso de fertilizantes inhibidos o de liberación lenta, distribución de la fertilización en distintos momentos del cultivo y uso de las formas nitrogenadas más adecuadas según la absorción del cultivo en el momento de aplicación. En esta actividad también se ha realizado un análisis de sensibilidad, con el fin de ver cómo afecta la reducción de la cantidad de fertilizante aplicado en las emisiones de la explotación

En la Figura 4.3.2, se observa una representación gráfica de estas actividades, por cada año estudiado, que sirve como resumen rápido de lo indicado anteriormente, y donde se ve la importancia relativa de cada actividad que genera emisiones respecto del total de la organización.

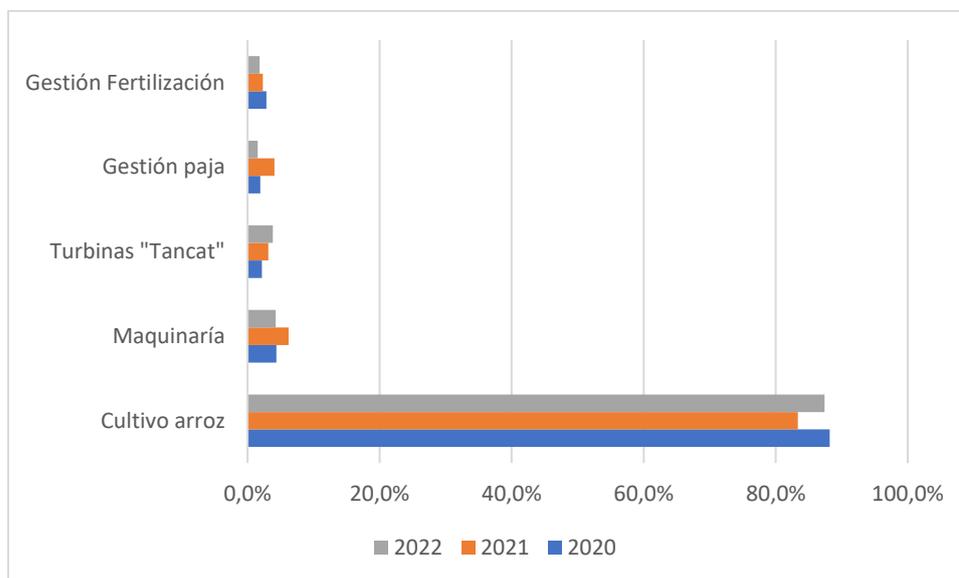


Figura 4.3.2. Emisiones relativas por actividad de la organización.

Fuente: elaboración propia.

Estas cinco actividades son responsables de un 99,4 % de media de las emisiones de los tres años estudiados. Queda patente que no es posible actuar en la primera actividad, por ser el propio cultivo del arroz. En la segunda y tercera actividad, se podrían adoptar medidas de nuevas inversiones

o de mejora de instalaciones o maquinaria. Pero sería en la cuarta y la quinta actividad, donde existe la posibilidad de tomar decisiones de forma individual e independiente en la explotación.

4.4. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del arroz y de sensibilidad sobre la fertilización.

En la Tabla 4.4.1 se muestra la variación de las emisiones directas y totales según la gestión que se realiza de la paja del cultivo del arroz en la explotación para el año 2022. Dado que los resultados de huella de carbono son muy similares para los tres años estudiados, se decidió hacer el análisis solo para un año. Se contemplan tres escenarios: no se gestiona (dejándola sobre el rastrojo), se retira de la explotación o se quema.

Tabla 4.4.1. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del cultivo del arroz de la explotación.

Gestión de la paja 2022	No se gestiona	Se extrae	Se quema	Variación entre extraer y no gestionar	Variación entre quemar y no gestionar	Variación entre extraer y quemar
	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq			
Emisiones directas	820,96	809,53	832,96	-1,39%	1,46%	-2,89%
Total	855,99	844,56	867,99	-1,34%	1,40%	-2,77%

Fuente: elaboración propia.

De los resultados obtenidos, en la Tabla 4.4.1, se desprende que la extracción de la paja de arroz puede suponer una reducción del 2,77 % de las emisiones totales frente a la quema, o del 1,34% comparando la extracción con no gestionarla. Estas decisiones en valor absoluto representan unas reducciones de 23 y 11 toneladas de CO₂ eq.

En la figura 4.4.1 se representa gráficamente el resultado de las emisiones totales según los escenarios de gestión de la paja del arroz.

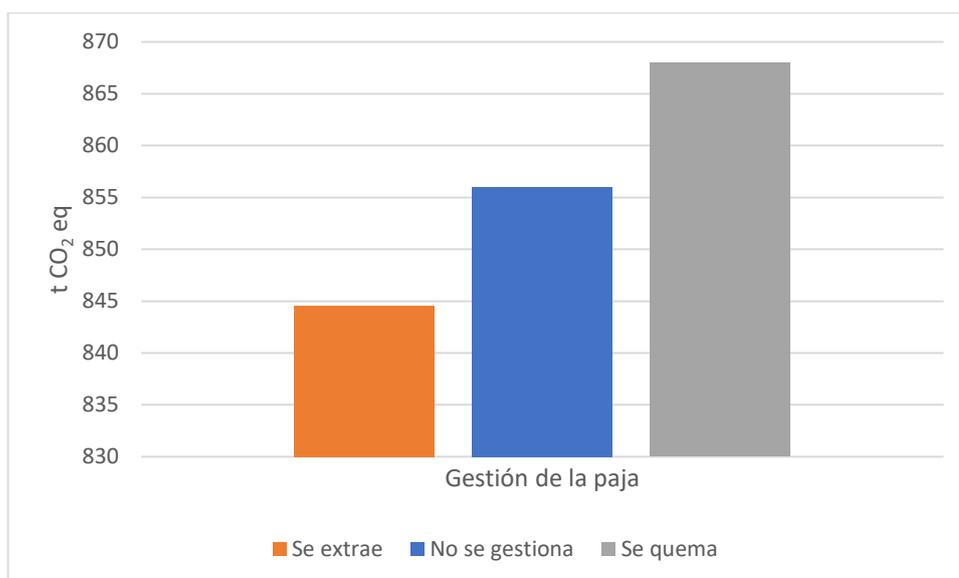


Figura 4.4.1. Análisis de escenarios sobre la gestión de la paja del cultivo del arroz de la explotación.
Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4.4.2 se muestra la variación de las emisiones según el análisis de sensibilidad basado en el porcentaje de reducción de fertilizante aplicado.

Tabla 4.4.2. Análisis de sensibilidad sobre reducción de la fertilización aplicada.

Gestión de la fertilización 2022	No se gestiona	- 5% abonado	- 10% abonado	- 15% abonado	- 20% abonado
	t CO ₂ eq				
Total	855,99	855,35	854,70	854,06	853,41
Variación sobre las emisiones totales	0%	-0,08%	-0,15%	-0,23%	-0,30%

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.4.2, se observa que una reducción del 20 % de fertilizante aplicado supone una disminución de 2,5 t CO₂ eq (-0,30%). Más allá de la baja importancia relativa en esa rebaja de las emisiones, la reducción de la fertilización aplicada implicaría una importante reducción de coste derivado del abonado, así como menores emisiones derivadas de la fabricación del fertilizante.

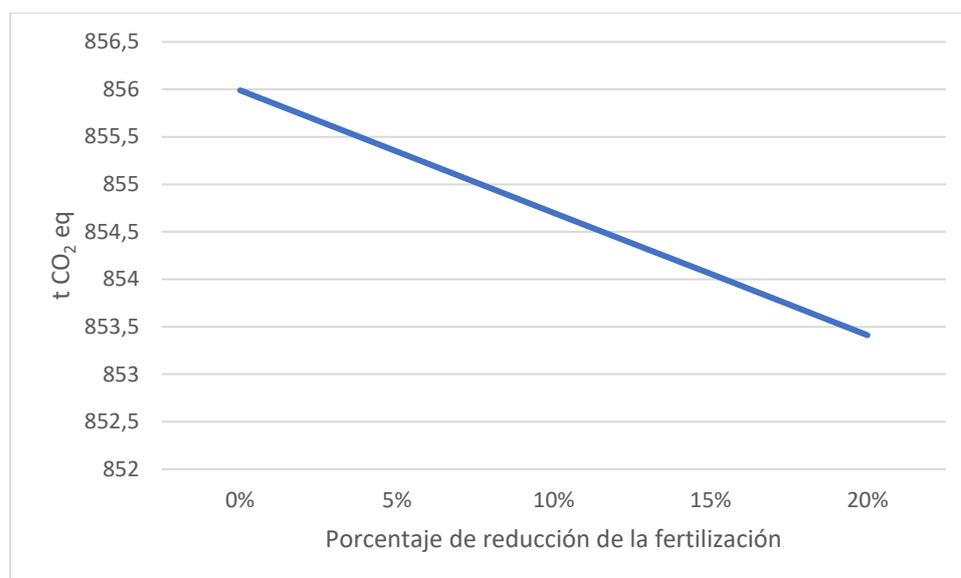


Figura 4.4.2. Análisis de sensibilidad sobre la reducción de la fertilización aplicada en 2022 en la explotación.
Fuente: elaboración propia.

A la vista de los resultados, del análisis de los escenarios de la gestión de la paja y del análisis de sensibilidad a la reducción de la fertilización aplicada, estas estrategias podrían ser incluidas en el plan de reducción de la huella de carbono necesario para inscribir la huella de carbono de la organización en el registro del MITECO.

4.5. Resultados para la inscripción de la huella de carbono de la organización en el Registro de huella de carbono.

Los resultados que se han obtenido de la explotación agrícola permiten la inscripción de una huella de carbono y su compromiso de reducción que se rige por los siguientes criterios básicos que indica el MITECO:

- 1.- El tipo de huella de carbono a inscribir corresponde a la huella de carbono de la organización.
- 2.- El alcance mínimo necesario para la inscripción corresponde a las emisiones de gases de efecto invernadero de alcance 1 y 2.
- 3.- La organización debe disponer de un plan de reducción de la huella de carbono.

Los resultados obtenidos en el apartado 4.2 permiten cumplir con los criterios 1 y 2, mientras que los apartados 4.3 y 4.4, permiten la elaboración del plan de reducción de huella de carbono con una visión a medio plazo que incluye las acciones e inversiones que se pueden acometer para conseguir reducir los consumos de energía y las emisiones.

Las acciones concretas en las que debe basarse el plan de reducción se basan en la gestión de la paja, donde la organización se debe comprometer a la retirada de la paja de arroz, salvo en condiciones climáticas que no se pueda realizar, en las cuales el rastrojo debe permanecer sobre el terreno y no se quemaría, y en la reducción de un 20 % de la fertilización realizada en 2022.

Además, tomando como datos de partida, las tres especies forestales *Pinus halepensis*, *Eucalyptus globulus* o de *Populus nigra* y un periodo de permanencia de 50 años, se necesitarían:

- 25000 pies de *Pinus halepensis* que absorberían 894 t CO₂ anuales.
- 800 pies de *Eucalyptus globulus* que absorberían 886 t CO₂ anuales.
- 2100 pies de *Populus nigra* que absorberían 905 t CO₂ anuales.

5. Conclusiones.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que existe una actividad predominante que marca las emisiones del cultivo, y es el propio cultivo del arroz y la forma en la que éste se produce, con una lámina de agua constante en la mayor parte de su ciclo. Esto hace que la huella de carbono procedente del metano generado por el cultivo pueda alcanzar el 88% de las emisiones totales, siendo además una actividad en la que no se puede influir.

Las emisiones derivadas del funcionamiento de la maquinaria agrícola y de las turbinas que gestionan el agua “dels Tancats”, supone el 9 % de las emisiones totales. Se pueden conseguir reducciones de emisiones, a partir de la evolución tecnológica de la maquinaria y su adecuado mantenimiento.

Las otras dos actividades que son responsables de alrededor del 7 % de las emisiones, son la gestión de la paja y la fertilización. En estas dos actividades la organización puede tomar decisiones de forma directa, individual y anual, en cada ciclo de cultivo, con el fin de reducir la huella de carbono. Por ello, el plan de reducción de la huella de carbono de la organización se basaría en ellas.

La retirada de la paja de arroz permitiría reducir un 2,77 % la huella de carbono de la explotación con respecto a la no gestión del residuo.

La gestión de la fertilización podría reducir la aplicación de fertilizante nitrogenado hasta un 20%, que directamente implicaría una reducción de las emisiones anuales de 2,5 t CO₂ eq (- 0,30%).

Todo este trabajo permite la inscripción de una huella de carbono de la organización en el Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono del MITECO. Además, con una plantación de 25000 pies de *Pinus halepensis*, de 800 pies de *Eucalyptus globulus* o de 2100 pies de *Populus nigra* y un periodo de permanencia de 50 años, pueden producirse unas absorciones disponibles de 894, 886 y 905 t CO₂ anuales, respectivamente, lo que permitiría compensar las emisiones originadas por las 165 hectáreas de cultivo de arroz.

6. Bibliografía.

Abril, D., *et al.*, (2009). La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Vol. 17. 69-79.

(Agrodiariohuelva, 2023). El cultivo del arroz de Andalucía recibe el certificado de la huella de carbono, visto el 25 de julio de 2023,

<https://agrodiariohuelva.es/el-cultivo-del-arroz-de-andalucia-recibe-el-certificado-de-la-huella-de-carbono/>

Aguilera, E. *et al.*, (2019). *Informe técnico: producción ecológica mediterránea y cambio climático*. Asociación Valor Ecológico CAAE (Ecovalia), visto el 18 de julio de 2023,

https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/informetecnicopemcc_tcm30-520459.pdf

Álvarez Gallego, S., (2017). *La huella de carbono y el análisis de ciclo de vida*. Huella de carbono. Volumen 5. AENOR Internacional S.A.U. Madrid. 85 pp.

CNMC (2020). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, visto el 27 de julio de 2023, <https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?anio=2020>

CNMC (2021). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, visto el 27 de julio de 2023, <https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?anio=2021>

CNMC (2022). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, visto el 27 de julio de 2023, <https://gdo.cnmc.es/CNE/accesoEtiquetado.do>

Cuevas Medina, A., *et al.* (2018). *El manejo del cultivo del arroz y las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI)*, visto el 18 de julio de 2023,

<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/manejo-cultivo-arroz-emisiones-t42544.htm>

Editorialagricola, (2023). *La innovación en maquinaria agrícola reduce las emisiones de CO₂ y ahorra energía*, visto el 18 de julio de 2023,

https://archivo.revistaagricultura.com/revista/maquinaria/la-innovacion-en-maquinaria-agricola-reduce-las-emisiones-de-co2-y-ahorra-energia_7996_120_8184_0_1_in.html

Gonzalez Meneses, H. V., et al. (2014). *Determinación de la huella de carbono en el cultivo del arroz Oryza sativa en el distrito de riego el Juncal, Huila, Colombia*, visto el 18 de julio de 2023,

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432255.pdf>

MITECO, 2021, *GUÍA RESUMIDA DEL SEXTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC GRUPO DE TRABAJO I*, visto el 18 de julio de 2023,

https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/ipcc-guia-resumida-gt1-bases-fisicas-ar6_tcm30-533081.pdf

MITECO, 2022, *GUÍA RESUMIDA DEL SEXTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC GRUPO DE TRABAJO III*, visto el 18 de julio de 2023,

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/ipcc-guia-resumida-gt3-mitigacion-ar6_tcm30-549165.pdf

MITECO, 2023, *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN*, visto el 18 de julio de 2023,

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

MITECO, 2023, *Cambio climático Mitigación: políticas y medidas: Sector agrícola y ganadero*, visto el 18 de julio de 2023,

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

MITECO, 2023, *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*, visto el 18 de julio de 2023,

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/Inventario-GEI.aspx>

MITECO, 2023, *Calculadoras, Huella de carbono de una explotación agrícola. Alcance 1+2*, visto el 18 de julio de 2023,

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

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadora_hc_agri_tcm30-485620.xlsx

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/instruccionescalculadorahcagri_tcm30-485625.pdf

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadora_absorciones_tcm30-485623.xlsx

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/instruccionescalculadoraabexante_tcm30-485629.pdf

MITECO, 2023, *Información general sobre el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO₂*, visto el 18 de julio de 2023,

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

MITECO, 2023, *Documento de apoyo para la inscripción de la huella de carbono de una organización en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*, visto el 18 de julio de 2023,

https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/documentoapoyo_hc_tcm30-479076.pdf

ORDEN 10/2018, de 27 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, sobre la utilización de materias fertilizantes nitrogenadas en las explotaciones agrarias de la Comunitat Valenciana,

https://dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion_pc.jsp?sig=002406/2018&L=1

ORDEN 5/2023, de 8 de marzo, de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, por la que se establecen las bases reguladoras aplicables al conjunto de intervenciones incluidas en la solicitud única en el Plan Estratégico de la Política Agrícola Común (PEPAC),

https://dogv.gva.es/datos/2023/03/13/pdf/2023_2586.pdf

Principado de Asturias, 2023, *Potencial de calentamiento global*, visto el 18 de julio de 2023,

https://medioambiente.asturias.es/detalle/-/categories/765458?com.liferay.asset.categories.navigation.web.portlet.AssetCategoriesNavigationPortlet_articleId=788118&articleId=788118&title=Potencial%20de%20calentamiento%20global.

Santana, V.M. *et al.*, (2022). *Elección de especies y tratamientos de gestión para aumentar la resiliencia en pinares de pino carrasco*. CEAM, Valencia, visto el 18 de julio de 2023,

http://www.ceam.es/IMAGINA/paginas/productos/deliverables/D3_1_1_Selec_especies.pdf

ANEXO A. Complimentación de la calculadora.

Hoja 1. Datos generales de la organización.

En esta hoja se hacen constar datos generales que permitirán organizar los resultados obtenidos (año para el que se realiza el cálculo, nombre de la explotación...) y tener la base para expresar los resultados (superficie cultivada y producción).

- Año de cálculo: año para el que se realizan los cálculos.
- Nombre de la organización
- C.I.F / N.I.F
- Tipo de organización: se despliega una lista en la que aparecen las siguientes opciones: Administración pública, mediana empresa, microempresa, pequeña empresa u otras.
- Sector al que pertenece la organización: se despliega una lista en la que aparecen las actividades económicas de la CNAE 2009 (Clasificación Nacional de Actividades Económicas).
- Provincia: se refiere a la provincia en la que se ubican los cultivos. En este caso se despliega una lista en la que aparecen las provincias de España y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

A continuación, se indica información relativa a índices de actividad de la organización, que permiten analizar las emisiones y su evolución de manera más adecuada. Estos índices están referidos al año de cálculo y son los siguientes:

- Superficie (ha): superficie cultivada expresada en hectáreas (ha).
- Producción (t): producción obtenida ese año expresado en toneladas (t).

Hoja 3. Datos de cultivos.

A. Superficies y producciones

En este apartado se incluye, para el año de estudio, el cultivo, su superficie (la misma de la Hoja 1) y su producción (la misma de la Hoja 1 en kg), puesto que las emisiones dependen de estos tres parámetros. Los datos se introducen en las unidades indicadas, hectáreas y kilogramos.

B. Nitrógeno aplicado

En este apartado se considera, para el año de estudio, todos los aportes de nitrógeno al suelo: fertilizantes sintéticos nitrogenados, estiércoles y/o purines aplicados al campo y otros fertilizantes orgánicos (lodos, compost, otros). Las variables para incluir son el tipo y la cantidad de fertilizante, así como el tipo de cultivo. Se introduce los datos en las unidades indicadas, kilogramos.

Se presenta dos opciones, B.1 y B.2., pero solo es necesario complimentar una de ellas en función de los datos disponibles por parte de la organización. Entre las 2 opciones:

OPCIÓN B.1: Si se conoce la cantidad en kg de fertilizante / estiércol y/o purín aplicado.

OPCIÓN B.2: Si se conoce la cantidad de nitrógeno aplicado en kg.

Por los datos que se dispone se selecciona la opción B.1, y para el caso concreto de fertilizantes sintéticos nitrogenados, se indica:

-Sede: a la que corresponde el cultivo.

-Fertilizante: se despliega una lista en la que aparece el tipo de fertilizante sintético nitrogenado aplicado al suelo. Entre los fertilizantes sintéticos nitrogenados contemplados se encuentra la urea, utilizada en la organización.

-Tipo de cultivo: Se selecciona el tipo de cultivo en el que se aplica el fertilizante sintético.

-Cantidad (kg): para cada tipo de fertilizante sintético nitrogenado aplicado, se introduce la cantidad (en kg) aplicada al suelo.

-Proporción de N (%) – Otros: la herramienta proporciona valores por defecto de proporción de nitrógeno contenido en el fertilizante, para cada tipo de fertilizante sintético nitrogenado. Sin embargo, la herramienta permite, si se dispone de información más adecuada, introducir en la columna “Otros” el porcentaje de nitrógeno que contiene el fertilizante. En el caso de “Otros fertilizantes” y “Complejos” dada la variabilidad de estos, la herramienta no provee de una proporción del contenido de nitrógeno por defecto. Por lo tanto, en el caso de “Otros fertilizantes” y “Complejos” se introduce aquí el porcentaje de nitrógeno contenido en los mismos.

C. Residuos de cultivo: destino final

Este apartado se cumplimenta con la proporción de superficie cultivada cuyos residuos hayan sido quemados y/o retirados del campo. Se supondrá que el resto del residuo se incorpora al suelo.

Es importante tener en cuenta que la quema de residuos en campo es un tratamiento excepcional y sólo se lleva a cabo cuando se dispone de las autorizaciones correspondientes.

El término “residuos” hace referencia tanto al residuo después de la recolección como a los restos de podas u otras prácticas.

-% Superficie con quema in situ: para cada tipo de cultivo introducido en el apartado “A. Superficies y producciones”, se introduce el porcentaje de superficie cuyos residuos se queman.

-% Superficie con retirada de paja/planta: para cada tipo de cultivo introducido en el apartado “A. Superficies y producciones”, se introduce el porcentaje de superficie cuyos residuos retira del campo.

La columna cultivo se rellena automáticamente al rellenar la tabla en el apartado “A. Superficies y producciones”, no siendo, por tanto, necesario incluir de nuevo el nombre de los cultivos.

EMISIONES DIRECTAS (ALCANCE 1)

Hoja 4. Emisiones de cultivos: fertilizantes, enmiendas calizas, quema y aportes de residuos agrícolas.

En este apartado se calculan automáticamente las emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la producción de cultivos y prácticas asociadas, cuyos datos se han cumplimentado en la pestaña 3. *Datos cultivos*.

En esta pestaña no se incluye información sobre variables de actividad ya que se han incluido previamente en la pestaña 3. *Datos cultivos*. Sin embargo, en el caso de disponer de información más detallada sobre los factores de emisión a utilizar, estos pueden incluirse en las columnas "Otros". Hay que tener en cuenta que la metodología seguida en esta herramienta está reconocida internacionalmente. Por tanto, las modificaciones en los factores de emisión deben hacerse sólo en el caso en que se disponga de información muy contrastada.

Hoja 5. Consumo de combustibles en vehículos y maquinaria.

Este apartado se cumplimenta dado que, para el desarrollo de la actividad, se consume combustibles en equipos de transporte, tales como vehículos de motor, de los que son de su propiedad o están bajo su control. Además, se incluyen los consumos de combustible de la maquinaria agrícola (tractores, cosechadoras...).

Se distinguen dos apartados:

A. Transporte por carretera: consumo de combustibles o kilómetros recorridos de los vehículos propios (furgonetas) para el desarrollo de la actividad.

Para este cálculo se presentan dos opciones, A.1 y A.2, y se cumplimenta únicamente una de ellas en función de los datos disponibles (no es correcto cumplimentar ambas opciones para cada vehículo ya que estaría calculando de dos formas distintas las emisiones que produce y se verían duplicadas en los resultados).

Se elige entre las 2 opciones disponibles:

OPCIÓN A.1: Si se conoce la categoría de vehículo, el tipo de combustible y la cantidad en litros.

OPCIÓN A.2: Si se conoce la categoría de vehículo, el tipo de combustible y los km recorridos.

Por los datos que se dispone se selecciona la opción A.1, y los datos necesarios son categoría de vehículo, tipo de combustible y la cantidad de combustible consumido.

-Categoría de vehículo: categoría de vehículo basada en la clasificación de vehículos la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe):

-Furgonetas y furgones (N1): vehículos utilizados para cargar mercancías y un peso máximo de 3,5 toneladas.

-Tipo de combustible: A partir de la anualidad 2019, se actualiza la denominación de los combustibles en base al Real Decreto 639/2016, de 9 de diciembre, por el que se establece un marco de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Entre las opciones que se ofrece se selecciona la utilizada (B7):

- o E5 (l): mezcla de un 5 % de bioetanol y el resto de gasolina.
- o E10 (l): mezcla de un 10 % de bioetanol y el resto de gasolina.
- o E85 (l): mezcla de un 85 % de bioetanol y el resto de gasolina.
- o E100 (l): 100 % de bioetanol.
- o B7 (l): mezcla de un 7 % de biodiesel y el resto de gasóleo.
- o B10 (l): mezcla de un 10 % de biodiesel y el resto de gasóleo.
- o B20 (l): mezcla de un 20 % de biodiesel y el resto de gasóleo.
- o B30 (l): mezcla de un 30 % de biodiesel y el resto de gasóleo.
- o B100 (l): 100 % de biodiesel.
- o CNG (kg): gas natural comprimido.
- o LPG (l): gas licuado de petróleo.

O Otro (ud): se selecciona esta opción en el caso en que se utilice otro combustible diferente a los indicados anteriormente en cuyo caso se debería introducir los factores de emisión correspondientes teniendo en cuenta que las unidades respecto a las que se expresen deben ser coherentes con las unidades en las que se cuantifique la cantidad de combustible consumido.

-Cantidad de combustible: cantidad de combustible expresada en las unidades indicadas en la columna "tipo de combustible", durante el periodo de cálculo.

-Factores de emisión (kgCO₂/ud / gCH₄/ud / gN₂O/ud): valores de los factores de emisión correspondientes al combustible seleccionado para los gases CO₂, CH₄ y N₂O.

Los factores aparecerán por defecto al seleccionar el combustible.

-Emisiones parciales A.1: resultado de emisiones de cada gas expresadas en kg CO₂, g CH₄, y g N₂O respectivamente.

-Emisiones totales A1: suma de las emisiones de los tres gases (CO₂, CH₄, N₂O) expresada en kg CO₂eq teniendo en cuenta los PCA descritos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

B. Funcionamiento de maquinaria: En este apartado se incluye la información sobre el consumo de combustibles de las labores agrícolas (cosechado, siembra, abonado, etc.) y de la maquinaria no agrícola que se utilice para el desarrollo de la actividad.

Para este cálculo se presentan dos opciones:

-OPCIÓN B.1: Si se conoce el tipo de combustible y la cantidad en litros.

-OPCIÓN B.2: Si se conoce las hectáreas tratadas y el tipo de labor agrícola.

Con los datos disponibles se selecciona la opción B.1 y se cumplimenta este apartado con los datos de la maquinaria agrícola, así como de la maquinaria no agrícola de la que es propietario.

- Edificio / sede: se indica la sede a la que corresponde la maquinaria.

- Tipo de maquinaria: maquinaria agrícola.

Tal y como se indica en la ficha metodológica de estimación de emisiones de "*Maquinaria móvil*" del Sistema Español de Inventarios (SEI), se defina maquinaria móvil agrícola: Actividad que contempla las emisiones relativas a maquinaria empleada en el sector agrícola: tractores, motocultoras y cosechadoras (SNAP 08.06).

-Tipo de combustible: depende del tipo de maquinaria (B7).

-Cantidad de combustible: cantidad de combustible expresada en las unidades indicadas en la columna "tipo de combustible".

-Factores de emisión (kgCO₂/ud / gCH₄/ud / gN₂O/ud): valores de los factores de emisión correspondientes al combustible seleccionado para los gases CO₂, CH₄ y N₂O.

Los factores aparecerán por defecto al seleccionar el combustible.

-Emisiones parciales B.1: resultado de emisiones de cada gas expresadas en kg CO₂, g CH₄, y g N₂O respectivamente.

-Emisiones totales B1: suma de las emisiones de los tres gases (CO₂, CH₄, N₂O) expresada en kg CO₂eq teniendo en cuenta los PCA descritos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

EMISIONES INDIRECTAS (ALCANCE 2)

Hoja 10. Electricidad y otras energías.

Consumos de electricidad comprada para los edificios y/o vehículos que son propiedad de la organización, o sobre los que tiene control (emisiones de alcance 2).

Además, se incluyen posibles consumos de calor, vapor o frío que se adquieren externamente, para su utilización en equipos o instalaciones propiedad de la organización o que están bajo su control.

Se distinguen tres apartados:

A. Consumo eléctrico en edificios

Con el fin de evitar doble contabilidad, en este apartado no se incluyen los consumos (y emisiones) debidos a:

- La construcción de la planta eléctrica y las pérdidas por transporte y distribución de la electricidad.

- Electricidad comprada para ser revendida.

Los casos de autoconsumo en instalaciones propias deben reportarse en el apartado 6. Información adicional (instalaciones propias de energía renovable).

B. Consumo eléctrico en vehículos

Vehículos eléctricos y/o híbridos enchufables.

C. Consumo de calor, vapor, frío o aire comprimido

A. Consumo eléctrico en edificios

Los datos por cumplimentar serán los correspondientes a los consumos de electricidad contratada a la comercializadora. Estos consumos se reflejarán como la suma de los kWh que aparecen en las facturas de electricidad correspondientes al periodo de cálculo.

Así, la información a cumplimentar en este apartado es la siguiente:

- Edificio / Sede: ubicación de las instalaciones que consumen electricidad.

- Nombre de la comercializadora suministradora de energía: se escoge la comercializadora suministradora de electricidad de la organización durante el año de cálculo.

- ¿Se dispone de Garantía de Origen? La Garantía de Origen (GdO) es una acreditación, en formato electrónico, que asegura que un número determinado de megavatios-hora de energía eléctrica producidos en una central, en un periodo temporal determinado, han sido generados a partir de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia, por tanto, hay dos tipos de GdO:

- Las que acreditan que la energía eléctrica generada proviene de fuentes renovables en cuyo caso el factor de emisión será 0 kg CO₂eq/kWh.

- Las que acreditan que la energía eléctrica generada proviene de sistemas de cogeneración de alta eficiencia en cuyo caso el factor de emisión será 0,302 kg CO₂eq/kWh.

- Dato de consumo (kWh): suma de los kWh de los consumos que se indican en las facturas de electricidad que comprenden el año de estudio.

- Factor de emisión (kg CO₂eq/kWh - kg CO₂/kWh): *factor de mix eléctrico*²⁴ empleado por cada comercializadora para el año de estudio que expresa las emisiones de CO₂ o de CO₂ equivalente asociadas a la generación de la electricidad que se consume. Este dato aparecerá automáticamente en función del año y la comercializadora seleccionada.

A partir del año 2021 los factores de mix eléctricos (y las emisiones calculadas a partir de los mismos) se expresan en kg CO₂eq/kWh. Para años anteriores únicamente se dispone del dato expresado en kg CO₂/kWh.

Además, también a partir de 2021 y en el caso de comercializadoras que han efectuado redenciones de garantías de origen a sus clientes, estos factores se refieren al “etiquetado restante” que es el factor que resulta una vez se detraen estas redenciones.

- Emisiones (kg CO₂eq / kg CO₂): valor que aparece automáticamente como resultado del producto de la cantidad de electricidad consumida y su correspondiente factor de mix eléctrico.

La organización no tiene consumo eléctrico en vehículos, ni consumo de calor, vapor, frío o aire comprimido.

RESULTADOS

Hoja 11. Informe final: Resultados.

En este apartado se presenta el resultado de la huella de carbono de la organización de alcance 1+2 obtenido para el año de cálculo, así como los resultados de la huella para los años anteriores introducidos.

-Resultados absolutos para el año de cálculo:

Además del resultado final de la huella, aparecerá una tabla y su representación gráfica en la que se reflejen las emisiones resultantes de cada una de las actividades estudiadas para el año de cálculo:

Emisiones directas (alcance 1)

- Fertilizantes, enmiendas, quema y aportes de residuos agrícolas
- Transporte por carretera
- Funcionamiento de maquinaria

Emisiones indirectas (alcance 2)

- Electricidad edificios

-Resultados relativos para el alcance 1+2 (Evolución):

Se ofrece el resultado de huella de carbono de alcance 1+2 de forma relativa, según la superficie y la producción. Se reflejarán también los resultados relativos y su evolución en las gráficas correspondientes, para los años anteriores.

ANEXOS

12. Factores de emisión.

En este apartado se indican los factores de emisión, los Potenciales de Calentamiento Global, los factores de conversión y los valores de los mix eléctricos según las diferentes comercializadoras existentes para cada año que se han utilizado en la calculadora. Además de indicar los valores de estos datos, se indican sus unidades y las fuentes de información de donde se han obtenido.

ANEXO B. Relación del trabajo final de máster con los objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.		X		
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.			X	
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.			X	
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	X			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.			X	
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.			X	
ODS 12. Producción y consumo responsables.	X			
ODS 13. Acción por el clima.			X	
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.		X		
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.			X	

Descripción de la alineación del TFM con los ODS con un grado de relación más alto.

El estudio de la Huella de carbono en la explotación arrocerá ubicada en la provincia de Valencia que se ha estudiado en este TFM queda alineado con las siguientes metas de los ODS:

- a) 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra.
- b) 8.4 Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del

medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados.

- c) 12.1 Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, con la participación de todos los países y bajo el liderazgo de los países desarrollados, teniendo en cuenta el grado de desarrollo y las capacidades de los países en desarrollo.
- d) 12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.
- e) 12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.