



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Máster en Ingeniería de Montes**

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA  
CONCENTRACIÓN PARCELARIA EN LA  
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO. ANÁLISIS EN LA  
COMARCA AGRARIA DE TIERRA DE CAMPOS.  
PROPUESTAS PARA UNA METODOLOGÍA DE  
EVALUACIÓN**

Alumno/a: Daniel Carrión Quintana

Tutor/a: Salvador Hernández Navarro

Junio de 2017

Copia para el tutor/a

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a mi director Óscar por todo lo que me ha enseñado y ayudado durante este largo trabajo. A Salvador, mi tutor, siempre confiando en mí y guiándome cuando no encontraba el camino.

A mi familia, por su apoyo constante y trabajo desde la sombra, una persona solo encuentra su máximo potencial cuando tiene unos pilares sobre los que cimentar su opción al éxito. Gracias a vosotros tengo esa opción.

A mis compañeros y amigos, por sus consejos y conversaciones que han aportado su granito de arena.

Y por último a Miriam, gracias por ser el eslabón que une la opción y el éxito.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
2.1. Implicaciones del Protocolo de Kioto en la actividad agraria .....	4
2.2. Decisiones del Protocolo de Paris (2015) .....	8
2.3. Oportunidad e interés de la concentración como elemento de reducción de GEI .....	9
2.4. Definición de la zona de estudio .....	13
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
4.1. Datos generales del muestreo .....	17
4.2. Equipo de trabajo .....	18
4.2.1. Programas informáticos .....	18
4.2.1.1. <i>QuantumGIS (QGIS)</i> .....	18
4.2.1.2. <i>AutoCAD</i> .....	18
4.2.1.3. <i>MATLAB</i> .....	19
4.2.1.4. <i>RouteGEN</i> .....	19
4.2.1.5. <i>Otros</i> .....	19
4.3. Metodología empleada .....	21
4.3.1. Definición de elementos a analizar .....	21
4.3.2. Digitalización de planos en Qgis .....	25
4.3.3. Generación de recorridos con "Python" .....	29
4.3.4. Digitalizado de las parcelas .....	31
4.3.5. Recorridos intraparcenarios .....	34
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
5.1. Rutas interparcelas .....	40
5.2. Rutas intraparcenarios .....	43
5.3. Resultados globales .....	47
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>7. PERSPECTIVAS DE FUTURO .....</b>	<b>52</b>
7.1. Líneas de trabajo .....	52
7.2. Técnica de reducción de emisiones de GEI .....	53
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Se muestra el rango de superficies (ha) establecidos para el muestreo y el número de explotaciones en cada uno de ellos, así como el total de explotaciones en la zona de estudio. (Fuente propia).....	22
<b>Tabla 2.</b> Se muestra el rango de superficies (ha) establecidos para el muestreo, el número de explotaciones en cada uno de ellos sin haber aplicado el muestro estratificado proporcional y las explotaciones resultantes de aplicar el muestreo estratificado proporcionado. (Fuente propia). .....	22
<b>Tabla 3.</b> Se muestra el número de explotación, cantidad de parcelas a estudio por explotación y la superficie total (ha) por explotación. (Fuente propia). .....	23
<b>Tabla 4.</b> Se muestra la distancia recorrida antes y después de la C.P. (Km/ha) por superficie (ha) de explotación. También aparece el número de parcelas por explotación antes y después de la C.P., así como la superficie (ha) antes y después de la C.P. (Fuente propia).....	41
<b>Tabla 5.</b> Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie menor a 20 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo (Fuente propia).....	43
<b>Tabla 6.</b> Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 20 y 50 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia). .....	44
<b>Tabla 7.</b> Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 50 y 100 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia). .....	45
<b>Tabla 8.</b> Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 100 y 200 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia). .....	46
<b>Tabla 9.</b> Referencias bibliográficas con valores (Kg CO <sub>2</sub> /ha y año) de reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> con los que realizar la discusión con el presente estudio. (Fuente propia). .....	47
<b>Tabla 10.</b> Tecnologías agrícolas para mitigar las emisiones de GEI y posibles reducciones de las emisiones anuales de dióxido de carbono. (Fuente propia).....	53

## ÍNDICE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano antes de la concentración parcelaria (Fuente propia).....	22
<b>Imagen 2.</b> Digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano después de la concentración parcelaria (Fuente propia).....	22
<b>Imagen 3.</b> Implantación de los centroides (entraderos de las parcelas) sobre la digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano antes de la concentración parcelaria (Fuente propia).....	23
<b>Imagen 4.</b> Implantación de los centroides (entraderos de las parcelas) sobre la digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano después de la concentración parcelaria (Fuente propia).....	41
<b>Imagen 5.</b> Consola de Python donde se han llevado a cabo las simulaciones de las rutas más eficientes energéticamente (Fuente propia).....	43
<b>Imagen 6.</b> Resultado emitido por la consola Python de una simulación en búsqueda de la ruta o itinerario de máxima eficiencia energética (Fuente propia).....	44
<b>Imagen 7.</b> Creación de un polígono sobre la parcela de estudio y aplicación de un “LIST” para obtener las coordenadas de sus vértices (Fuente propia).....	45
<b>Imagen 8.</b> Introducción del comando “PROP FIS” sobre la región creada previamente para la obtención de sus características físicas (Fuente propia).....	46
<b>Imagen 9.</b> Programa “RouteGEN” corriendo sobre la versión 6.5 de “MATLAB” .....	47
<b>Imagen 10.</b> Programa “RouteGEN” cargando archivo de parcela en formato “.Inb”. (Fuente propia).....	53
<b>Imagen 11.</b> Características de configuración de los parámetros de ruta comunes a todos los análisis del presente estudio dentro del programa “RouteGEN” (Fuente propia).....	46
<b>Imagen 12.</b> Simulación de la ruta de máxima eficiencia energética en una parcela de una de las explotaciones objeto de estudio. Lados principales 3 y 1; punto de salida el 3.Programa “RouteGEN” (Fuente propia).....	47
<b>Imagen 13.</b> Formato “.txt” en el que el Programa “RouteGEN” devuelve los resultados de la simulación de la ruta de máxima eficiencia energética en una parcela de una de las explotaciones objeto de estudio (Fuente propia).....	53

## ÍNDICE FIGURAS

**Figura 1.** Se representa la comparación de km/ha y año medios recorridos para cada una de las explotaciones, tanto antes como después de la C.P. Eje X se representa el N<sup>o</sup> de Explotación; Eje Y se representa el N<sup>o</sup> de Km/ha recorridos. (Fuente Propia)..... 22

## 1. RESUMEN

## 1. RESUMEN

La concentración parcelaria es un proceso por el cual se agrupa y reorganiza la propiedad rústica, documentándose jurídicamente, creándose al mismo tiempo una nueva infraestructura viaria de servicio a las nuevas fincas y realizándose obras de mejoras como desagües, saneamientos, regadíos y eliminación de accidentes naturales y artificiales.

Tiene por fin primordial la constitución de explotaciones de estructura y dimensiones adecuadas, intentando dar al agricultor el mínimo número de fincas a cambio de las parcelas aportadas, todo ello en el ámbito de una red de caminos en condiciones y, dentro de lo posible, situadas donde haya pedido.

El presente estudio se centra en el análisis de la energía consumida en los desplazamientos realizados a las explotaciones agrícolas, así como en los giros que se producen dentro de la parcela. Para ellos se analiza el proyecto de concentración parcelaria realizado en Villagarcía de Campos en la comarca de Tierra de Campos (provincias de Valladolid).

El objetivo principal de esta investigación fue realizar una evaluación de los efectos que las actuaciones de concentración parcelaria pueden tener sobre la reducción de los gases de efecto invernadero, mediante la reducción de la distancia recorrida en los itinerarios de laboreo y cultivo, así como también por la reducción de las maniobras dentro de la parcela, como consecuencia de la mayor regularidad de las fincas resultantes y de su mayor tamaño.

Para ello se emplea una metodología basada en la cartografía en formato shape y varias herramientas como complementos, así como un generador de rutas de máxima eficiencia energética que corre sobre Matlab y las digitalizaciones efectuadas en shape.

Los resultados más relevantes demuestran una reducción a nivel del término municipal de Villagarcía de Campos (2715 ha) de 26,776 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año; siendo el análisis interparcelario de 25,563 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año y el intraparcario de 1,213 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año.

Por último, se realizará una propuesta para la elaboración de una metodología de evaluación de los proyectos de concentración parcelaria atendiendo a los resultados observados en la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero.



## **2. INTRODUCCIÓN**

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Implicaciones del Protocolo de Kioto en la actividad agraria

Desde que en 1972 se comenzaron a analizar en profundidad y a escala planetaria las relaciones existentes entre el crecimiento económico y los recursos, y dentro de éstos de forma específica los recursos energéticos y los residuos generados, (PNUMA, 1972; Meadows *et al.*, 1992), se admite que en el análisis del crecimiento de una actividad económica deben contabilizarse los costes externos o externalidades, de tipo social y especialmente ambiental.

Si se realizara este tipo de ajuste, en múltiples operaciones y sectores se obtendrían crecimientos negativos (Riechmann *et al.*, 1995). En concreto, los sistemas agropecuarios industrializados tienen un rendimiento energético muy bajo y en ellos deben introducirse cambios que permitan mejorar la relación entre calorías empleadas por cada caloría de alimento producido (Naredo, 1987).

Aquí se podrían incluir, entre otras líneas de actuación, la mejora de la eficacia en el uso de los recursos energéticos y la sustitución de los recursos más contaminantes, pero en especial se debería intervenir en la reducción de los consumos energéticos.

Según el Grupo intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC, 2007), aunque el calentamiento global es en cierta medida consecuencia de factores naturales, gran parte del mismo puede atribuirse a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades humanas, sobre todo al CO<sub>2</sub> que representa el 80% del total de GEI. Para mantener los impactos del cambio climático en niveles controlables habrá que reducir notablemente las emisiones de GEI.

No todos los cambios actuales y previstos del cambio climático son adversos, pues sus efectos podrán ser diferentes según regiones y sectores económicos. En el sector agropecuario, de alta sensibilidad ante el cambios de esta índole, son previsibles impactos de diferente signo, positivo o negativo, según zonas y cultivos.

Así, como consecuencia del aumento de los niveles de CO<sub>2</sub>, los modelos proyectan aumentos de las cosechas en el centro y norte de Europa e importantes reducciones en el área mediterránea y en el sureste de Europa, debidas al incremento de la duración y severidad de los períodos de sequía (Schröter *et al.*, 2005).

Según el informe sobre el medio ambiente en Europa de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2017), tras un descenso a principios de la década de 1990, las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) volvieron a aumentar en todas las regiones europeas. No obstante cabe destacar que en este período en la Unión Europea, las emisiones totales disminuyeron un 5%, mientras los países integrantes de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), salvo Suiza, aumentaron en torno a un 5%. En 2014, las emisiones totales de la Unión Europea (UE-28) y de la AELC sumaron 5.791 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, sin contar el cambio de uso del suelo y la forestación.

Como objetivo a largo plazo la UE se ha propuesto limitar el aumento global de la temperatura a 2°C por encima de los niveles existentes en el período 1850-1919. Para alcanzar este objetivo será necesaria una reducción global de las emisiones del 15 al 50% para 2050 en comparación con los niveles de 1990 (AEMA, 2017). Más optimistas son aún las previsiones realizadas para Dinamarca (Dalgaard, *et al.*, 2011) que estiman posible una reducción de las emisiones del 50 al 70% para el año 2050 respecto a los niveles existentes en 1990.

El sector agrario contribuye de forma significativa a las emisiones globales de GEI, a través de la producción y empleo de fertilizantes, productos agroquímicos y maquinaria agrícola (Cole *et al.*, 1997; Conforti *et al.*, 1997; IPCC, 2017).

Las emisiones de GEI del sector agrario, fundamentalmente de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), supusieron un 9,2% de las emisiones totales en el conjunto de la UE y la AELC (AEMA, 2007), un 6,2% en EE.UU. ( Johnson *et al.*, 2007) y en torno al 10-12% de las emisiones mundiales (5-6 Gt CO<sub>2</sub>-eq. Año<sup>-1</sup> en 2005) (Hillier *et al.*, 2011). No obstante, el peso de la agricultura en el consumo total de energía, podría estar notablemente infradimensionado (Pervanchon *et al.*, 2002), y por tanto las emisiones de GEI tampoco estarían correctamente estimadas.

Existen trabajos exhaustivos y con una escala geográfica más reducida que aportan datos más concluyentes sobre el verdadero impacto de las actividades agrarias de laboreo, tratamientos y transporte de las cosechas (Kulshreshtha, 2000; Dyer, Desjardins, 2003; Lal, 2004; Boto *et al.*, 2005; Bertocco, 2008; Meisterling *et al.*, 2009; Safa *et al.*, 2010; Dalgaard, *et al.*, 2011).

De estos artículos también se puede deducir la necesidad de implementar sistemas adecuados de valoración de las emisiones de GEI, o en su caso de las reducciones que se esperan alcanzar, en especial en relación con las operaciones de transporte y desplazamientos en la explotación, cuya valoración se podría considerar poco o nada evaluada.

En la evaluación del uso de la energía en los sistemas agrarios realizada por Pervanchon *et al.* (2002), se apuntaba importancia que en el consumo energético podrían suponer los desplazamientos entre la sede de la explotación y sus parcelas, si bien es un factor poco estudiado en el conjunto del indicador energético que desarrolla este autor. Por su parte, González *et al.* (2007), destaca la importancia económica que las operaciones de transporte pueden llegar a alcanzar (como sucedería en el regadío o con los cultivos forrajeros).

El potencial técnico de disminución se estima en torno a ~5.500-6.000 Mt CO<sub>2</sub>-eq Año<sup>-1</sup> en 2030, si bien existen numerosas incertidumbres, tanto por las emisiones que generará el sector como por la efectividad real de las medidas mitigadoras, e igualmente hay importantes condicionantes económicos que limitarían este resultado (Smith *et al.*, 2007); en concreto, sólo si se obtuviesen precios bastante elevados de CO<sub>2</sub> equivalente (por ejemplo, 5.000 dólares EE.UU. t CO<sub>2</sub>-eq.) se podría alcanzar esa reducción.

No obstante, en análisis más recientes y centrados en la UE (De Cara & Jayet, 2011), se sugiere que el sector agrícola podría desempeñar un papel importante en el cumplimiento dentro de la UE de la meta global de reducciones de las emisiones de GEI con precios situados entre 32 y 42 €/ tCO<sub>2</sub>-eq. Los mayores costes de mitigación se concentrarán en los países con mayores emisiones (Francia, Alemania y Reino Unido), así como en aquellos que cuentan con emisiones menores pero que tienen asignados unos objetivos de reducción muy estrictos (Dinamarca o Países Bajos).

Diferentes trabajos han analizado las posibilidades de reducir las emisiones de los GEI en las actividades agrarias, centrándose fundamentalmente en los diferentes métodos de reducción de laboreo, técnicas de manejo de suelos y reducción de la erosión, procedimientos para la aplicación de fertilizantes, biocombustibles, cambio de uso del suelo y forestación, sistemas de alimentación y manejo de animales, intercambio de tecnologías y mejora de los sistemas de captación de carbono (véanse las revisiones efectuadas por Johnson *et al.*, 2007; Povelato *et al.*, 2007; y Smith *et al.*, 2007, y los artículos de Cole *et al.*, 1997; Vergé *et al.*, 2007; Schneider *et al.*, 2007; Dyer *et al.*, 2010; Dalgaard, *et al.*, 2011).

Según De Cara y Jayet, (2011), la evolución previsible de los niveles de emisiones entre 2005 y 2020, para el conjunto de la UE, será de un -1,9%, con una disminución más pronunciada en la UE-15 (-2%) que en los nuevos estados miembros (-1,5%). Los países que previsiblemente tendrán incrementos en este período serán Bélgica, Países Bajos, Portugal, Chipre, Polonia y España, que presenta el mayor incremento relativo: 6,9%.

Se puede concluir que la combustión de combustibles fósiles es, con diferencia, el mayor contribuyente de emisiones de GEI. Además del impacto que este consumo de energía por parte del sector agrario representa sobre las emisiones debe tenerse en cuenta que los requerimientos de energía fósil por parte de la agricultura es sólo una de las muchas variables necesarias para analizar a largo plazo la viabilidad de los sistemas agrícolas.

Por tanto, tenemos que desarrollar alternativas sostenibles a los combustibles fósiles, a la vez que se reduce su consumo y se hace un uso más eficiente de estos recursos. Estas actuaciones nos ayudarán a minorar nuestra demanda de energía y a mejorar el balance económico de las explotaciones, a la estabilización de las emisiones de GEI y, finalmente, reducir al mínimo el cambio climático mundial.

## 2.2. Decisiones del Protocolo de Paris (2015)

El Acuerdo de París sobre Cambio Climático es continuador de otros acuerdos internacionales previos como el de Kyoto, acordado por 198 países. Aunque tiene fecha de 12 de diciembre de 2015, fue firmado por la mayoría de los 195 países y organizaciones el 22 de abril de 2016. España, tras la autorización por las Cortes Generales, ratificó el Acuerdo el 12 de enero de 2017, entrando en vigor el 11 de febrero de 2017 (treinta días después).

Los principales objetivos a cumplir, a mayores de ratificar y potenciar los acordados en el Protocolo de Kyoto son:

- Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales.
- Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.
- Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

La línea de trabajo continúa siendo la misma, manteniendo la lucha contra los GEI de vital importancia y la posición estratégica principal. El artículo 5 del Protocolo de Paris (2015) propone que las partes deberían adoptar medidas para conservar y aumentar, según corresponda, los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero, incluidos los bosques.

La alta atomización de tierras de labor y las distancias entre parcelas de un mismo propietario, son situaciones que se pueden solucionar y revertir gracias a los procesos de CP. La CP a nivel forestal en países como Finlandia ha dado como resultado una reducción de las horas de trabajo anuales con maquinaria agrícola (Hiironen y Niukkanen, 2014) lo cual también repercute en un menor consumo de combustibles fósiles y por tanto una reducción de emisiones de GEI.

### **2.3. Oportunidad e interés de la concentración parcelaria como elemento de reducción de GEI**

El proceso de concentración parcelaria (C.P.) cuenta en Europa con una importante implantación espacial, abundante desarrollo normativo y experiencia. En todos los países de la UE-28, en Albania, Armenia, Croacia, Moldavia y Serbia, entre otros de los antiguos PECOS, así como en Noruega y Suiza, existen programas específicos de C.P. En los Países Bajos, no hay superficie agrícola que no haya sido sometido a CP. La superficie concentrada en Francia supera los 12 millones de hectáreas, 4,5 millones en Portugal, 1,5 millones en Polonia y 5,3 millones en España.

Este proceso, con sus diferentes variantes y niveles de integración en otras políticas territoriales, también se utiliza en muchos países no europeos, incluidos China, Japón, Indonesia, India, Irán, Turquía, Nepal, Pakistán, Kenia y Nigeria (Huylbroeck *et al.*, 1996; Crecente y Álvarez, 2000; Van Lier, 2000; Crecente *et al.*, 2002; FAO, 2003; Vitikainen, 2004; Miranda *et al.*, 2006; Tan *et al.*, 2006; FAO, 2012).

El proceso de C.P. se considera un importante instrumento de desarrollo rural en muchos países, contribuyendo a asegurar el desarrollo económico y la viabilidad de las zonas rurales, facilitando la gestión del medio ambiente e incluso el crecimiento racional de los núcleos urbanos (Huylbroeck *et al.*, 1996; Van Lier, 2000; Crecente *et al.*, 2002; Vitikainen, 2004; Wu, Liu, Davis, 2005; Santé Riveira y Crecente Maseda, 2006; Miranda *et al.*, 2006; González *et al.*, 2007; FAO, 2008; Pašakarnis y Towards, 2010).

Cuando la C.P. está integrada en las políticas de ordenación territorial se puede tomar en consideración la multiplicidad de funciones y usos potenciales de los ámbitos rurales: dotación de suelo público para usos urbanos e industriales, coordinación con las actuaciones de dotación de infraestructuras viarias, manejo y gestión de recursos hídricos, utilización sostenible de los recursos naturales, y recreo, ocio y turismo.

La C.P. en España es, desde sus inicios, un instrumento de planificación sectorial, básicamente agrario (agrícola y ganadero inicialmente y, hoy en día, con una incidencia cada vez mayor en el sector forestal), de escasa integración en las políticas de ordenación territorial (Crecente y Álvarez, 2000). Su finalidad principal, según establecía la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario (Decreto 118/73), era la constitución de explotaciones de estructura y dimensión adecuadas, que garantizaran la rentabilidad de las explotaciones.

En España, las competencias relacionadas con la planificación y ejecución de C.P. están transferidas a las comunidades autónomas. De todas ellas, nueve cuentan con una legislación específica sobre C.P.: Andalucía, Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Galicia y Navarra. Mientras en el resto se sigue utilizando la antigua Ley de Reforma y Desarrollo Agrario, con ligeras modificaciones.

La C.P., regulada en Castilla y León por la Ley 1/ 2014, tiene como finalidad primordial la ordenación de la propiedad rústica, con vistas a dotar a las explotaciones agrarias de una estructura adecuada mediante la cual incrementar su rentabilidad.

Para alcanzar este objetivo principal se adjudica a cada propietario un coto redondo o un cierto número de fincas de reemplazo (el más pequeño posible) que, en conjunto, reúnan una superficie y unos derechos cuyo valor, sea similar al que hubiese sido asignado a las parcelas y derechos que anteriormente poseía.

También se adjudicarán contiguas las fincas integradas en una misma explotación, aunque pertenezcan a distintos propietarios. Para esta nueva configuración espacial de las fincas se tiene en cuenta la localización de la sede principal de la explotación (naves agrícolas o vivienda del titular) o su finca más importante, con el objetivo de reducir los tiempos y distancias necesarios.

Además, la implementación de estos objetivos conlleva la realización de importantes obras de infraestructuras agrarias, fundamentalmente caminos y obras anexas, que darán servicio directo a todas las nuevas fincas y contribuirán a mejorar la calidad y rapidez de los desplazamientos entre la sede de la explotación y sus diversas parcelas.

Sólo en Castilla y León, la superficie que ha sido concentrada (en fase de proyecto y excluidas las reconcentraciones) asciende a 4.198.092 ha de un total de 5.367.720 ha de superficie concentrable, entendiéndose por tal la superficie de tierras labradas, la superficie de pastos concentrable, más otras superficies que corresponden a superficie no agraria útil (eriales, pastizales, etc.) incluidas en las zonas concentradas (Servicio de Ordenación de Explotaciones, 2014). Si se consideran únicamente las tierras labradas, la C.P. está finalizada o se está actuando en el 96,8% de su superficie.

En áreas con altos índices de fragmentación y estructuras agrarias poco desarrolladas, las actuaciones de C.P. pueden contribuir de forma sustancial a la modernización de su agricultura, favoreciendo la mecanización de los procesos de producción y la implantación de sistemas racionales de catastro y de administración, así como la construcción y el mantenimiento de infraestructuras rurales (Blarel *et al.*, 1992; Jabarin & Epplin, 1994; Hu, 1997; Wan & Cheng, 2001; Crecente *et al.*, 2002; Niroula & Thapa, 2005; Tan, 2006; Tan *et al.*, 2008). En los Países Bajos, donde la C.P. cuenta con una gran tradición, se ha estimado que este proceso tiene una tasa de retorno a la economía nacional del 9% (Van der Noort, 1997).



Los objetivos y la metodología de la C.P. están influenciados por las condiciones específicas de los diferentes países y regiones, por su historia y más recientes políticas, su desarrollo social y también por las condiciones naturales (Huylenbroeck *et al.*, 1996; Bonfanti *et al.*, 1997; Crecente y Álvarez, 2000; Borec, 2000; Coelho *et al.*, 2001; Crecente *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 2006; Akkaya Aslan *et al.*, 2007; Van Dijk, 2007).

Estos condicionantes históricos son especialmente importantes en los países pertenecientes a la antigua Unión Soviética, con procesos de colectivización y posterior privatización de la tierra y actualmente inmersos en numerosos e importantes proyectos de C.P. (Gorton & White, 2003; FAO, 2003; Sklenicka, 2006; Van Dijk, 2007; Di Falco *et al.*, 2010).

No obstante, para que las posibilidades de la C.P. sean aprovechadas en toda su dimensión, debe considerarse este proceso como parte activa de las políticas estructurales de las zonas rurales (Vitikainen, 2004) y de la ordenación del territorio. Bajo este planteamiento, la C.P. puede tener un impacto en diferentes niveles: a nivel micro (con los beneficiarios directos, como los agricultores), a nivel meso (con los beneficiarios indirectos, la economía comarcal y regional y las infraestructuras), y a nivel macro (la sociedad nacional, la economía, las instituciones y el medio ambiente) (FAO, 2008).

Es necesario destacar que la C.P. es en sí un proceso de extrema complejidad debido fundamentalmente al número de agentes intervinientes, a la duración del procedimiento y a los conflictos de intereses que toda actuación sobre el territorio y la propiedad comportan. Esta es una característica común a todos los países, sea cual sea el nivel de desarrollo y aplicación de la C.P.

En el inicio de estas actuaciones en Europa, los trabajos se llevaban a cabo de oficio por la administración competente si se consideraba de interés para la zona. Hoy en día, en la mayor parte de los países, únicamente se inician CP a petición de los interesados, con la excepción de las concentraciones para el desarrollo de grandes infraestructuras que pueden iniciarse de oficio por la administración.

Otros aspectos a tener en cuenta en la evaluación de los proyectos de C.P., son las numerosas dudas que existen sobre las alteraciones medioambientales que pueden ocasionar. Las primeras reacciones sobre el impacto de la C.P. sobre ciertas estructuras espaciales (red de setos del paisaje de "bocage" existente en Normandía y Bretaña) y los efectos sobre la pérdida de heterogeneidad y fragmentación del paisaje fueron realizadas por Burel y Baudry en 1984.

En trabajos posteriores se analizaron otros impactos negativos producidos o relacionados con el proceso de C.P.: pérdida de biodiversidad en general (Di Falco *et al.*, 2010), cambios en el paisaje y sus valores (Bonfanti *et al.*, 1997; Miranda *et al.*, 2006; Pašakarnis & Towards, 2010), incremento de la intensificación de las actividades agrícolas (Huylenbroeck *et al.*, 1996; Miranda *et al.*, 2006), afección a procesos hidrológicos en cuencas pequeñas, incrementando los procesos de escorrentía (Bronstert *et al.*, 1995), reducción de los índices de supervivencia y éxito reproductor de aves vinculadas a medios agrícolas (Eybert *et al.*, 1995), reducción de poblaciones salvajes de aves y mamíferos por pérdida, fragmentación o deterioro de sus hábitats o por reducción de las especies de las que se alimentan (Purroy, 1997; Palomo y Gisbert, 2002; Martí y del Moral, 2003; Madroño *et al.*, 2004; SEO/BirdLife, 2010), cambios en los usos del suelo agrícola hacia la producción de especies forestales de crecimiento rápido (Crecente *et al.*, 2002).

En todo caso, para una correcta evaluación de los efectos y alcance de la C.P. se han realizado numerosos estudios con un enfoque multidisciplinar, analizando además de aspectos económicos, los ecológicos y sociales. Así, al complejo proceso de C.P. también se le reconocen, en determinadas circunstancias y áreas geográficas, otros valores o impactos positivos: instrumento muy útil para control de la erosión en zonas de cultivo de arroz (Mihara, 1996), racionalización, mejora y preservación del desarrollo urbano en el espacio rural, favoreciendo el mantenimiento de población activa (Huylenbroeck *et al.*, 1996; Crecente y Álvarez, 2000; González *et al.*, 2004), mejora de infraestructuras de transporte, rehabilitación de construcciones de interés y adecuación paisajística, (Van Lier, 2000; Crecente y Álvarez, 2000), reducción del abandono de tierras agrícolas, control de la erosión y del drenaje (Huylenbroeck *et al.*, 1996; Crecente y Álvarez, 2000), incremento de la productividad de la actividad ganadera (Crecente *et al.*, 2002; Corral *et al.*, 2011).

En varios trabajos de investigación recientes se desarrollan nuevas metodologías para la evaluación de la C.P. a partir de diversos índices métricos, como la forma, tamaño y dispersión de las parcelas resultantes de la C.P. (González *et al.*, 2004; Van Dijk, 2007; Akkaya Aslan *et al.*, 2007), o bien para analizar la influencia de estos factores en los márgenes brutos de las explotaciones afectadas (González *et al.*, 2007).

No obstante, esta caracterización a partir de la forma y el tamaño de las parcelas resulta demasiado abstracta para ser empleada en proyectos reales (Sklenicka, 2006), o bien si se analizan los factores tamaño y distancia de la parcela en relación con los costos de producción por unidad de producto, pueden mostrarse impactos estadísticamente no significativos (Tan *et al.*, 2008).

. Este estudio se pretende demostrar cómo la C.P. puede contribuir a la reducción de las emisiones de GEI aprovechando la racionalización introducida en la configuración de las explotaciones agrarias, mediante el incremento del tamaño y regularidad de sus parcelas, la reducción de su dispersión espacial, así como también por las mejoras obtenidas en los desplazamientos (distancia, tiempos, calidad) como consecuencia de la nueva red de caminos y obras anexas ejecutados en la C.P.

## 2.4. Definición de la zona de estudio

Se analizó el proyecto de C.P. desarrollado en el término municipal de Villagarcía de Campos (Valladolid), ubicado en la comarca natural de Tierra de Campos (centro de Castilla y León). Atendiendo a criterios ecológicos más amplios, la zona analizada se corresponde con las denominadas pseudoestepas o estepas cerealistas (Suárez *et al.*, 1992).

La elección de esta zona estuvo motivada fundamentalmente por su representatividad de las estepas cerealistas de Castilla y León y la existencia de la de modernización del proyecto de regadío existente en Villagarcía de Campos.

Otro punto a favor de la zona es su homogeneidad orográfica con una disposición en forma de penillanura con suaves ondulaciones y sin grandes desniveles, lo que no nos introducirá distorsiones en los datos de consumos.

Por las características socio-económicas predominantes en el municipio (principales cultivos y aprovechamientos, sistema de explotación, índice de parcelación) y las espaciales anteriormente expuestas, las conclusiones obtenidas en el presente análisis se podrían hacer extensibles a todo el espacio interior de Castilla y León (pseudoestepa cerealista, campos, campiñas y valles).

El municipio de Villagarcía de Campos se localiza en el ángulo noroccidental de la provincia de Valladolid. La superficie municipal total asciende a 3.751 Ha, de las cuales se proyectan concentrar 2.715 Ha. Este término se sitúa a caballo entre las unidades naturales y morfoestructurales de "Tierra de Campos" y "Páramo de Torozos"; no obstante, la zona afectada por la C.P. se corresponde con la primera unidad.

Se trata por tanto, de una zona con un relieve apenas contrastado, una penillanura con suaves ondulaciones. El río Sequillo, de caudal reducido y marcada estacionalidad, atraviesa la zona en la parte central del término, en dirección Noreste-Suroeste. Varios arroyos de caudal discontinuo drenan el término perpendicularmente al río Sequillo, en el que confluyen. La altitud media es de 720 m.s.n.m.

En la zona de secano (2.065 Ha) prácticamente existe monocultivo de cereal (70-85%), en torno a un 10% de girasol, muy variable según los años, otro 10-12% de cultivos forrajeros, 8-10% de barbecho y un 2-5% de proteaginosas y leguminosas de consumo humano.

En el regadío (unas 650 Ha en total, de las cuales 415 se riegan a partir del Canal de Macías Picavea y las restantes mediante perforaciones privadas), los cereales y el girasol acaparan el 45-50%, los cultivos forrajeros un 30-35%, en torno a un 15% la remolacha y un 10-12% el maíz (Declaración de Superficies y Aprovechamientos, Dirección General de PAC, 2016).

## **3.OBJETIVOS**

### 3. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretender conseguir con el presente estudio son los siguientes:

- **Objetivo principal:**

Evaluar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con la aplicación de concentraciones parcelarias.

- **Objetivos específicos:**

1. Generar itinerarios de roturación en parcelas más eficientes energética y medioambientalmente.
2. Demostrar una mayor eficiencia económica de las concentraciones parcelarias.
3. Comparar rutas y número de viajes a las explotaciones antes y después de la concentración parcelaria.
4. Establecer las bases de una propuesta metodológica de evaluación en los procesos de concentración parcelaria.
5. Mejora de la seguridad vial local al reducir el número de trayectos a las explotaciones.

## **4.MATERIAL Y MÉTODOS**

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Datos generales del muestreo

Los datos con los que ha sido llevado a cabo el presente estudio han sido proporcionados por la Dirección General de Producción Agropecuaria e Infraestructuras Agrarias; Servicio de Infraestructuras Agrarias (Valladolid) de la Junta de Castilla y León.

Todo el trabajo de determinación de parcelas y fincas, así como de los bloques, se ha desarrollado dentro de un SIG (Qgis). De esta misma aplicación se tomaron las capas correspondientes a las redes de caminos, antigua y nueva, así como de los accidentes topográficos u otros elementos existentes en el territorio (como son el río Sequillo y sus arroyos, los canales de riego, etc.) que condicionan las trazas de los itinerarios.

De forma complementaria se han utilizado los planos elaborados para cada proyecto de concentración, de escala 1:2500, y las series completas de ortofotografías del proyecto PNOA, correspondientes a los vuelos realizados en los años 2008 y 2014.

## **4.2. Equipo de trabajo**

A continuación se describen todos los elementos que han sido necesarios para la consecución del presente estudio.

### **4.2.1. Programas informáticos**

#### **4.2.1.1. *QuantumGIS (QGIS)***

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos.

QGIS ha sido empleado en los procesos de digitalización de las rutas pre y post concentración parcelaria así como en la simulación de los recorridos de máxima eficiencia energética con su herramienta “Python”.

#### **4.2.1.2. *AutoCAD***

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

AutoCAD nos ha permitido la digitalización y formación de regiones para el posterior estudio de las mismas. Con él hemos formado las explotaciones para darles el valor de entidad necesario para su posterior análisis de ruta intraparcularia más eficiente energéticamente.



#### **4.2.1.3. MATLAB**

MATLAB (abreviatura de *MATrix LABoratory*, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux.

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes, como es el caso del presente estudio donde sirve de vector necesario al programa "routeGEN" que corre sobre él, el cual nos ha permitido generar las rutas intraparcelarias de máxima eficiencia energética.

#### **4.2.1.4. RouteGEN**

Se trata de una aplicación generadora de rutas que tiene como objetivo la creación de rutas seguras de obstáculos y admisibles cinemáticamente que mediante el uso de un sistema de guiado realicen la cobertura completa de una parcela agrícola.

La ruta generada consiste en una secuencia ordenada de pares de coordenadas en forma de submetas que el vehículo debe ir alcanzando durante el guiado. Estas coordenadas se referencian haciendo uso de los datos obtenidos del sistema de localización global GPS que han sido exportados desde AutoCAD cuando se generaron las regiones que daban forma a las explotaciones objeto de estudio.

#### **4.2.1.5. Otros**

Para la elaboración del estudio se necesitó ayuda complementaria de otros programas o complementos de desarrollo como:

- Excel: Utilizado para el análisis de los resultados y transformación de coordenadas de un formato.
- Blog de notas: Análisis y lectura de los resultados emitidos por el programa "routeGEN".

- Python: También ha sido necesaria la utilización de la extensión “Python” en QentumGIS. Python es un lenguaje de scripting independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa, desde aplicaciones Windows a servidores de red o incluso, páginas web. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad que se ha hecho patente en el presente estudio.

### **4.3. Metodología empleada**

El aspecto innovador del presente estudio reside en la utilización de programas informáticos para generar rutas a explotaciones agrícolas e itinerarios intraparcenarios más eficientes desde el punto de vista medioambiental, así como reducir gastos económicos.

Del mismo modo, se pretende que aplicando esta metodología se pueda mejorar la calidad del diseño de las concentraciones parcelarias y por tanto ser un sistema de reducción de emisiones de efecto invernadero de carácter preventivo.

#### **4.3.1. Definición de elementos a analizar**

Todo el presente trabajo de investigación se desarrolla a partir del acuerdo de concentración parcelaria elaborado para el término municipal de Villagarcía de Campos (Valladolid), redactado en junio de 2011 y llevado a fin de ejecución en 2014.

La superficie afectada por la concentración parcelaria en Villagarcía de Campos ha sido de 2.715 ha, divididas en 1107 parcelas, pertenecientes a 244 propietarios.

Según la metodología de trabajo seguida por el Departamento de Estructuras Agrarias de la Junta de Castilla y León todos los propietarios son agrupados como explotación agraria (en el texto se refiere simplemente como explotación), denominándose así a la unidad técnico-económica al frente de la cual se sitúa un agricultor (normalmente, a título principal), que cultivará una o varias parcelas, que pueden ser de su propiedad o disfrutar de ellas mediante otros regímenes de tenencia.

Esta consideración resulta fundamental para el análisis de todos los parámetros de este estudio, y en general de la eficacia de cualquier proyecto de concentración parcelaria, puesto que estas valoraciones deben realizarse teniendo en cuenta la localización de las parcelas a nivel de explotación, aunque jurídicamente pertenezcan a diversos propietarios.

El resultado de la agrupación es la conformación de 52 explotaciones. Se decidió llevar a cabo un muestreo estratificado proporcionado, debido a que no todas ellas tienen la misma superficie (Tabla 1).

**Tabla 1.** Se muestra el rango de superficies (ha) establecidos para el muestreo y el número de explotaciones en cada uno de ellos, así como el total de explotaciones en la zona de estudio. (Fuente propia).

Rango de Superficies (ha)	Nº de Explotaciones
< 20	20
20 – 50	16
50 – 100	4
100 – 200	12
	<b>TOTAL = 52</b>

Con el fin de garantizar una muestra suficientemente significativa y representativa se fijó que aquélla debería alcanzar como mínimo el 25% de las explotaciones debido a que todos poseen una misma pendiente (casi nula) y la morfología de las parcelas es irregular antes de la concentración parcelaria.

El único aspecto que es diferente entre las explotaciones es el rango de superficie de cada una de ellas, por lo que este es el factor limitante en cuanto al muestreo. Esto decantó la decisión por el muestreo estratificado proporcionado (Tabla 2).

**Tabla 2.** Se muestra el rango de superficies (ha) establecidos para el muestreo, el número de explotaciones en cada uno de ellos sin haber aplicado el muestro estratificado proporcional y las explotaciones resultantes de aplicar el muestreo estratificado proporcionado. (Fuente propia).

Rango de Superficies (ha)	Nº de Explotaciones	25% Explotaciones
< 20	20	5
20 – 50	16	4
50 – 100	4	1
100 – 200	12	3
	<b>TOTAL = 52</b>	<b>TOTAL = 13</b>

El proceso de elección de las 13 parcelas resultado del muestreo estratificado se llevó a cabo como un muestreo aleatorio simple ejecutado con la aplicación Excel, dando como resultado las siguientes explotaciones con un número de parcelas asignadas (Tabla 3).

**Tabla 3. Se muestra el número de explotación, cantidad de parcelas a estudio por explotación y la superficie total (ha) por explotación. (Fuente propia).**

Nº Explotación	Nº Parcelas		Superficie total (ha)	
	Pre C.P.	Post C.P.	Pre C.P.	Post C.P.
1	1	1	2.301	1.639
2	2	1	7.740	7.840
3	2	1	7.883	7.003
4	4	2	8.797	16.640
5	12	5	19.001	19.741
6	18	9	29.901	29.452
7	14	7	39.369	37.762
8	6	3	35.314	35.673
9	7	3	33.028	33.518
10	42	7	97.803	106.961
11	33	11	118.129	102.246
12	47	13	145.431	157.071
13	26	8	155.754	147.819
	<b>213</b>	<b>71</b>	<b>700.451</b>	<b>703.365</b>

Una vez decididas las explotaciones y las parcelas objeto del estudio se realizó el trabajo de toma de datos mediante GPS de las coordenadas donde se encontraban los entraderos a las parcelas seleccionadas.

Definimos como entradero, el espacio por el cual el agricultor penetra en su parcela de labor desde el camino más próximo. Este trabajo se ejecutó antes y después de la concentración parcelaria ya que muchos de los entraderos variaron al ser mejorada la red de caminos y desaparecer las servidumbres de paso.

En cuanto a los recorridos, de acuerdo con las especificaciones de consumos en las operaciones de transporte, elaboradas por Weidema & Meeusen (2000) y Boto *et al.* (2005) se diferencian entre recorridos “ligeros” y “pesados”. Para una velocidad media de 25 km/h, un tractor de 80-95 kW de potencia y 5.200 kg de peso en vacío y un remolque arrastrado de 10.000 kg de carga máxima (ambos habituales y representativos de los equipos existentes en la zona de estudio), el trabajo de desplazamiento “ligero” equivaldría a un consumo medio de 0,424 l/km y el “pesado” oscilaría entre 0,520 y 0,668 l/km, según el nivel de carga.

Se denominarían como “ligeros” aquellos desplazamientos que demandasen un requerimiento de energía bajo, como ocurriría en los desplazamientos hasta la parcela del tractor con los diferentes aperos y del tractor con el remolque vacío. Por “pesados” se entienden los desplazamientos que tendrían una demanda de energía media o media-alta: trabajo de labor intraparcelar. Esta situación tendrá lugar con el transporte a pie de parcela de determinados insumos de alto peso específico y/o gran volumen (como ocurre con los fertilizantes de síntesis química y con las aportaciones de estiércol) y con los viajes necesarios para transportar la cosecha y los subproductos (paja).

Se establece un número de recorridos mínimos intraparcelarios realizados por el agricultor en sus explotaciones. En la zona “Tierra de Campos”, el número mínimo de actuaciones completas a nivel intraparcelar asciende a 6 a lo largo de un año (Ramírez, 2015). Mientras que el número mínimo de ocasiones que un agricultor visita las parcelas de su explotación desde su base de operaciones oscila entre 25 y 30 veces (Ramírez, 2015).

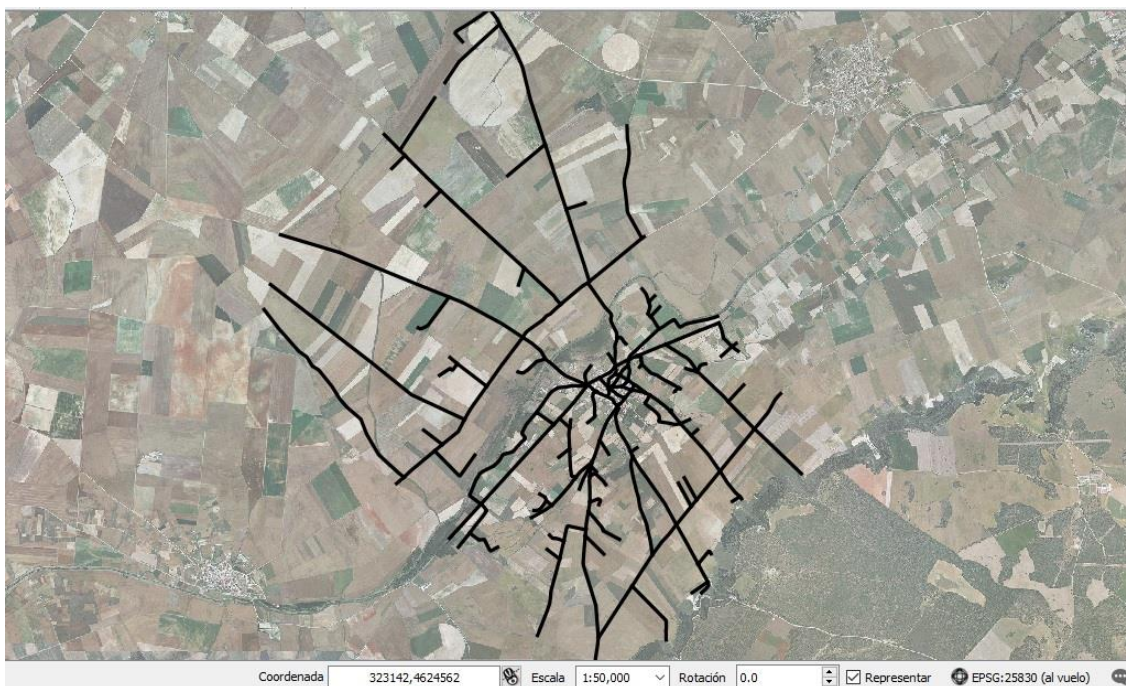
Conociendo las explotaciones y sus centros de operaciones (los cuales mayoritariamente están situados en el casco urbano del término municipal de Villagarcía de Campos), el número de parcelas y la ubicación espacial de sus entraderos, procedemos a continuar con la metodología de trabajo.

### 4.3.2. Digitalización de planos en Qgis

La versión utilizada para la siguiente etapa ha sido "Qgis 14.2"; donde se han cargado los planos en formato "shape" de antes de la concentración parcelaria y de después. A su vez, para no perder ningún detalle (sobre todo en el caso de antes de la concentración por las servidumbres de paso entre parcelas) se han cargado las ortofotos de 2008 y 2014 respectivamente.

Todo el trabajo ha sido realizado en el sistema de referencia "ETRS 89 / UTM zona 30 Datum sistema EPSG 25830", tanto las labores de digitalización de caminos y centroides como las de las parcelas que componen cada explotación.

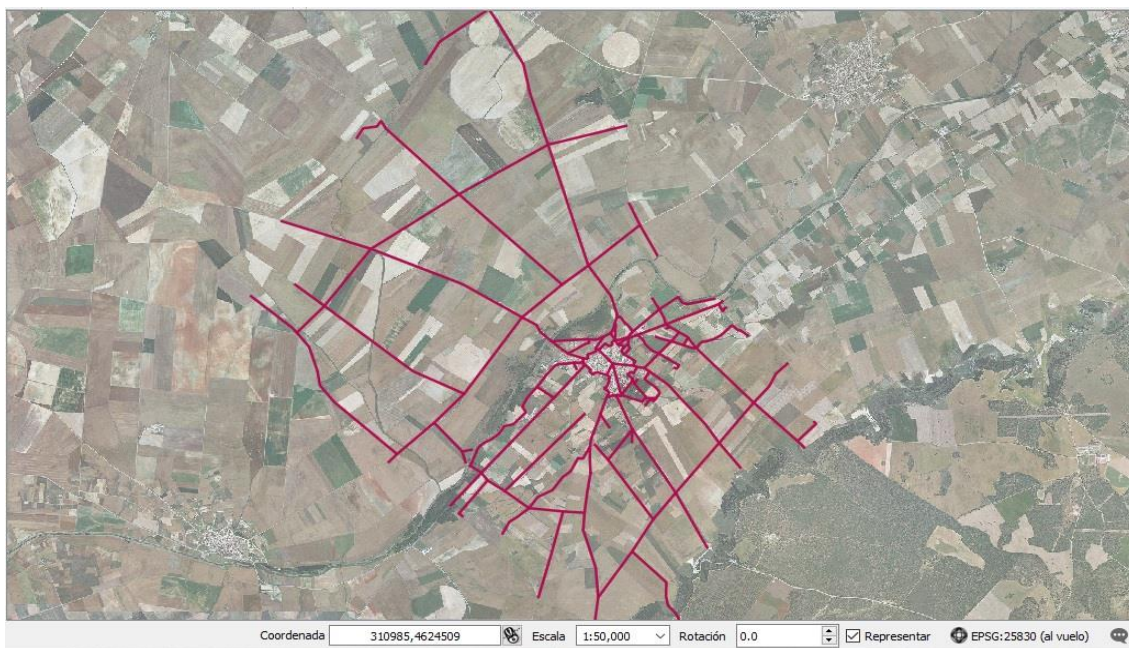
En primer lugar se procedió al digitalizado de los caminos agrícolas, carreteras y casco urbano (periferia) por donde se ejecutarán las simulaciones, tanto en el caso de antes de la concentración (Imagen 1) como después de la misma (Imagen 2). Para ello como se ha comentado anteriormente nos apoyaremos en las ortofotos para no perder detalle.



**Imagen 1.** Digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano antes de la concentración parcelaria (Fuente propia).

\*Nota: En las imágenes no aparece la red catastral debido a que al tamaño de escala (1:50000) dificultaría la visión de la red de caminos digitalizada.



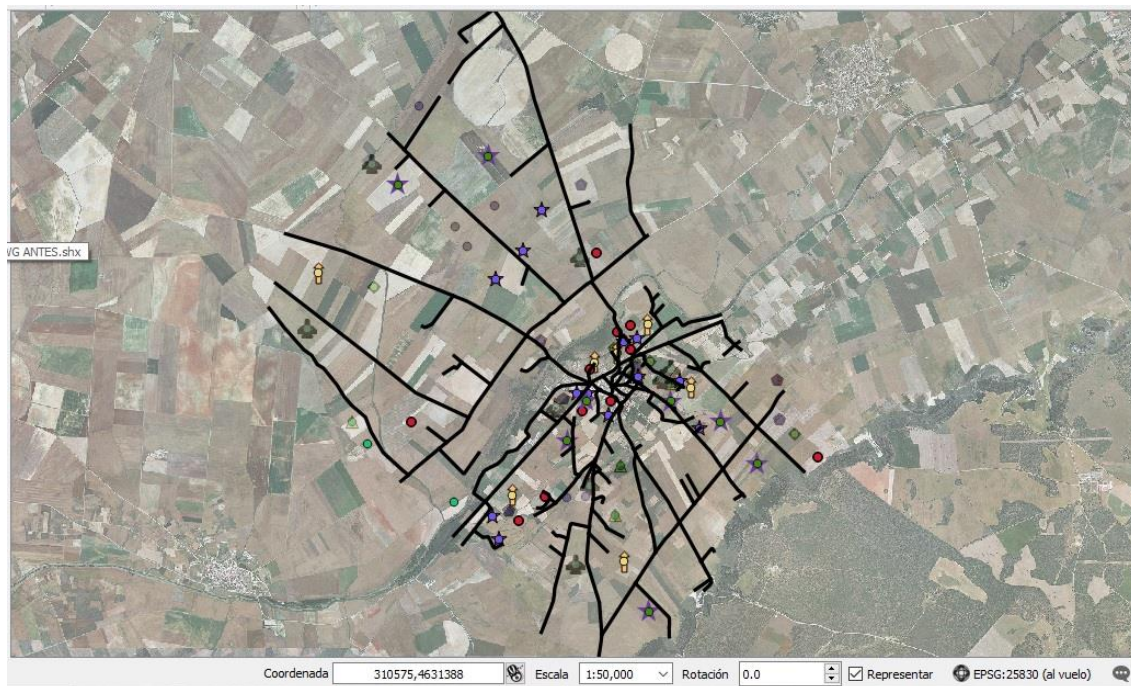


**Imagen 2.** Digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano después de la concentración parcelaria (Fuente propia).

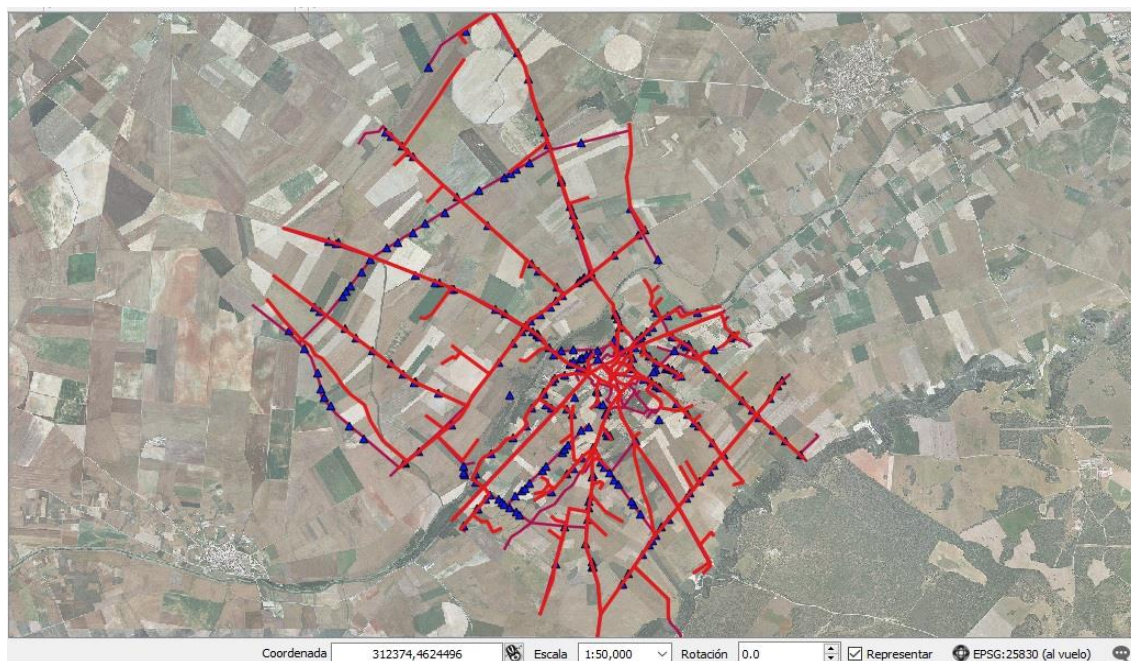
Una vez concluida esta primera etapa, se lleva a cabo el proceso de introducir como puntos (centroides) las coordenadas de los entraderos a cada parcela o grupo de parcelas (un mismo entradero puede servir para que entre la maquinaria de una misma persona dueña de varias parcelas adyacentes) que componen la explotación. En el caso de después de la concentración, cada parcela tiene su propio centroide (entradero).

Los centroides de cada una de las explotaciones fueron incluidos en la digitalización de la red de caminos, lo que dotó de la información necesaria al programa para ejecutar las simulaciones posteriores con “Python” en búsqueda del recorrido más eficiente energéticamente tanto antes como después de la concentración parcelaria (Imágenes 3 y 4).





**Imagen 3.** Implantación de los centroides (entraderos de las parcelas) sobre la digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano antes de la concentración parcelaria (Fuente propia).



**Imagen 4.** Implantación de los centroides (entraderos de las parcelas) sobre la digitalización de la red de caminos, carreteras y casco urbano después de la concentración parcelaria (Fuente propia).

Alumno: Daniel Carrión Quintana  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
Máster en Ingeniería de Montes

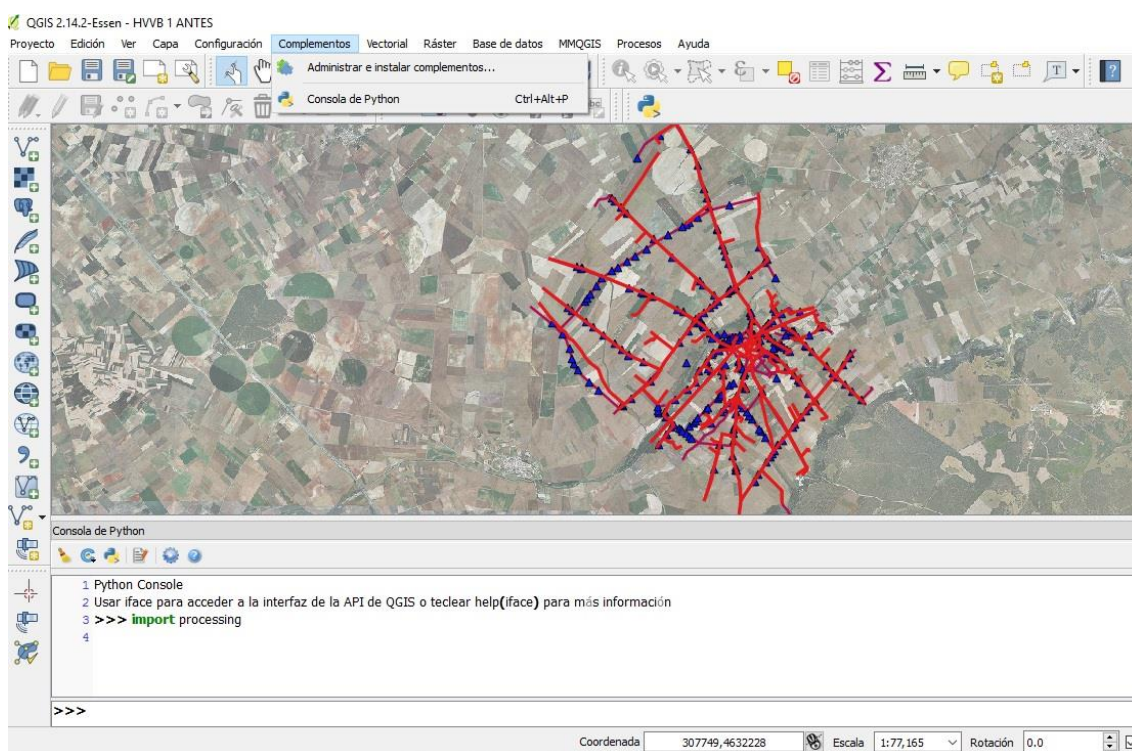
Se tomó la decisión de tomar el centro del casco urbano del término municipal de Villagarcía de Campos como punto de partida común para todos los recorridos. Esto se decidió así porque los agricultores tienen sus bases con la maquinaria en la periferia del casco urbano del municipio, por lo que se buscó un punto común de partida próximo para todos ellos a fin de homogeneizar los resultados del estudio.

Finalizado este proceso de digitalización y establecimiento de las coordenadas de cada parcela como centroides, se ejecuta "Python" para encontrar el recorrido de máxima eficiencia energética tanto antes como después de la concentración parcelaria para responder a uno de los principales objetivos de este estudio.

### 4.3.3. Generación de recorridos con “Python”

La extensión o complemento Python ha corrido en linux Ubuntu 16.10 sobre la aplicación "Qgis 2.14 Essen", empleando el módulo PyQGIS (PyQt4.QtCore y PyQt4.QtGui). La versión de Python es 2.7.

Sobre este sistema se ha desarrollado un pluggin sobre “Python Console”, consola de Qgis, para crear una aplicación personalizada para calcular las rutas mínimas desde los centroides de las parcelas a los centroides de la explotación (Imagen 5).



**Imagen 5.** Consola de Python donde se han llevado a cabo las simulaciones de las rutas más eficientes energéticamente (Fuente propia).

El pluggin desarrollado emplea el algoritmo “method shortestTree” dentro de la biblioteca de análisis qgis.networkanalysis. Realiza una salida grafica en pantalla digitando la ruta mínima y una salida alfanumerica en archivo tipo csv en el que se reflejan las distancias a recorrer.



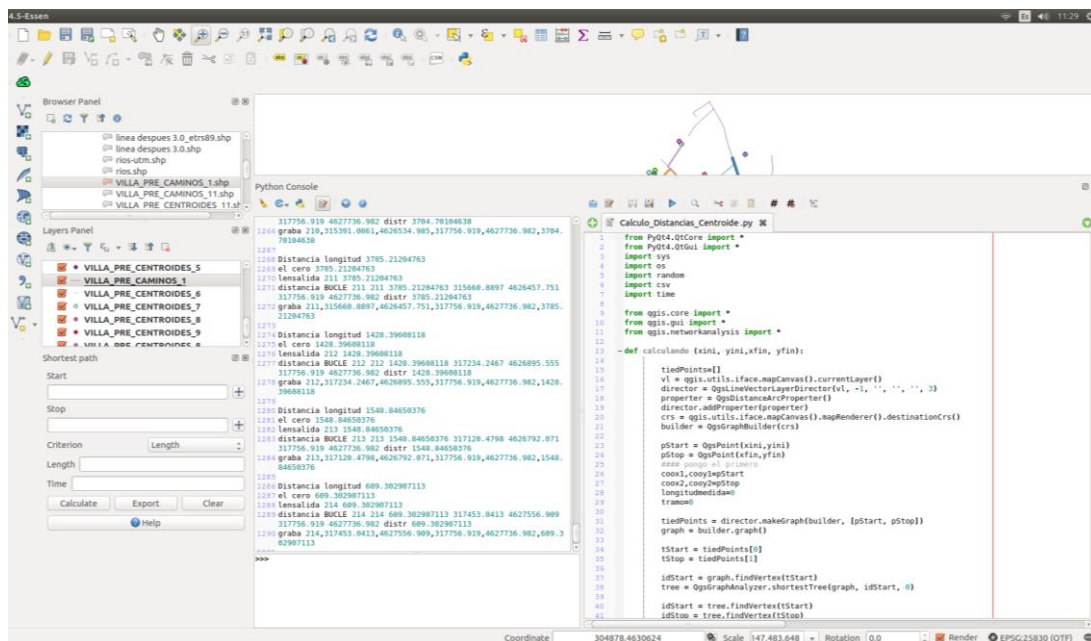
La entrada se realiza en un fichero tipo .csv con las coordenadas Utm en el Datum sistema EPSG 25830. La red de caminos anteriores y posteriores a la concentración parcelaria se encuentra en fichero tupo shp.

Anteriormente a la obtención de resultados se realiza un escaneo de la topología del fichero tipo shp de entrada para detectar falta de conectividad en la red. Se establece en la revisión de conexión de la red de 0.0001m y de 0.01m en la aplicación "Shortest Path" garantizándose así la conexión de cada uno de los tramos de la red en los recorridos posibles.

Empleando la revisión topológica se evita también la existencia de intersecciones. A su vez se detectan fallos en la digitalización de los vectores, nodos superpuestos, superposición de vectores, se evita la creación de pseudonodos...etc.

El programa detecta falta de conectividad entre coordenadas y arroja una cantidad próxima a 999.999.999m cuando detecta que no es posible llegar de una coordenada a otra. Por lo que se detectan los errores fácilmente.

Para las salidas graficas se emplean los módulos "Qgis.core" y "Qgis.gui" y para las salidas se emplean los módulos "csv" "os" y "sys" (Imagen 6).



**Imagen 6.** Resultado emitido por la consola Python de una simulación en búsqueda de la ruta o itinerario de máxima eficiencia energética (Fuente propia).

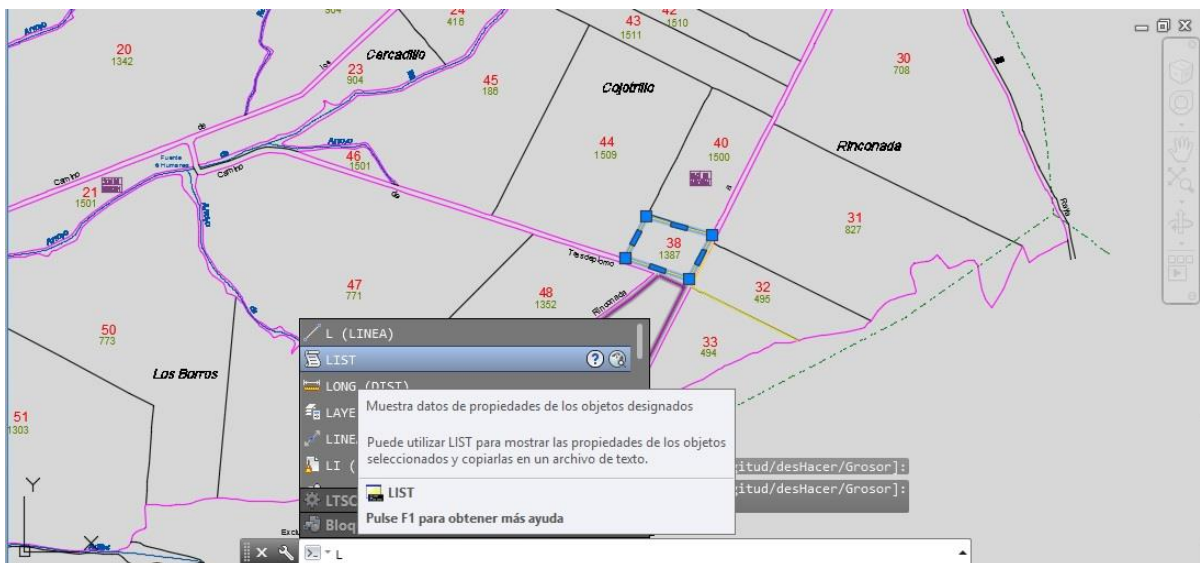
#### 4.3.4. Digitalizado de las parcelas

Para poder ejecutar las simulaciones de los recorridos intraparcenarios con el fin de demostrar que la regularidad de las parcelas después de la concentración parcelaria reduce los gastos en combustible y minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero es necesario dotar de posicionamiento espacial a las mismas.

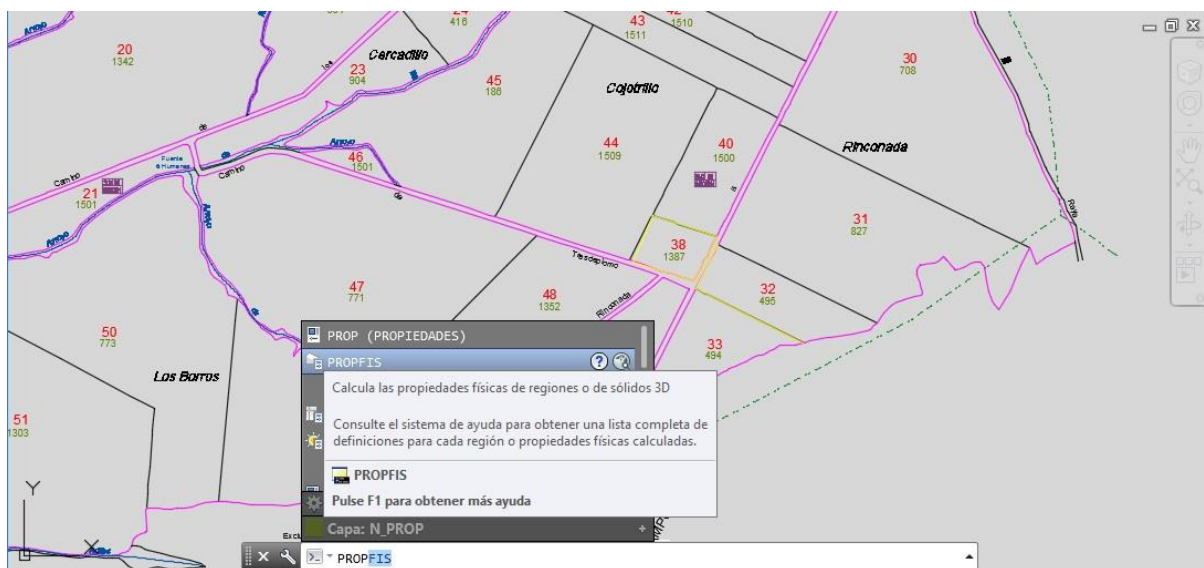
El programa que ejecuta las simulaciones se denomina "RouteGEN" y corre sobre otro programa llamado "MATLAB". Para ejecutar dichas simulaciones el programa pide un archivo con extensión ".lnb". Esta extensión contiene una figura geométrica formada por coordenadas tanto en sus vértices como a lo largo de los lados del polígono en cuestión.

El trabajo metodológico para la consecución de estos archivos con las parcelas sometidas a estudio se expone a continuación:

- En el programa "Qgis" se procede a la carga de las capas "catastro" - 8oficina virtual del catastro) (donde aparecen las parcelas tanto antes como después de la concentración) y la capa donde están digitalizadas las entradas a las parcelas que son objeto de estudio. Desde "Qgis" se exportan ambas capas como una sola a ".dfx" para continuar con el proceso de elaboración de datos.
- En "AutoCAD" se lleva a cabo la creación de regiones con coordenadas en base al sistema de referencia "ETRS 89 / UTM zona 30". Para ello en primer lugar se traza una polilínea sobre las parcelas seleccionadas y se ejecuta el comando "LIST" el cual va a dar la primera remesa de información; las coordenadas de todos los vértices que componen el polígono. Una vez se tiene el polígono se le aplica el comando "REGION" el cual va a permitir obtener sus propiedades físicas al introducir el comando "PROP. FIS". (Imágenes 7 y 8).



**Imagen 7.** Creación de un polígono sobre la parcela de estudio y aplicación de un “LIST” para obtener las coordenadas de sus vértices (Fuente propia).



**Imagen 8.** Introducción del comando “PROP FIS” sobre la región creada previamente para la obtención de sus características físicas (Fuente propia).

Una vez formada físicamente la parcela con sus coordenadas en el sistema de referencia "ETRS 89 / UTM zona 30" y sus propiedades físicas (área, perímetro), el archivo está preparado para ser transformado a la extensión ".lnb".

Este proceso es llevado a cabo en Qgis, una vez finalizado el archivo en .dxf, este es exportado a .shp. En Qgis se abre el archivo y se observa con el complemento Python que la red del polígono (región) está correctamente formada. Si esto es así, el archivo está listo para "guardar como" y se guarda como formato extensión .lnb.

El archivo con la extensión .lnb será el utilizado en el programa RouteGEN para la siguiente etapa del estudio.

#### 4.3.5. Recorridos intraparcenarios

En esta etapa, una vez obtenidos los archivos de las parcelas en la extensión “.lnb”, se procede a preparar la simulación de los recorridos intraparcenarios, lo cual se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El programa “MATLAB” versión 6.5 (tanteadas otras y sin ejecutables posibles) va a ser la base donde trabajará el portable “RouteGEN” que es el encargado de realizar las mediciones intraparcenarios en base al recorrido de máxima eficiencia energética (Imagen 9).

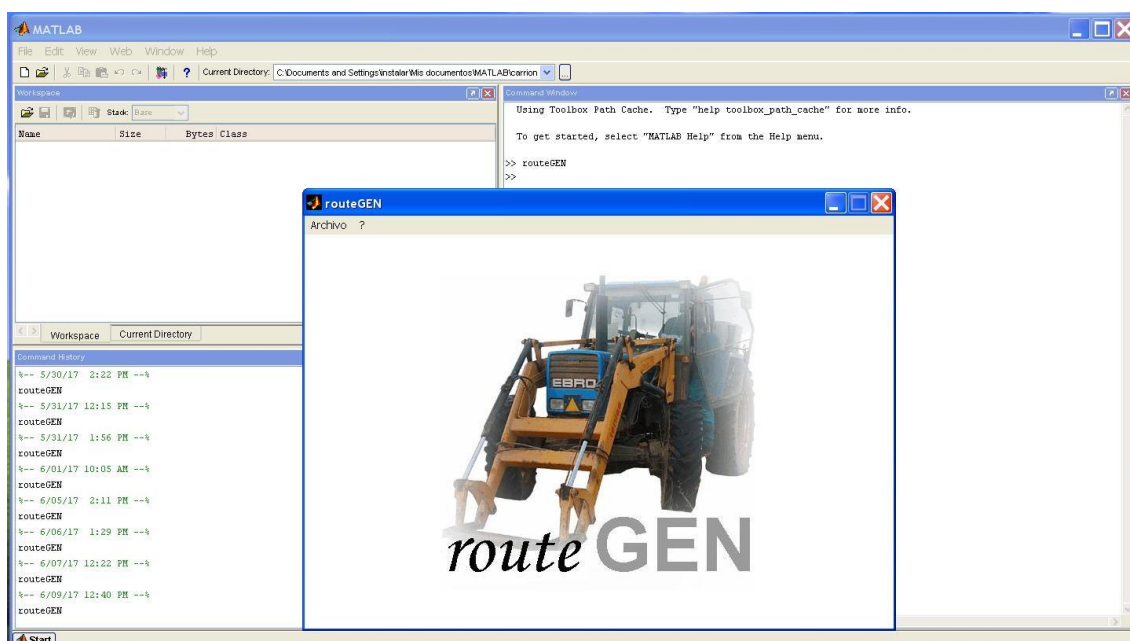
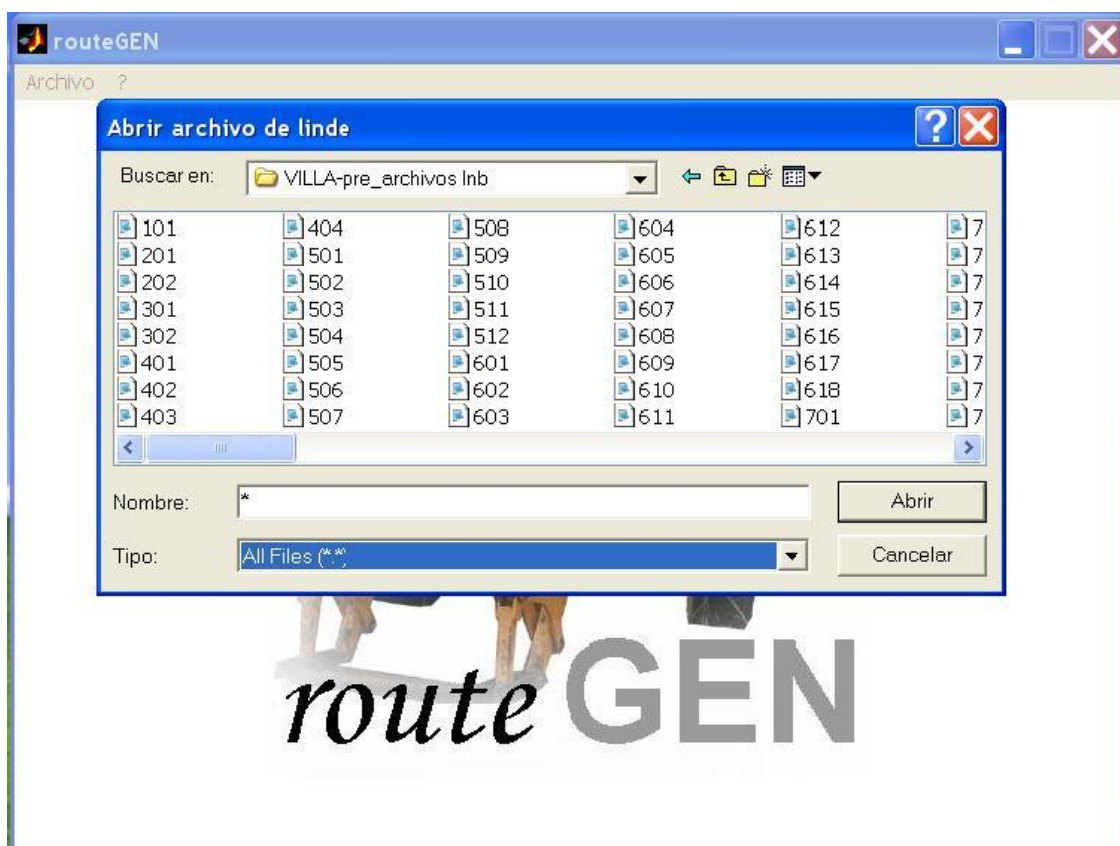


Imagen 9. Programa “RouteGEN” corriendo sobre la versión 6.5 de “MATLAB” (Fuente propia).

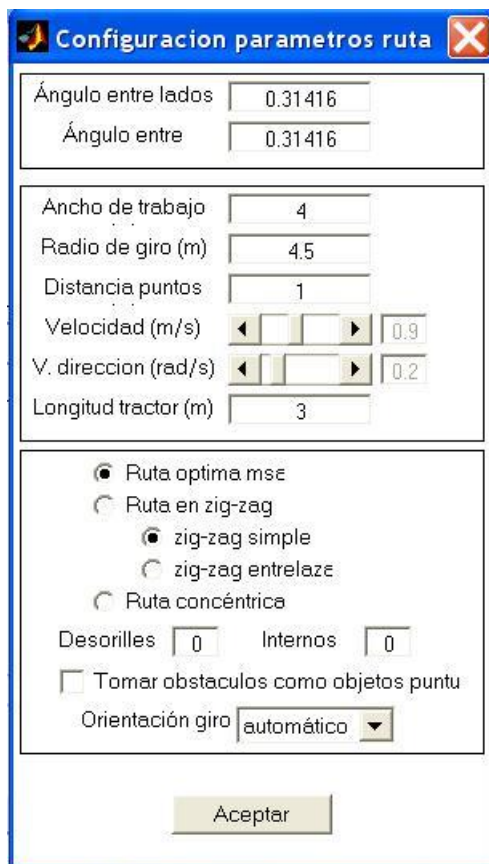
- El programa “RouteGEN” carga el archivo “.lnb” renombrado por el número de la parcela correspondiente a cada explotación antes o después de la concentración. Por ejemplo la parcela 3 de la explotación 9 de antes de la concentración parcelaria se denomina “parcela 903 PRE CP .lnb” (Imagen 10).





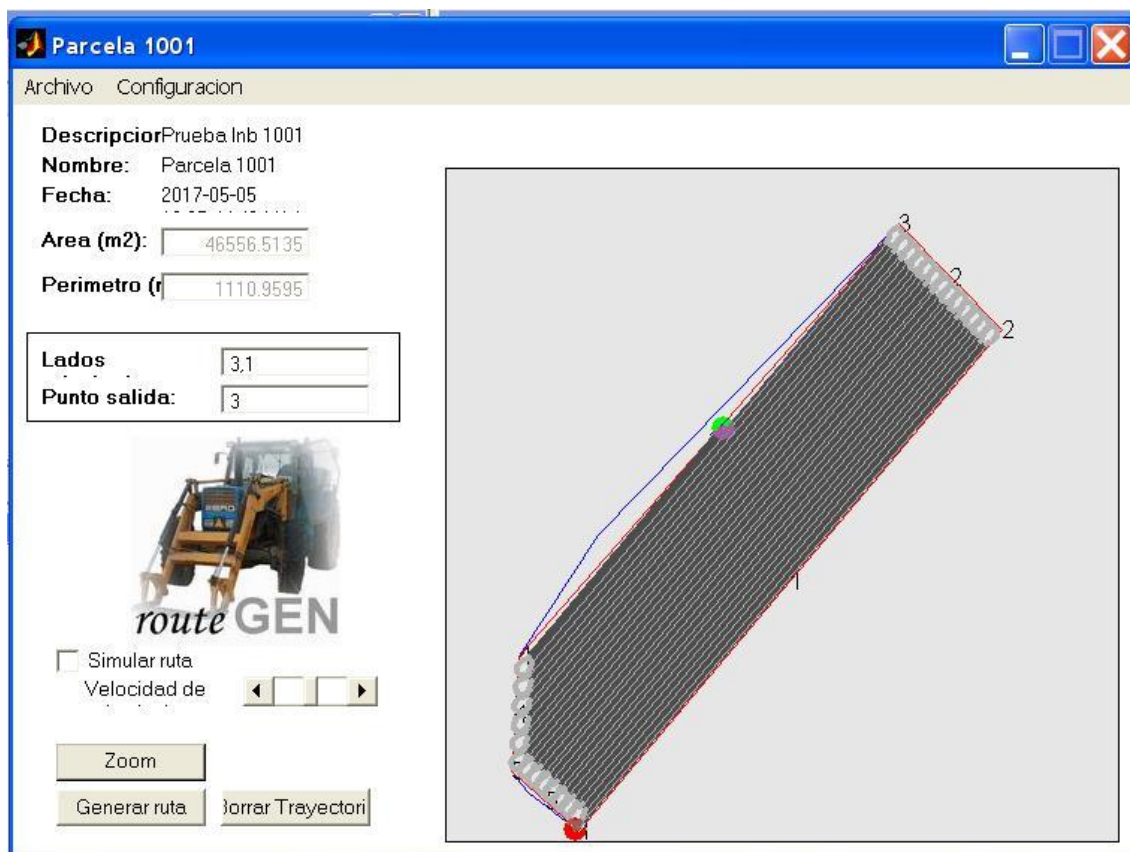
**Imagen 10.** Programa “RouteGEN” cargando archivo de parcela en formato “.Inb”. (Fuente propia).

- Una vez que el programa carga el archivo, permite configurar el tipo de ruta que se quiere ejecutar. En este caso es la de máxima eficiencia energética tanto antes como después de la concentración. También solicita los criterios básicos sobre la maquinaria de trabajo en lo referido a longitud de la máquina, radio de giro al llegar a un extremo de la parcela o ancho de trabajo (Imagen 11).



**Imagen 11.** Características de configuración de los parámetros de ruta comunes a todos los análisis del presente estudio dentro del programa “RouteGEN” (Fuente propia).

- Todas las parcelas que componen las explotaciones a estudio tanto las de antes como las de después de la concentración poseen las mismas características en cuanto a los parámetros de configuración de ruta.
- Posteriormente a la configuración de los parámetros de ruta, solo hay que importar en el programa los lados principales del polígono que conforma la parcela y el vértice desde el cual se quiere que se inicie la simulación (Imagen 12).



**Imagen 12.** Simulación de la ruta de máxima eficiencia energética en una parcela de una de las explotaciones objeto de estudio. Lados principales 3 y 1; punto de salida el 3. Programa "RouteGEN" (Fuente propia).

- Llevada a cabo la simulación, el programa vierte unos resultados los cuales guarda en formato ".txt". Estos resultados se componen de coordenadas X e Y. Entre unas coordenadas de un punto y otras existe una distancia de 1 metro (Imagen 13).



**Imagen 13.** Formato “.txt” en el que el Programa “RouteGEN” devuelve los resultados de la simulación de la ruta de máxima eficiencia energética en una parcela de una de las explotaciones objeto de estudio (Fuente propia).

- Sabiendo que de un punto a otro hay un metro de distancia, los resultados en formato “.txt” son exportados a Excel donde cada punto ocupa una línea, por tanto se obtiene el número total de líneas y así el de metros recorridos dentro de la parcela.

Esta metodología de trabajo se sigue con todas las parcelas de cada una de las 13 explotaciones antes y después de la concentración parcelaria del cual es objeto el presente estudio.

Es por tanto que los resultados obtenidos no serán por parcelas a rango individual (la geometría de estas cambia a más regular después de la concentración) sino q serán a nivel explotación donde el dueño tiene la misma superficie que antes pero mejor distribuida, tanto en localización (con menor dispersión geográfica de una parcela a otra) como geométrica (parte inherente al proceso de concentración parcelaria).

## **5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se exponen a continuación:

### 5.1. Rutas interparcelas

Los resultados van a estar referidos a la unidad Km/ha para la correcta comparación de los mismos:

En la Tabla 4 se muestran todos los resultados emitidos por el programa Python en las simulaciones de los recorridos interparcelarios. Así como en la Figura 1, se puede observar comparativa de explotaciones en cuanto a la reducción significativa de las emisiones.

El resultado final demuestra que antes de la concentración parcelaria el número de km/ha y año medio de las 13 explotaciones recorrido es de 39,263 km/ha y año, mientras que después es de 16,682 km/ha y año. Por tanto existe una disminución de los km/ha de 22,581 km/ha y año.

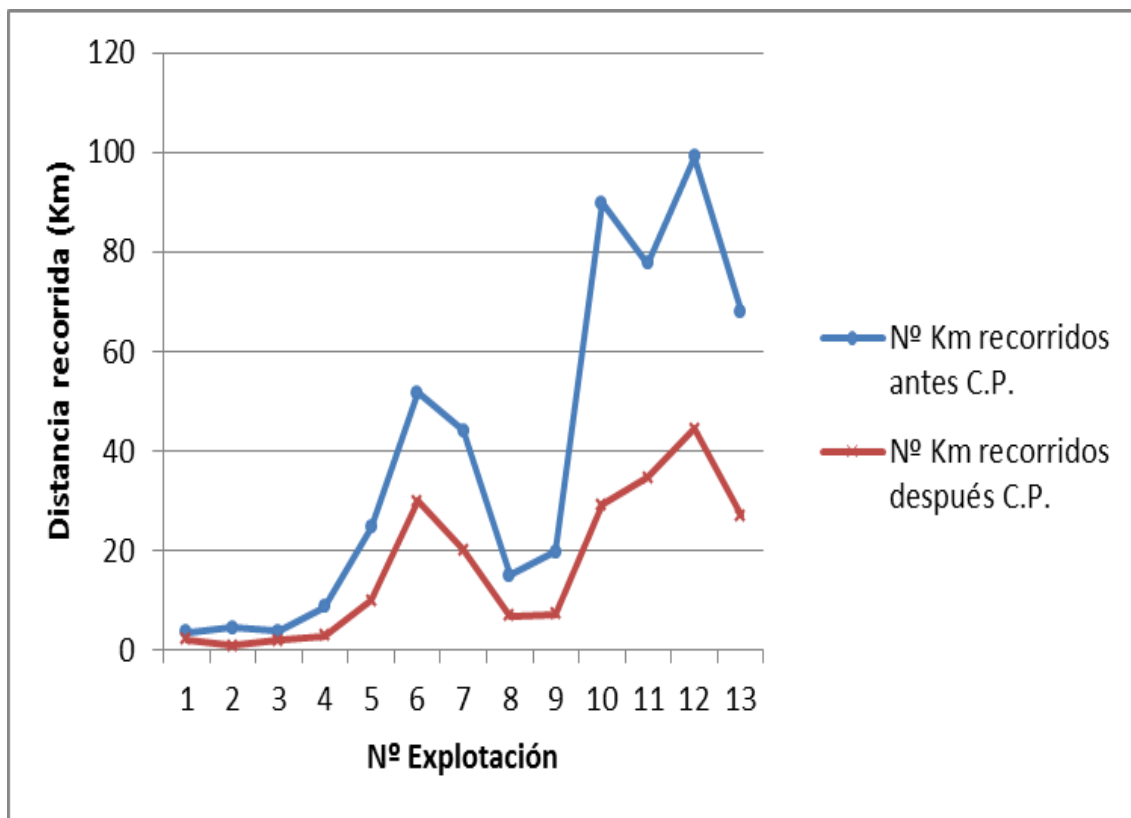
Con el valor de 22,581 km/ha y año, se lleva a cabo la demostración de cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> se han reducido con la concentración parcelaria. Para ello, se calcula tomando la equivalencia de 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO<sub>2</sub> (AEMA, 2017):

- $22,581 \text{ km/ha y año} \times 0,424 \text{ L/Km} = 9,574 \text{ L/ha y año}$
- $9,574 \text{ L/ha y año} \times 2,67 \text{ Kg CO}_2/\text{L} = \mathbf{25,563 \text{ Kg CO}_2/\text{ha y año}}$ , valor el cual entra dentro de los resultados obtenidos en Finlandia con valores que oscilaban entre 21,250 y 35,450 Kg CO<sub>2</sub> / ha (Hiironen, 2012).
- $\mathbf{25,563 \text{ Kg CO}_2/\text{ha y año} \times 2715 \text{ ha} = 69,404 \text{ T CO}_2 \text{ por año.}}$

El resultado en el término municipal de Villagarcía de Campos muestra una reducción de emisiones de **69,404 toneladas de CO<sub>2</sub> al año**, siendo apreciable una disminución en cuanto a los valores referidos por (Niukkanen, 2014).

**Tabla 4.** Se muestra la distancia recorrida antes y después de la C.P. (km/ha) por superficie (ha) de explotación. También aparece el número de parcelas por explotación antes y después de la C.P., así como la superficie (ha) antes y después de la C.P. (Fuente propia).

<b>Nº Explotación</b>	<b>Nº de parcelas antes C.P.</b>	<b>Superficie (ha) explotación antes C.P.</b>	<b>Nº Parcelas después C.P.</b>	<b>Superficie (ha) explotación antes C.P.</b>	<b>km/ha y año recorridos <u>antes</u> C.P.</b>	<b>km/ha y año recorridos <u>después</u> C.P.</b>
1	1	2.3009	1	1.6390	3.502	2.063
2	2	7.4403	1	7.8403	4.486	0.952
3	2	7.8832	1	7.0034	3.692	1.886
4	4	8.7971	2	16.6400	8.661	2.790
5	12	19.001	5	19.7465	24.712	9.902
6	18	29.9010	9	29.4522	51.707	29.853
7	14	39.3691	7	37.7616	44.106	20.055
8	6	36.3136	3	35.6728	15.011	6.901
9	7	33.0279	3	33.5183	19.712	7.301
10	42	97.8032	7	106.9614	89.902	29.111
11	33	118.1288	11	102.2461	77.712	34.606
12	47	145.4307	13	157.0713	99.105	44.402
13	26	155.7539	8	147.8189	68.118	27.050
<b>TOTALES</b>	<b>213</b>	<b>700.45</b>	<b>71</b>	<b>703.365</b>	<b>510.426</b>	<b>216.872</b>



**Figura 1.** Se representa la comparación de km/ha y año medios recorridos para cada una de las explotaciones, tanto antes como después de la C.P. Eje X se representa el Nº de Explotación; Eje Y se representa el Nº de km/ha recorridos. (Fuente Propia).



## 5.2. Rutas intraparcclarias

Los resultados en primer lugar se presentan por tamaño de explotaciones y finalmente como total de la superficie del término municipal de Villagarcía de Campos.

**Tabla 5.** Recorridos intraparcclarios de las explotaciones de superficie menor a 20 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo (Fuente propia).

PRE C.P.			POST C.P		
Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)	Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)
1	2,3009	4,789	1	1,639	5,027
2	7,7403	21,980	2	7,8403	20,698
3	7,8832	23,919	3	7,0034	22,411
4	8,7971	27,365	4	16,6400	46,543
5	19,601	59,069	5	19,7405	48,509
<b>TOTALES</b>	<b>46,3225</b>	<b>137,122</b>		<b>52,8632</b>	<b>143,188</b>

Los km medios al año (Ramírez, 2015) recorridos en las explotaciones menores a 20 ha en todo el término municipal de Villagarcía de Campos son de 145,584 km/año más después de la concentración parcelaria que antes, por lo que este valor es un aumento de emisiones.

Con el valor de 145,584 km/año, se lleva a cabo la demostración de cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> han aumentado con la concentración parcelaria. Para ello, se calcula tomando la equivalencia de 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO<sub>2</sub> (AEMA, 2017):

- 145,584 km/año x 0,52 L/km = 75,704 L/año
- 75,704 L/año x 2,67 Kg CO<sub>2</sub> / L = **202,123 Kg/CO<sub>2</sub> año.**

En las parcelas de un tamaño menor 20 ha existe un aumento anual de emisiones de 202,123 Kg/CO<sub>2</sub>. La desviación de estos valores está siendo contrastada actualmente en la tesis doctoral de Don Oscar Ramírez del Palacio, debido a la nula revisión bibliográfica existente en cuanto a los análisis intraparcclarios ejecutados con esta metodología de trabajo.

Existen unos resultados (Del Río, 2005) donde la metodología de trabajo en cuanto a los parámetros de configuración de ruta era diferentes, que exponen que en parcelas menores a 20 ha el valor oscila entre 150 y 400 Kg/CO<sub>2</sub>.

**Tabla 6.** Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 20 y 50 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia).

PRE C.P.			POST C.P.		
Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)	Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)
6	29,9010	72,568	6	37,7616	95,917
7	39,3691	117,593	7	35,6728	111,483
8	35,3136	105,505	8	33,5183	87,734
9	33,0279	96,701	9	29,4522	85,232
<b>TOTALES</b>	<b>137,6116</b>	<b>392,367</b>		<b>136,4049</b>	<b>380,366</b>

Los Km medios al año (Ramírez, 2015) recorridos en las explotaciones entre 20 y 50 ha en todo el término municipal de Villagarcía de Campos es de 288,024 km/año menos después de la concentración parcelaria que antes, por lo que este valor es una reducción de emisiones.

Con el valor de 288,024 Km/año, se lleva a cabo la demostración de cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> se han reducido con la concentración parcelaria. Para ello, se calcula tomando la equivalencia de 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO<sub>2</sub> (AEMA, 2017):

- 288,024 km/año x 0,52 L/km = 149,773 L/año
- 149,773 L/año x 2,67 Kg CO<sub>2</sub> / L = **399,89 Kg/CO<sub>2</sub> año.**

En las parcelas de un tamaño entre 20 y 50 ha existe una reducción anual de emisiones de 399,89 Kg/CO<sub>2</sub>. La desviación de estos valores está siendo contrastada actualmente en la tesis doctoral de Don Oscar Ramírez del Palacio, debido a la nula revisión bibliográfica existente en cuanto a los análisis intraparcenarios ejecutados con esta metodología de trabajo.

Existen unos resultados (Del Río, 2005) donde la metodología de trabajo en cuanto a los parámetros de configuración de ruta era diferentes, que exponen que en parcelas entre 20 y 50 ha el valor oscila entre 400 y 1000 Kg/CO<sub>2</sub>.

**Tabla 7.** Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 50 y 100 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia).

PRE C.P.			POST C.P.		
Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)	Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)
10	97,8032	272,416	10	102,2461	279,354
<b>TOTALES</b>	<b>97,8032</b>	<b>272,416</b>		<b>102,2461</b>	<b>279,354</b>

Los Km medios al año (Ramírez, 2015) recorridos en las explotaciones entre 50 y 100 ha en todo el término municipal de Villagarcía de Campos es de 166,512 km/año más después de la concentración parcelaria que antes, por lo que este valor es un aumento de emisiones.

Con el valor de 166,512 km/año, se lleva a cabo la demostración de cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> han aumentado con la concentración parcelaria. Para ello, se calcula tomando la equivalencia de 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO<sub>2</sub> (AEMA, 2017):

- 166,512 km/año x 0,52 L/km = 86,586 L/año
- 86,586 L/año x 2,67 Kg CO<sub>2</sub> / L = **231,185 Kg/CO<sub>2</sub> año.**

En las parcelas de un tamaño entre 50 y 100 ha existe un aumento anual de emisiones de 231,185 Kg/CO<sub>2</sub>. La desviación de estos valores está siendo contrastada actualmente en la tesis doctoral de Don Oscar Ramírez del Palacio, debido a la nula revisión bibliográfica existente en cuanto a los análisis intraparcenarios ejecutados con esta metodología de trabajo.

Existen unos resultados (Del Río, 2005) donde la metodología de trabajo en cuanto a los parámetros de configuración de ruta era diferentes, que exponen que en parcelas entre 50 y 100 ha el valor oscila entre 1000 y 2000 Kg/CO<sub>2</sub>.

**Tabla 8.** Recorridos intraparcenarios de las explotaciones de superficie entre 100 y 200 ha. Se expone tanto antes como después de la C.P. la superficie de cada explotación y la distancia recorrida en 1 un recorrido completo. (Fuente propia).

PRE C.P.			POST C.P.		
Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)	Nº Explotación	Superficie (ha)	Distancia (km)
11	155,7800	435,884	11	102,2461	279,354
12	145,4507	399,022	12	157,0713	381,690
13	118,1288	349,271	13	147,8189	387,286
<b>TOTALES</b>	<b>419,3595</b>	<b>1184,177</b>		<b>407,1363</b>	<b>1084,330</b>

Los Km medios al año (6 recorridos por parcela) recorridos en las explotaciones entre 100 y 200 ha en todo el término municipal de Villagarcía de Campos es de 2396,328 km/año menos después de la concentración parcelaria que antes, por lo que este valor es una reducción de emisiones.

Con el valor de 2396,328 km/año, se lleva a cabo la demostración de cuantas toneladas de CO<sub>2</sub> se han reducido con la concentración parcelaria. Para ello, se calcula tomando la equivalencia de 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO<sub>2</sub> (AEMA, 2017):

- 2396,328 km/año x 0,52 L/km = 1246,091 L/año
- 1246,091 L/año x 2,67 Kg CO<sub>2</sub> / L = **3327,062 Kg/CO<sub>2</sub> año.**

En las parcelas de un tamaño entre 20 y 50 ha existe una reducción anual de emisiones de 3327,062 Kg/CO<sub>2</sub>. La desviación de estos valores está siendo contrastada actualmente en la tesis doctoral de Don Oscar Ramírez del Palacio, debido a la nula revisión bibliográfica existente en cuanto a los análisis intraparcenarios ejecutados con esta metodología de trabajo.

Existen unos resultados (Del Río, 2005) donde la metodología de trabajo en cuanto a los parámetros de configuración de ruta era diferentes, que exponen que en parcelas entre 100 y 200 ha el valor oscila entre 2000 y 4000 Kg/CO<sub>2</sub>.

El resultado final de los análisis de las explotaciones intraparcenarios es de una reducción de emisiones anual de **3,294 toneladas de CO<sub>2</sub>, o lo que es igual 1,213 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año.** Para Del Río (2005), estos valores serían de carácter inferior a lo esperado, pero al ser metodologías algo distintas la referencia no es muy fiable.

### 5.3. Resultados globales

El resultado final que vierte el presente estudio es de una reducción anual en el término municipal de Villagarcía de Campos de **72,697 toneladas de CO<sub>2</sub> al año**. Este valor está próximo a los resultados obtenidos en China donde el proceso de concentración parcelaria está siendo una herramienta clave para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Wu, 2017). Otros llevados a cabo anteriormente en el norte de Europa presentan una reducción de emisiones menor en la relación toneladas/superficie (Niukkanen, 2014).

La reducción de emisiones tiene una repercusión económica (Dudzinska, 2014) para los agricultores al reducirse el consumo de combustible fósil. Dudzinska (2014) relaciona las emisiones (Kg CO<sub>2</sub>/ ha y año) con una disminución del gasto monetario del agricultor. Sus valores en campos agrícolas en Lituania rondan entre los 15 y 50 Kg CO<sub>2</sub>/ ha y año, entrando nuestros resultados (26,118 Kg CO<sub>2</sub>/ ha y año) entre sus valores.

En la Tabla 9 se muestra la discusión bibliográfica obtenida más recientemente a nivel global (posterior al año 2012).

**Tabla 9.** Referencias bibliográficas con valores (Kg CO<sub>2</sub>/ha y año) de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> con los que realizar la discusión con el presente estudio. (Fuente propia).

Referencia Bibliográfica	Uso del suelo	Reducción CO <sub>2</sub> (Kg CO <sub>2</sub> /ha y año)
Wu, 2017	Arroz y Soya	32,601
Hironen, 2012	Piceas	42,272
Niukkanen, 2014	Forestal y agrícola	12,256
Dudzinska, 2014	Patatas	15 - 50
Presente estudio	Agrícola cereal	26,776

Los resultados muestran que se encuentran dentro de unas desviaciones medias aceptables refiriéndose a los autores más actuales con otro tipo de metodología. La bibliografía es escasa y con variaciones metodológicas muy acusadas, lo que hace de la discusión de estos resultados una labor compleja.

Para exponer un dato a mayor escala, solo en Castilla y León, la superficie que ha sido concentrada (en fase de proyecto y excluidas las reconcentraciones) asciende a 4198092 ha de un total de 5367720 ha de superficie concentrable, entendiendo por tal la superficie de tierras labradas, la superficie de pastos concentrable, más otras superficies que corresponden a superficie no agraria útil (eriales, pastizales, etc.) incluidas en las zonas concentradas (Servicio de Ordenación de Explotaciones, 2014). Es por tanto que quedan aún 1169628 ha por concentrar lo que supone 31317,959 toneladas de CO<sub>2</sub> por reducir solo a nivel de Castilla y León.

## **6.CONCLUSIONES**

## 6. CONCLUSIONES

Se va a proceder a la exposición de las conclusiones de los resultados obtenidos en el presente estudio.

En cuanto los objetivos planteados en este estudio, las conclusiones obtenidas son las que presentamos a continuación:

- Se concluye que al aplicar la metodología de este estudio se puede conocer el número de emisiones de gases de efecto invernadero tanto antes como después de la concentración parcelaria obteniéndose como conclusión principal que **existe una reducción de emisiones después del proceso de concentración parcelaria, tanto a nivel intraparculario como intraparculario (26,776 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año).**
- La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero se lleva a cabo tanto en procesos de generación de rutas intraparcularias de máxima eficiencia energética (**1,213 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año**) como en la generación de rutas de máxima eficiencia energética de la base del agricultor a la explotación de trabajo (**25,563 Kg CO<sub>2</sub> / ha y año**).
- **El número de viajes a las explotaciones es menor después de la C.P. que antes**, debido a que la concentración de las parcelas por explotaciones fruto del proceso de concentración parcelaria ha reducido el número de kilómetros recorridos y la consecuente disminución de emisiones de gases de efecto invernadero
- **La seguridad vial ha mejorado** al reducirse el número de trayectos que antes de la concentración parcelaria se llevaban a cabo por carretera y casco urbano y ahora solo lo hacen por los caminos rurales fruto de la C.P.
- **Disminución del consumo de combustible** lo que repercute en el menor gasto por parte del agricultor en combustibles fósiles, dotando de mayor eficiencia económica al proceso de concentración parcelaria.
- Atendiendo a los resultados se establece **el primer paso para generar una propuesta metodológica de evaluación de los procesos de concentración parcelaria como elemento reductor de emisiones de gases de efecto invernadero.**

Como conclusión final podemos afirmar que ambos trabajos, a nivel interparcelas y a nivel intraparcels, influyen en el análisis de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en procesos de concentración parcelaria. La metodología de trabajo puede ser implementada como mecanismo de cuantificación de emisiones de GEI en los sectores agrícola y forestal.

Se considera pertinente y se está haciendo por parte de quien firma este estudio, seguir con dichos trabajos, tanto en el análisis de concentración parcelaria de carácter agronómico como en el medio forestal.



## **7.PERSPECTIVAS DE FUTURO**

## 7. PERSPECTIVAS DE FUTURO

### 7.1. Líneas de trabajo

El presente estudio ha servido como ejemplo de cómo las concentraciones parcelarias pueden servir como elemento mitigador de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las líneas de trabajo que están siendo abiertas se exponen a continuación:

- Realizar estudios donde se incluyan mayor número de variables, tales como un mayor número de superficie a estudio. Este es el caso de la concentración plurimunicipal que se ha llevado a cabo en los términos municipales de de Herrín, Villafrades, Villalón (Valladolid) y Boadilla de Rioseco (Palencia) donde la superficie se extiende has las 30000 ha y que actualmente se está trabajando en él.
- Analizar distintos usos del suelo y orografías para conocer el efecto que pueda tener la concentración parcelaria en estos casos como mecanismo de reducción de gases de efecto invernadero.
- Llevar a cabo estudios en zonas forestales donde el territorio esté muy atomizado en cuanto a superficies y propietarios, teniendo como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los procesos de trabajo con maquinaria.

## 7.2. Técnica de reducción de emisiones de GEI

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su publicación Técnica sobre políticas y medidas para mitigar el cambio climático (Watson et al., 1996), no reconoce la Concentración Parcelaria dentro de las tecnologías agrícolas para mitigar las emisiones de GEI y posibles reducciones de las emisiones anuales de dióxido de carbono. (Tabla 10).

**Tabla 10.** Tecnologías agrícolas para mitigar las emisiones de GEI y posibles reducciones de las emisiones anuales de dióxido de carbono. (Fuente propia).

<b>Emisiones netas de dióxido de carbono Mt C/año</b>	<b>Mt C/año</b>
<b>Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub></b>	
- Reducción del uso de energía de combustibles fósiles en la agricultura en países industrializados (reducciones previstas en el mayor uso de labranza mínima o nula, programación de los regadíos, secado de cultivos por energía solar y mejor gestión de fertilizantes)	10–50
<b>Aumento de los sumideros de C</b>	
- Aumento de C en el suelo mediante un mejor aprovechamiento de las tierras agrícolas existentes	400–600
- Aumento de C en el suelo mediante la reserva permanente de tierras agrícolas excedentes en regiones templadas	21–42
- Restablecimiento de C en el suelo en tierras degradadas	24–240
<b>Producción de biomasa como compensación de C</b>	
- Producción de biocombustible mediante cultivos especiales en tierras agrícolas existentes	
• Regiones templadas	85–490
• Regiones tropicales	160–510
• Fajas de protección en regiones templadas	10–60
• Agrosilvicultura tropical	46–200
- Producción de biocombustible de restos de cosechas	100–200
<b>POTENCIAL TOTAL DE MITIGACIÓN CO<sub>2</sub></b>	<b>855–2390</b>

En la actualidad no sólo en los países dentro de la UE, como España, se está haciendo concentración parcelaria. Sino también es países como China están realizando concentraciones parcelarias, por lo que se puede comprender la enorme cantidad que se podría mitigar según esta Tecnología, así como el enorme impacto en la reducción de emisiones de los países en los informes de emisión que se realizan para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Es por esto que el objetivo es mejorar la metodología con la base de este estudio para presentar de manera real una propuesta al IPCC como mecanismo de cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero el sector agrícola y forestal.

## **8.BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente), 2017. Europe's environment. The four assessment. Copenhagen. AEMA.
- Akkaya Aslan, S.T., Gundogdu, K.S., Yaslioglu, E., Kirmikil, M., Arici, I., 2007. Personal, physical and socioeconomic factors affecting farmers' adoption of land consolidation. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5 (2), 204-213.
- Baudry, J., Burell, F., 1984. Landscape project "remembrement": landscape consolidation in France. *Landscape Planning* 11, 235-241.
- Bertocco, M., Basso, B., Sartori, L., Martin, E.C., 2008. Evaluating energy efficiency of site-specific tillage in maize in NE Italy. *Bioresource Technology* 99, 6957-6965.
- Blarel, B., Hazell, P., Place, F., & Quiggin, J., 1992. The economics of farm fragmentation: Evidence from Ghana and Rwanda. *World Bank Economic Review* 6, 233-254.
- Bonfanti, P., Fregonese, A., Sigura, M., 1997. Landscape analysis in areas affected by land consolidation. *Landscape and Urban Planning* 37, 91-98.
- Borec, A., 2000. The significance of land consolidation for the development of farmland in Slovenia then and now. *Berichte Uber Landwirtschaft* 78, 320-334.
- Boto Fidalgo, J.A., Pastrana Santamarta, P., Suárez de Cepeda Martínez, M., 2005. *Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España*. Serie "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura" Número Especial. IDAE. Madrid.
- Bronstert, A., Vollmer, S., Ihringer, J., 1995. A review of the impact of land consolidation on runoff production and flooding in Germany. *Phys.Chem. Earth* 20, 321-329,
- Coelho, J.C., Pinto, P.A., da Silva, L.M., 2001. A system approach for the estimation of the effect of land consolidation projects (LCPs): a model and its application. *Agricultural Systems* 68, 179-195.

- Cole, C.V., et al., 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **49**, 221-228.
- Conforti P, Giampietro M., 1997. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **65 (3)**, 231-243.
- Corral, J. del, Perez, J.A., Roibas, D., 2011. The impact of land fragmentation on milk production. *Journal of Dairy Science* **94-1**, 517-525.
- Crecente, R., Álvarez, C., 2000. Una revisión de la concentración parcelaria en Europa. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* **187**, 221-274.
- Crecente, R., Álvarez, C., Fra, U., 2002. Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia. *Land Use Policy* **19**, 135-147.
- Dalgaard, T., Olesen, J.E., Petersen, S.O., Petersen, B.M., Jørgensen, U., Kristensen, T., Hutchings, N.J., Gyldenkærne, S., Hermansen, J.E., 2011. Developments in greenhouse gas emissions and net energy use in Danish agriculture - How to achieve substantial CO2 reductions? *Environmental Pollution* **xxx**, 1-11.
- De Cara, S., Jayet, P.-A. 2011. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. *Ecological Economics* **70(9)**, 1680–1690.
- Del Río, M., 2005. Generación de rutas para el guiado de un tractor en una parcela mediante gps. Proyecto Fin de Carrera Ingeniero de Telecomunicaciones (UVA).
- Decreto 118/1973, de 12 de enero, por el que se aprueba la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario. BOE nº 30 de 3 de febrero de 1973.
- Di Falco, S., Penov, I., Aleksiev, A., van Rensburg, T.M., 2010, Agrobiodiversity, farm profits and land fragmentation: Evidence from Bulgaria. *Land Use Policy* **27**, 763–771.
- Dyer, J.A., Desjardins, R.L., 2003. Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada. *Biosystems Engineering* **85 (4)**, 503–513.
- Dyer, J.A., Kulshreshtha, S.N., McConkey, B.G., Desjardins, R.L., 2010. An assessment of fossil fuel energy use and CO2 emissions from farm field operations using a regional level crop and land use database for Canada. *Energy* **35**, 2261-2269.
- Eybert, M.C., Constant, P., Lefeuvre, J.C., 1995. Effects of changes in agricultural landscape on a breeding population of linnets *Acanthis cannabina* L. living in adjacent heathland. *Biological Conservation* **74**, 195-202.

- FAO (Food and Agriculture Organisation of the UN), 2003. *The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe*. FAO Land Tenure Studies, FAO, Rome. (Disponible en el enlace: [http://www.fao.org/sd/dim/in1/in1\\_040101\\_en.htm](http://www.fao.org/sd/dim/in1/in1_040101_en.htm) Fecha de última consulta: 10-junio-2017).
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the UN), 2008, *Opportunities to mainstream land consolidation in rural development programmes of the European Union*. FAO, Roma. (Disponible en el enlace: [http://www.fao.org/nr/lten/lten\\_en.htm](http://www.fao.org/nr/lten/lten_en.htm) Fecha de última consulta: 10-junio-2017).
- González, X.P., Crecente, R., Álvarez, C.J., 2004. Evaluation of land distributions with joint regional to plot, size and shape. *Agricultural Systems* **82 (1)**, 31-43.
- González, X.P., Marey, M.F., Álvarez, C.J., 2007. Evaluation of productive rural land patterns with joint regard to the size, shape and dispersion of plots. *Agricultural Systems* **92 (1-3)**, 52-62.
- Gorton, M., White, J., 2003. The politics of agrarian collapse: Decollectivisation in Moldova. *East European Politics and Societies* **17**, 305–331.
- Hillier, J., Walter, C., Malin, D., Garcia-Suarez, T., Mila-i-Canals, Ll., Smith, P., 2011. A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling & Software* **26**, Issue 9, 1070-1078.
- Hiironen, J., Niukkanen K, 2014. On the structural development of arable land in Finland – How costly will it be for the climate?. *Land Use Policy* **36** (2014), 193-198.
- Hu, W., 1997. Household land tenure reform in China: Its impact on farming land use and agro-environment. *Land Use Policy* **14**, 175–186.
- Huang, W.H., 2001. “Optimal line-sweep-based decompositions for coverage algorithms,” en IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 1. pp. 27–32.
- Huylenbroeck, G.V., Coelho, J.C., Pinto, P.A., 1996. Evaluation of land consolidation projects (LCPs): a multidisciplinary approach. *Journal Rural Studies* **12 (3)**, 297-310.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2016. *Ahorro, eficiencia energética y estructura de la explotación agrícola*. Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”. Madrid. IDAE.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España), 1977. *Serie Magna 50, n<sup>os</sup> 234, 272 y 341*. Madrid. Instituto Geológico y Minero de España.

- IPPC (Grupo Intergubernamental sobre el cambio climático, en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Cuarto informe de evaluación del IPCC: Cambio climático*. Cambridge University Press.
- Jabarin, A. S., & Epplin, F. M., 1994. Impact of land fragmentation on the cost of production wheat in the rain-fed region of northern Jordan. *Agricultural Economics* **11**, 191–196.
- Johnson, J.M-F., Franzluebbers, A.J., Lachnicht Weyers, S., Reicosky, D.C., 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* **150**, 107-124.
- Kulshreshtha, S.N., Junkins B., Desjardins, R., 2000. Prioritizing greenhouse gas emission mitigation measures for agriculture. *Agricultural Systems* **66**, 145-166.
- Lal, 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* **30**, 981–990.
- Ley 14/1990, de 28 de noviembre, de Concentración Parcelaria de Castilla y León. B.O.C. y L. nº 241, de 14 de diciembre de 1990.
- Ley 1/2014, de 19 de Marzo, de Ordenación de la Agricultura de Castilla y León. Ley Agraria de Castilla y León. B.O.C.Y.L. Nº 55, de 19 de Marzo de 2014.
- Meadows, D.H.; Meadows, D.L. y Randers, J., 1992. *Más allá de los límites del crecimiento*. Madrid, El País-Aguilar.
- Meisterling, K., Samaras, C., Schweizer, V., 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production* **17**, 222–230.
- Mihara, M., 1996. Effect of agricultural land consolidation on erosion processes in semi-mountainous paddy fields of Japan. *Journal of Agricultural Engineering Research* **64**, 237–247.
- Miranda, D., Crecente, R., Álvarez, M.F., 2006. Land consolidation in inland rural Galicia, NW Spain, since 1950: an example of the formulation and use of questions, criteria and indicators for evaluation of rural development policies. *Land Use Policy* **23 (4)**, 511-520.
- Naredo, J.M., 1987. *La economía en evolución*. Madrid. Siglo XXI. pág. 373.
- Niroula, G.S., Thapa, G.B., 2005. Impacts and causes of land fragmentation, and lessons learned from land consolidation in South Asia. *Land Use Policy* **22**, 358–372.



- Oksanen, T., Visala, V., 2007. "Path Planning Algorithms for Agricultural Machines". En *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. IX. pp. 1-19.
- Pašakarnis, V., Towards, M., 2010. Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation. *Land Use Policy* **27**, 545–549.
- Pervanchon, F., Bockstaller, c., Girardin, P., 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems* **72**, 149–172.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 1972. *Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano*. Estocolmo. PNUMA. (Disponible en: <http://www.pnuma.org/docamb/mh1972.php> Fecha de última consulta: 6-junio-2017).
- Povellato, A., Bosello, F., Giupponi, C., 2007. Cost-effectiveness of greenhouse gases mitigation measures in the European agro-forestry sector: a literature survey. *Environmental science&policy* **10**, 474–490.
- Purroy, F.J. (coord.) 1997. *Atlas de las aves de España (1975-1995)*. Barcelona. SEO/BirdLife – Lynx Edicions.
- Ramírez, O., (2015). Base de datos de concentraciones parcelarias de la Junta de Castilla y León. Departamento de Estructuras Agrarias de la Junta de Castilla y León (Valladolid).
- Riechmann, J., "Desarrollo sostenible: la lucha por la interpretación", en Riechmann, J., Naredo, J.M., Bermejo, R., Estevan, A., Taibo, C., Rodríguez Murillo, J.C., Nieto, J., 1995. De la economía a la ecología. Madrid. Editorial Trotta-Fundación 1º de Mayo. pp. 11-35.
- Safa, M., Samarasinghe, S., Mohssen, M., 2010. Determination of fuel consumption and indirect factors affecting it in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy* **35**, 5400-5405.
- Santé Riveira, I., Crecente Maseda, R., 2006. A review of rural land-use planning models. *Environment and Planning B: Planning and Design* **33**, 165 – 183.
- Schneider, U.A., McCarl, B.A., Schmid, E., 2007, Agricultural sector analysis on greenhouse gas mitigation in US agriculture and forestry. *Agricultural Systems* **94**, 128–140.
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araújo, M.B., Arnell, N.W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T.R., Garcia, C.A., de la Vega-Leinert, A.C., Erhard, M., Ewert, F., Glendining, M., House, J.I., Kankaanpää, S., Klein, R.J.T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M.J., Meyer,

- J., Mitchell, T.D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabaté, S., Sitch, S., Smith, B., Smith, J., Smith, P., Sykes, M.T., Thonicke, K., Thuiller, W., Tuck, G., Zaehle, S., Zierl, B., 2005. Ecosystem Service Supply and Human Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* **310**, 1333–1337.
- Servicio de Ordenación de Explotaciones, 2009. *Situación de la concentración parcelaria en Castilla y León. Memoria año 2009*. Valladolid. Consejería de Agricultura y Ganadería.
- Sklenicka, P., 2006. Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic. *Land Use Policy* **23**, 502–510.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **118**, 6–28.
- Suárez, F., Sainz-Ollero, H., Santos, T. y González Bernáldez, F. 1992. *Las estepas ibéricas*. Madrid. MOPT. pp. 9-13,
- Tan, S., Heerink, N., Qu, F., 2006. Land fragmentation and its driving forces in China. *Land Use Policy* **23 (3)**, 272-285.
- Tan, S., Heerink, N., Kruseman, G., QU, F., 2008. Do fragmented landholdings have higher production costs? Evidence from rice farmers in Northeastern Jiangxi province, P.R. China. *China Economic Review* **19**, 347–358.
- Van den Noort, P.C., 1997. Land consolidation in the Netherlands. *Land Use Policy* **1**, 11-13.
- Van Dijk, T., 2007. Complications for traditional land consolidation in Central Europe. *Geoforum* **38**, 505–511.
- Van Lier, H.N., 2000. Land use planning and land consolidation in the future in Europe. *Kultur Landen* **41**, 138-143.
- Vergé, X.P.C., De Kimpe, C., Desjardins, R.L., 2007. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential. *Agricultural and Forest Meteorology* **142**, 255–269.
- Vitikainen, A., 2004. An Overview of Land Consolidation in Europe. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research* **1**, 25-43.
- Wan, G., & Cheng, E., 2001. Effects of land fragmentation and returns to scale in the Chinese farming sector. *Applied Economics* **33**, 183–194.

- Watson, Robert T; Zinyowera, Marufu C; Moss, Richard H. (1996) Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático: Documento técnico I. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 102. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-sp.pdf>
- Weidema B.P. & Meeusen, M.J.G. (eds.), 2000. *Agricultural data for Life Cycle Assessments*. Vol. 1. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague.
- Wu, Z., Liu, M., Davis, J., 2005. Land consolidation and productivity in Chinese household crop production. *China Economic Review* **16**, 28-49.
- Wu, Z., Yapeng, Z., Yiqiang G., Li, W., 2017. The energy emission computing of land consolidation from the dual perspectives clustering method. Springer Science+Business Media New York 2017