



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA Y FORESTAL
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INVESTIGACIÓN
EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO AGROFORESTAL**

**CONTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE CONCENTRACIÓN
PARCELARIA A LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO: ESTUDIO DE DOS CASOS EN LA ESTEPA
CEREALISTA DE CASTILLA Y LEÓN (ESPAÑA)**



Óscar J. Ramírez del Palacio

JULIO 2011

**Ó.J. RAMÍREZ DEL PALACIO - CONTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE CONCENTRACIÓN
PARCELARIA A LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: ESTUDIO
DE DOS CASOS EN LA ESTEPA CEREALISTA DE CASTILLA Y LEÓN (ESPAÑA).
TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO
AGROFORESTAL - E.T.S. II.AA. - UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. JULIO 2011**

Resumen:

El proceso de concentración parcelaria se considera un importante instrumento de desarrollo rural en muchos países, donde contribuye a asegurar el desarrollo económico y la viabilidad de sus zonas rurales. En el presente trabajo se pretende demostrar cómo la concentración parcelaria puede contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero aprovechando la racionalización introducida en la configuración de las explotaciones agrarias.

Con este objetivo, se realiza el análisis de la energía consumida en los desplazamientos realizados en cada una de las operaciones de cultivo y de transporte de la cosecha, así como en los giros que se producen dentro de la parcela, a la vez que se analizan los efectos que las actuaciones de concentración parcelaria generan en el tamaño, forma y grado de dispersión del parcelario afectado. Para realizar estos cálculos, se han elegido dos zonas recientemente sometidas a un proceso de concentración: Boadilla de Rioseco (Palencia) y Villagarcía de Campos (Valladolid). Ambas están situadas en la comarca natural de Tierra de Campos y son representativas de la pseudoestepa cerealista de Castilla y León.

En las diversas determinaciones efectuadas en ambas zonas, se ha verificado una reducción de consumos de combustible como consecuencia de la mayor regularidad de las fincas resultantes, su mayor tamaño y menor dispersión espacial. A la vista de los resultados obtenidos puede considerarse a la concentración parcelaria como un proceso eficaz en la estrategia de reducción de gases de efecto invernadero, en sintonía con los compromisos actuales del protocolo de Kioto. Igualmente, se considera necesario continuar investigando la estructura e importancia que los desplazamientos tienen en el conjunto de consumos del sector agrario y su posible vinculación con las políticas de reducción de emisiones.

Palabras clave: gases de efecto invernadero; concentración parcelaria; estepa cerealista; reducción consumo gasóleo; Castilla y León.

1. Introducción

1.1. 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 realizase este 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 CO₂ 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 previsible impactos de diferente signo, positivo o negativo, según zonas y cultivos. Así, como consecuencia del aumento de los niveles de CO₂, 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 (Schróter *et al.*, 2005).

Según el cuarto informe sobre el medio ambiente en Europa de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2007), 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 UE-25, 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 2004, las emisiones totales de la Unión Europea (UE-27) y de la AELC sumaron 5.091 millones de toneladas de CO₂ equivalente, sin contar el cambio de uso del suelo y la forestación.

Según el Protocolo de Kioto, para el período 2008-2012 la UE-15 tiene un objetivo colectivo de reducción de GEI del 8% respecto a las emisiones del año 1990. 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, 2007). 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. Por contra, países como Noruega y Suiza estiman que no podrán cumplir con sus objetivos de Kioto (AEMA, 2007).

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, 2007). Las emisiones de GEI del sector agrario, fundamentalmente de óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄), supusieron un 9,2% de las emisiones totales en el conjunto de la UE-25 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 CO₂-eq. Año⁻¹ 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 CO₂-eq Año⁻¹ 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 CO₂ equivalente (por ejemplo, 5.000 dólares EE.UU. t CO₂-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 €/ tCO₂-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, Países Bajos, Irlanda).

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.

1.2. Oportunidad e interés de la concentración parcelaria con el horizonte del Protocolo de Kioto

El proceso de concentración parcelaria (CP) cuenta en Europa con una importante implantación espacial, abundante desarrollo normativo y experiencia. En todos los países de la UE-27, en Albania, Armenia, Croacia, Moldavia y Serbia, entre otros de los antiguos PECOS, así como en Noruega y Suiza, existen programas específicos de CP. 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, 2008).

El proceso de CP 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 & Towards, 2010). Cuando la CP 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 CP 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 garantizasen la rentabilidad de las explotaciones.*

En España, las competencias relacionadas con la planificación y ejecución de CP están transferidas a las comunidades autónomas. De todas ellas, nueve cuentan con una legislación específica sobre CP: 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 CP, regulada en Castilla y León por la Ley 14/90¹, 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, 2009). Si se consideran únicamente las tierras labradas, la CP 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 CP 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 CP 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 CP 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 CP (Gorton & White, 2003; FAO, 2003; Sklenicka, 2006; Van Dijk, 2007; Di Falco *et al.*, 2010).

No obstante, para que las posibilidades de la CP 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 CP 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 CP 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 CP. 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,

¹ Síntesis del proceso de concentración parcelaria, según la Ley 14/90 de CP de Castilla y León: 1. El proceso de C.P. comienza con la solicitud efectuada por la mayoría de los propietarios de la zona o bien por parte del Ayuntamiento. 2. En cada Ayuntamiento se convocará una asamblea de participantes en la C.P. y se constituirá una Junta de Trabajo (6 propietarios y un representante del Ayto.). 3. Los técnicos responsables de la zona redactarán el Estudio Técnico Previo (ETP). 4. Obtenida la declaración de no sometimiento o la Declaración de Impacto Ambiental se procederá a la aprobación del ETP, que se somete a procedimiento de encuesta pública. 5. Una vez Declarada la CP de Utilidad Pública y Urgente Ejecución, se inicia la investigación de la propiedad que consiste en averiguar el propietario y el régimen jurídico de todas las parcelas incluidas en el perímetro definitivo de la zona a concentrar. 6. Asimismo, se lleva a cabo la clasificación de las tierras incluidas y la medición de su superficie. 7. Con los datos de propiedad y clasificación se elaboran las Bases Provisionales que se someten a información pública. 8. Resueltas las alegaciones recibidas se elaboran las Bases Definitivas, que son publicadas y sometidas a información pública de nuevo, pudiéndose presentar recurso ordinario. 9. Con los datos de las Bases se elabora el Proyecto de Concentración que es un avance de las nuevas fincas, con encuesta pública. 10. Recogidas las alegaciones al Proyecto y una vez resueltas se confecciona el Acuerdo de C.P. que se somete a información pública y ante el que se puede presentar recurso ordinario. 11. Si el número de recursos es inferior al 5% de los propietarios y superficie se puede dar la toma de posesión en precario sin perjuicio de la resolución de los recursos presentados. 12. Con los recursos resueltos se solicita la firmeza del Acuerdo, se realiza el Acta de Reorganización de la Propiedad y se elaboran los títulos de propiedad que se entregan a los propietarios. 13. Si los recursos interpuestos superan el 5% han de resolverse previamente antes de proceder a la toma de posesión. 14. Los errores y diferencias superiores al 2% de superficie asignada en las fincas del Acuerdo se resolverán a costa de las fincas de Tierras Sobrantes. 15. Finalmente, se redactan y ejecutan los correspondientes Proyectos de infraestructuras rurales (caminos, desagües, puentes, regadío, otras obras previstas) y de Restauración del Medio Natural.

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 CP, son las numerosas dudas que existen sobre las alteraciones medioambientales que pueden ocasionar. Las primeras reacciones sobre el impacto de la CP 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 CP: 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 (Huylbroeck *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 CP se han realizado numerosos estudios con un enfoque multidisciplinar, analizando además de aspectos económicos, los ecológicos y sociales. Así, al complejo proceso de CP 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 (Huylbroeck *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 (Huylbroeck *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 CP a partir de diversos índices métricos, como la forma, tamaño y dispersión de las parcelas resultantes de la CP (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).

Continuando con los trabajos basados en el empleo de índices métricos se podrían desarrollar nuevas investigaciones que, a su vez, podrían insertarse en los principios y compromisos asumidos en el Protocolo de Kioto. Este estudio pretende demostrar cómo la CP 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 CP.

1.3. Definición de las zonas de estudio

Se analizan sendos proyectos de CP, de muy reciente redacción, desarrollados en los términos municipales de Boadilla de Rioseco (Palencia) y Villagarcía de Campos (Valladolid). Ambos términos se ubican 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 estas zonas estuvo motivada fundamentalmente por su representatividad de las estepas cerealistas de Castilla y León y la existencia de sendos proyectos de regadío: de nueva creación en Boadilla y de modernización del existente en Villagarcía. Por otra parte, las similitudes topográficas y edafológicas que presentan ambos términos nos permiten reforzar los resultados que obtengamos al aumentar el área de estudio. Además, la homogeneidad de ambas zonas y su disposición en forma de penillanura con suaves ondulaciones y

sin grandes desniveles, no nos introducirá distorsiones en los datos de consumos, que se podrán realizar de forma homóloga para ambos términos.

Por las características socio-económicas predominantes en ambos municipios (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 (pseudostepe cerealista, campos, campiñas y valles).

El municipio de Boadilla de Rioseco se localiza en el ángulo suroeste de la provincia de Palencia. La superficie municipal total asciende a 5.094 Ha, de las cuales se proyectan concentrar 4.686 Ha, todas de secano. Su paisaje se caracteriza por un relieve ligeramente ondulado propio de la penillanura de Tierra de Campos, con una amplia horizontalidad interrumpida por las lomas que marcan las divisorias de los arroyos, todos de caudal discontinuo. El río Sequillo discurre de Norte a Sur por la parte central de la zona. La altitud media es de 750 m.s.n.m.

Prácticamente existe un monocultivo de cereal secano (65-85%), quedando la superficie restante repartida entre girasol (15%, si bien se producen importantes oscilaciones interanuales), cultivos forrajeros (alfalfa y veza, con un 10-15%), barbechos un 10% y proteaginosas menos de un 3% (Declaración de Superficies y Aprovechamientos, Dirección General de PAC, 2010). Junto a la CP se proyecta una transformación a regadío, tomando aguas del Canal Cea-Carrión, que afectaría a unas 590 Ha del término de Boadilla.

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 el PC se corresponde con la primera unidad y las cuestas de transición hacia el páramo. Se trata por tanto, de una zona con un relieve apenas contrastado, una penillanura con suaves ondulaciones que finaliza en unas laderas de fuerte pendiente (cuestas), que rompen la monotonía paisajística dominante. 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, 2010).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar los efectos que las actuaciones de CP 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, por transporte de la cosecha y subproductos obtenidos, así como también por la reducción de las maniobras dentro de la parcela, como consecuencia de la mayor regularidad de las fincas resultantes, su mayor tamaño y menor dispersión espacial.

3. Material y métodos

3.1. Material

Todo el trabajo de determinación de parcelas y fincas, así como de los bloques, se ha desarrollado dentro de un SIG (DinaMap+Concen-2000, versión 2003). 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. Algunos elementos, como los itinerarios, se desarrollaron en paralelo con el sistema gvSIG Desktop 1.10. 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 2010.

3.2. Métodos

3.2.1- Definición de elementos a analizar

Todo el presente trabajo de investigación se desarrolla a partir de los acuerdos de concentración parcelaria elaborados para los términos municipales de Boadilla de Rioseco (Palencia) y Villagarcía de Campos (Valladolid), redactados en julio de 2009 y junio de 2011, respectivamente. En lo sucesivo nos referiremos a estas zonas como Boadilla y Villagarcía, respectivamente.

Ambos términos se asientan sobre formaciones sedimentarias correspondientes al Terciario Miocénico, donde predominan las arcillas, más o menos arenosas, junto con margas y limos ocreos con areniscas y conglomerados intercalados. En las llanuras de inundación vinculadas al Sequillo y relacionadas con el período Cuaternario, abundan los conglomerados y gravas cuarcíticas de matriz arcillo-arenosa (IGME, 1977).

La superficie afectada por la CP en Boadilla ascendió a 4.685,98 Ha, dividida en 1.560 parcelas, pertenecientes a 343 propietarios. En Villagarcía la superficie total incluida en la reconcentración ha sido: 2.715,46 ha, dividida en 1107 parcelas, pertenecientes a 244 propietarios.

En cada uno de los términos, se tomó una muestra aleatoria de propietarios, que posteriormente fueron agrupados por explotaciones agrarias. Se define como explotación agraria (en el texto nos referiremos simplemente como explotación), 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 CP, puesto que estas valoraciones deben realizarse teniendo en cuenta la localización de las parcelas a nivel de explotación, aunque jurídicamente pertenezcan a diversos propietarios.

Con el fin de garantizar una muestra suficientemente significativa y representativa se fijó que aquella debería alcanzar como mínimo el 25% de los propietarios, parcelas y superficie incluida en cada uno de los proyectos. La elección de propietarios se realizó aleatoriamente hasta alcanzar el 25% fijado, si bien como consecuencia del ajuste a nivel de explotación, resultó una población de propietarios, y por tanto de parcelas y superficie al 25%, que se había establecido como valor mínimo (Tabla 1).

Tabla 1. Principales parámetros que definen las muestras aleatorias obtenidas para cada proyecto y momento (pre-CP y post-CP).

Parámetros de la muestra aleatoria	Boadilla		Villagarcía	
	Pre-CP	Post-CP	Pre-CP	Post-CP
Propietarios	87	83	64	62
Explotaciones	38	38	23	23
Parcelas (Fincas ²)	400	161	386	147
Superficie (ha)	1178,49	1317,11 ³	839,15	831,64 ⁴

Una vez definidas las explotaciones de cada muestra se identificaron dentro de un SIG las parcelas aportadas, las atribuidas (fincas), la sede principal de la explotación y las redes de caminos, servidumbres de paso y otros elementos existentes (canales de riego, carreteras, obstáculos infranqueables, etc.).

Se explican a continuación las consideraciones y premisas que se han tenido en cuenta para cada uno de estos factores:

- El procedimiento seguido con las parcelas aportadas y las atribuidas (fincas): previamente a la realización de todas las estimaciones de itinerarios y cálculo de kilómetros recorridos en cada uno de ellos, se definieron los "bloques", entendiéndose como tales a aquella extensión continua de terreno que

2 Según la nomenclatura empleada en los procesos de CP, se denominan parcelas a las propiedades aportadas al proceso y fincas de reemplazo (o simplemente fincas) a las atribuciones resultantes de la concentración.

3 La superficie existente tras la realización del proyecto difiere de la aportada por la aplicación de los coeficientes de reducción aplicados: un 2% en las atribuciones de secano y un 9% en las de regadío, a la vez que a lo largo del desarrollo del proyecto tuvieron lugar varias operaciones de compra-venta.

4 La superficie existente tras la realización del proyecto difiere de la aportada por la aplicación del coeficiente de reducción aplicado en el mismo (3%).

existiese en cada explotación que se pudiese labrar y cultivar de forma continua en una única jornada laboral de 8 horas. Los bloques estarían compuestos por una o varias parcelas, prioritariamente desglosadas las de secano y las de regadío, pertenecientes a uno o varios propietarios, pero englobadas dentro de una misma explotación.

Por otra parte, dentro de cada bloque se definieron “sub-bloques”, entendiéndose como tales a las parcelas o agrupaciones de parcelas situadas en un radio próximo, suficientemente pequeño respecto a otros bloques u otras parcelas, como para justificar su desplazamiento (normalmente entre 1.600 y 2.400 metros en la situación pre-CP, y entre 1.000 y 1.400 metros post-CP), a la vez que con el tiempo de laboreo empleado en él se completaba la jornada laboral del bloque.

Estos bloques, y sus sub-bloques, eran posteriormente identificados y definidos de forma geométrica y espacial. Para determinar geoméricamente un bloque, se procedía al cálculo de su superficie total, mediante su planimetrado, y se definía su forma característica, en función de su regularidad (ortogonalidad). En la definición espacial de cada bloque y sub-bloque, se determina la distancia existente entre su centroide y la sede de la explotación y, en su caso, entre el centroide del bloque y sus sub-bloques. Estos aspectos se desarrollarán en profundidad en el apartado de metodología (3.2.2).

Finalmente, se realiza un ajuste de los itinerarios necesarios para cada bloque, o grupos de bloques, en función del tiempo máximo de una jornada laboral. Para este ajuste se toma como referencia el tiempo empleado en la realización del laboreo principal de la tierra (en nuestro caso será un laboreo vertical mediante chisel, como se explica en los epígrafes 3.3.2 y 3.3.3). Se asume como límite 8 horas de trabajo real sin considerar los tiempos de desplazamiento. Así, por ejemplo, si en función de su tamaño y forma (regularidad), el laboreo de un bloque requiriese de 12 horas de trabajo en la parcela, sería necesario realizar dos visitas a dicho bloque (por tanto, hacer dos itinerarios completos: sede explotación-bloque-sede explotación), si bien el segundo día (segundo itinerario) se dispondría de 4 horas para atender al bloque o bloques situados más próximos.

- La sede principal de la explotación se determinó de acuerdo con lo declarado por los propios afectados. Por sede de la explotación se entendería el lugar, normalmente una nave o construcción agrícola, en ocasiones la propia vivienda del titular, donde se alojaría la maquinaria y equipos disponibles en la explotación. Este punto se toma como origen y destino final de los itinerarios que posteriormente se definirán de acuerdo con los diferentes cultivos en cada explotación.

Se prestó especial atención a aquellas explotaciones que tuviesen su sede fuera de la zona a concentrar. En la muestra analizada de Boadilla aparecieron 13 explotaciones y en la de Villagarcía 6 más⁵, cuya sede principal se localizaba en alguno de los términos colindantes. Para estas explotaciones cabe esperar que la reorganización espacial impuesta por la CP podría generar una importante reducción de las distancias recorridas para atender a esas parcelas.

- Los itinerarios y distancias correspondientes se estiman por separado para la situación anterior y posterior a la CP. Como consecuencia del proyecto de infraestructura rural asociado al proceso de CP se debe diferenciar por una parte la red de caminos y servidumbres de paso existentes antes de la CP y la nueva red de caminos diseñada en el proyecto de obras inherente a cada CP.

Para definir los itinerarios entre la sede de la explotación y los diferentes bloques se determinaba el recorrido de menor longitud que pusiese en contacto la sede con cada bloque y entre un bloque y los siguientes, a modo de ramificaciones secundarias del itinerario principal. Como máximo se han definido ramificaciones de tercer orden (es decir, de un itinerario principal que daría servicio a un bloque de gran extensión, o bloque principal, saldría una derivación para atender las labores de otro bloque y de ésta saldría otra más hasta un tercer bloque).

En todo caso, en esta configuración de itinerarios, con o sin ramificaciones, siempre debe respetarse la limitación establecida por la jornada laboral (8 horas de trabajo en parcela/día).

Para definir los itinerarios en la situación previa a la CP, como consecuencia de la deficiente red de caminos y su deficiente estado de conservación, se tenía que recurrir con gran frecuencia al empleo de las servidumbres de paso, sin poderse valorar o ponderar los condicionantes y limitaciones de uso que suelen tener asociados.

5 Debe tenerse en cuenta que el número de explotaciones situadas fuera del término afectado por la CP (13 en la CP de Boadilla y 6 en la de Villagarcía) resulta aparentemente muy elevado si se compara con el total de elementos de la muestra “explotaciones”: 38 en Boadilla y 23 en Villagarcía, pero lo que realmente significa este dato es que 13 propietarios residentes fuera de Boadilla cultivan una o varias parcelas, de su propiedad o no, dentro del término de Boadilla. De igual forma sucede con las 6 explotaciones cuya sede está fuera de Villagarcía.

En la situación posterior a la CP, la nueva red de caminos ha eliminado todas las servidumbres y da servicio directo a todas las fincas. En el cálculo y diseño de los itinerarios a realizar se ha procurado evitar el paso por los cascos urbanos (mediante el empleo de los caminos de circunvalación diseñados en el plan de obras), aunque ello supusiese un incremento de la distancia a recorrer en ese itinerario, por entenderse que de esa forma se contribuía a la mejora de la calidad ambiental en los pueblos. Igualmente, siempre que existía una ruta alternativa por los caminos proyectados, aunque fuese de mayor longitud, se ha procurado evitar los recorridos por las carreteras.

No obstante, no se han tenido en cuenta en este estudio otras posibles mejoras derivadas de la nueva red de caminos. Cabría suponer que el diseño y dimensionamiento de esta red (con mayor anchura de plataforma, mejores trazados, empleo de firmes y perfiles transversales adecuados) podría permitir una reducción de tiempos en los desplazamientos y una reducción de los gastos de reparaciones y mantenimiento de los tractores y maquinaria. Otro aspecto que tampoco se evalúa en este trabajo, pero también podrían establecerse relaciones con la CP, es la reducción del efecto de rodada (*multi-pass effect*), como consecuencia de la eliminación de las parcelas con formas irregulares y la disposición de parcelas resultantes de la CP.

Con estos elementos definidos y caracterizados en el SIG, el paso siguiente fue cuantificar en qué medida la CP había contribuido a la reducción de la distancia recorrida en las operaciones y rutinas siguientes:

- En los itinerarios de laboreo y cultivo: entendiéndose como tales cada una de los desplazamientos de ida y vuelta que el agricultor tenía que realizar para atender sus diferentes parcelas (laboreo profundo, abonado, etc.), mediante la configuración en bloques mencionada, medidos entre la sede de la explotación y el centroide de cada bloque, con sus sub-bloques correspondientes.
- En las operaciones de cultivo: en este punto se analizaron, para las situaciones anterior y posterior a la CP y para cada una de las labores agrícolas a desarrollar en cada parcela o finca, las ganancias relativas de combustible; esta reducción de consumo vendría generada por la mejora de la forma de las parcelas, que se podría identificar con una mayor regularidad, lo cual supondría una reducción del número de vueltas para una misma unidad de superficie a trabajar, así como por la eliminación de obstáculos y zonas de difícil acceso y laboreo, y también como consecuencia del aumento de tamaño en las fincas. No se trata, por tanto, de determinar el consumo de gasóleo de una operación agrícola (dato que se obtendría a partir del consumo horario que presenta un motor de una potencia dada, en función del tipo de apero, la textura, la profundidad, la marcha y el régimen del motor del tractor), sino de cuantificar el consumo de combustible suplementario en los giros que se producen dentro de cada parcela vs finca (antes de la CP respecto a la situación posterior a la CP).
- Por transporte de la cosecha y subproductos: entendiéndose que deben realizarse uno o varios desplazamientos de ida y vuelta, del tractor con un remolque, para transportar la cosecha y los subproductos, medidos entre la sede de la explotación y el centroide de cada bloque principal.

3.2.2- Tiempo de laboreo y determinación final de los bloques

En este estudio se toma la operación de laboreo profundo para definir los bloques, por ser la labor que tiene un mayor requerimiento de tiempo y energía, y por poderse considerar como proporcional al tiempo que se necesitaría para realizar otras operaciones de cultivo. Suponiendo que el conjunto de variables que afectan al rendimiento de la labranza se mantienen constantes (como posteriormente se explicará para este caso de estudio), la forma de la parcela, o del bloque en nuestro caso, resultará determinante, pues de ella dependerá que el tiempo y energía necesarios para desarrollar esa labor sean mayores o menores (Huang, 2001; González *et al.*, 2004; González *et al.*, 2007; Van Dijk, 2007; Oksane & Visala, 2007).

El tiempo, y por asociación el consumo de combustible, empleado en cubrir una parcela, o un bloque, suponiendo una cobertura basada en trazadas de ida y vuelta, es la suma del tiempo en que se realizan las pasadas más el tiempo, y combustible, empleados en la maniobra que se realiza desde el fin de una trazada al comienzo de la siguiente. Estos giros llevan asociada una considerable pérdida de tiempo y especialmente de consumo de combustible, ya que el tractor al realizarlos debe frenar, realizar un giro cerrado y volver a acelerar. Por ello, serán preferibles las parcelas de formas regulares que nos permitirán reducir al mínimo el número de giros y dentro de una figura cualquiera, dependiendo de la orientación que se le dé a una labor respecto a los ejes de la parcela, se generará un diferente número de giros (figuras 1 y 2).

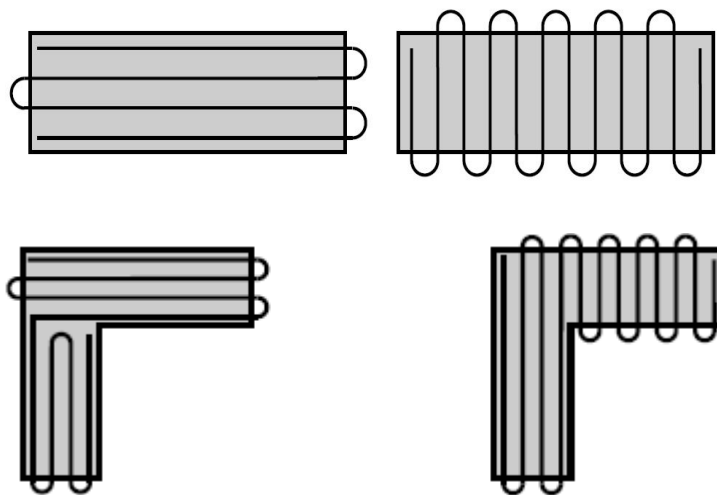


Figura 1. Variación del número de giros necesarios para unos polígonos sencillos idénticos en forma y superficie, según la dirección de ejecución de una labor (tomado de Huang, 2001)

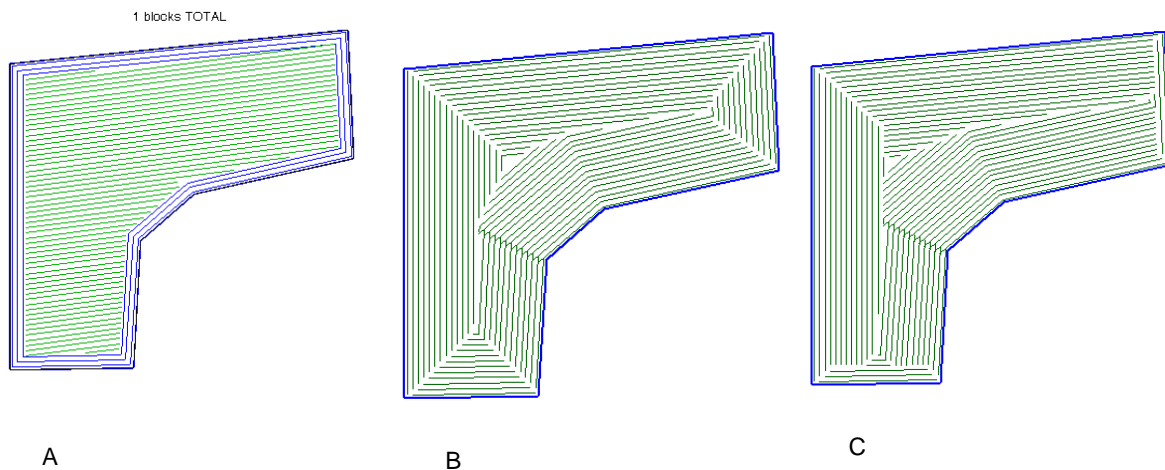


Figura 2. Análisis de los giros en formas geométricas complejas (figuras tomadas de Oksane & Visala, 2007). Según estos autores, mediante algoritmos de planificación de rutas, se puede demostrar la importancia que pueden adquirir los giros y recorridos suplementarios en las labores de campo, al ir asociados con notables incrementos de tiempos y consumos de combustible. En las parcelas A, B y C, se realizaron 74, 85 y 70 giros, respectivamente, y fue necesario recorrer 12,2 km 13,5 km y 12,0 km. Finalmente, respecto al recorrido teórico de laboreo de esa parcela (superficie dividida entre ancho de trabajo de la labor), hubo un incremento de recorridos del 46,7% para la ruta A, un 62,5% en la B y un 45,0% en la C.

Debido a la homogeneidad geológica y edafológica de ambos términos, se estima que no existen diferencias significativas en los suelos y por tanto se deduce que todas las parcelas son internamente y entre sí homogéneas y que sus necesidades de laboreo serán similares.

A la vista de los datos aportados por varias explotaciones (para este estudio se han realizado entrevistas a 14 titulares de explotación, 8 de Boadilla y 6 de Villagarcía), se admite como representativo de la zona un tractor tipo de entre 112 y 130 CV de potencia (respectivamente, 82,4 y 95,6 kW) de cuatro ruedas motrices. Y como apero más empleado en el laboreo profundo, un arado chisel con 9-13 cuerpos (8-12 CV/cuerpo y una profundidad de trabajo entre 20 y 30 cm), con una anchura de trabajo situada entre 225 y 370 cm. En conclusión, se establece que, para esta investigación, todas las labores de laboreo se realizarán con los mismos medios: tractor 4RM de 84,6 kW de potencia (115 CV) y arado chisel de 11 cuerpos (anchura de trabajo: 275 cm; profundidad de trabajo: entre 20 y 30 cm).

Por tanto, con la homogeneidad existente en el suelo y con el equipo de laboreo convenido, en el análisis de la productividad (tiempos y consumos necesarios) del laboreo del terreno únicamente influirán el tamaño y la forma de cada parcela y la presencia de obstáculos o accidentes en su interior que dificultasen una labor continua, sin rodeos ni pausas. No obstante, este último factor (obstáculos interiores), no ha sido considerado en este estudio.

En conclusión, si comparásemos el tiempo de labranza para dos parcelas de igual superficie, empleando el mismo tractor e idéntica anchura de trabajo con el arado, y trabajando a la misma velocidad, el factor forma sería el único que influiría. Para este estudio se ha realizado una adaptación de los datos de los rendimientos horarios propuestos por varios autores (González *et al.*, 2004; Boto *et al.*, 2005; IDAE, 2006; González *et al.*, 2007) que han analizado la influencia de la forma en el rendimiento de las labores agrícolas. Así, considerando las características definidas en la zona de estudio (potencia de tractor, apero empleado, características de suelos) se ha optado por los siguientes rendimientos horarios, para cada forma de parcela:

- Parcelas regulares (formas rectangulares, cuadradas y trapezoidales con un ángulo recto): 0,83 h/ha.
- Parcelas normales (formas próximas a las definidas como regulares pero que presentan falta de ortogonalidad, trapecios sin un ángulo recto): 1,04 h/ha.
- Parcelas irregulares (formas triangulares, poligonales con entrantes y/o salientes pronunciados, formas compuestas por varias formas más o menos regulares): 1,30 h/ha.

Se admite que esta clasificación presenta algunas limitaciones por la simplificación que asume, pero por otra parte el tamaño de la muestra de parcelas y fincas escrutadas (1.094 en total) y el carácter "real" de la muestra, nos parecen de suficiente consistencia y fuerza como para admitirlo en este trabajo. En esta decisión también se tuvieron en cuenta otros trabajos recientes que se han centrado en el análisis geométricos de las fincas obtenidas en la CP (González *et al.*, 2004; Akkaya Aslan *et al.*, 2007; González *et al.*, 2007), si bien fueron criticados por su carácter abstracto o por generar impactos estadísticamente no significativos (Sklenicka, 2006; Tan *et al.*, 2008). No obstante, se considera que la clasificación adoptada en este trabajo, podría ser motivo de posteriores estudios con el objetivo de realizar un ajuste más fino de los rendimientos horarios de las labores agrícolas a las formas geométricas existentes sobre el terreno.

Para determinar cada bloque se parte de una o varias parcelas adyacentes y pertenecientes a una misma explotación y en función de su forma se le asigna un rendimiento horario (h/ha). Posteriormente se realizan las iteraciones necesarias hasta ajustar la superficie que se podría labrar en 8 horas. Este cálculo nos indicará el número de veces (de itinerarios: sede explotación-bloque-sede), que habría que realizar para ejecutar la labranza de cada bloque. Por otra parte, suponiendo un bloque con una superficie reducida, que para su laboreo fuese necesaria una fracción de tiempo inferior a 8 horas, se definiría el sub-bloque o sub-bloques necesarios para justificar las 8 horas de trabajo, a partir de las parcelas existentes en su proximidad, minimizando los desplazamientos.

Por último, para cada bloque con los sub-bloques que tuviera asociados, tendríamos el número de veces (itinerarios) que habría que realizar, que multiplicados por la distancia existente entre el centroide de cada bloque y la sede de la explotación nos darían la distancia recorrida para realizar la operación de labranza. Estas iteraciones habría que realizarlas para todos los bloques de cada término y para las dos situaciones temporales (ante y post CP).

3.2.3- Definición de itinerarios

Para definir los itinerarios se elabora, para cada uno de los cultivos y aprovechamientos de la zona de estudio, una tabla con las operaciones de cultivo más habituales en la zona.

Como se ha expuesto en los datos generales de la zona, en ambos términos existe una situación prácticamente equiparable a un monocultivo de cereal en el seco, mientras en el regadío se produce una mayor alternativa de cultivos. No obstante, con el fin de emplear datos reales de campo, se han tomado los datos correspondientes a las dos últimas declaraciones de superficies y cultivos para el cobro de los pagos y primas de la PAC (campañas 2008/09 y 2009/10).

En los cálculos de labores y desplazamientos no se han considerado las superficies ocupadas por cultivos hortícolas y pequeñas plantaciones de frutales por no ser significativa su superficie (< 0,5% sobre superficie

total). Al no existir datos de los cultivos de regadío para Boadilla de las campañas 2008/09 y 2009/10 (las fincas de reemplazo fueron entregadas en septiembre de 2010), se asimila a la distribución de cultivos de regadío de Villagarcía.

Se exponen sintéticamente las operaciones de cultivo que se han considerado para cada grupo:

- Cultivos herbáceos de secano (cebada, trigo blando, avena, girasol, guisantes proteaginosos, garbanzos y lentejas): laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, tratamiento de pre-emergencia (probabilidad de aplicación: 33%, un tratamiento cada 3 años), abonado de cobertera, tratamiento herbicida, estercolado (aplicación cada 4 años: 40 t/ha, como dosis de conservación y corrección), transporte de cosecha, transporte de paja.
- Cultivos forrajeros en secano (alfalfa, veza forrajera y otros cultivos forrajeros): laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, tratamiento insecticida, siega + acondicionado, hilerado, empacado, transporte del forraje.
- Cultivos herbáceos de regadío (trigo blando, cebada, girasol, guisantes proteaginosos y garbanzos): laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, tratamiento de pre-emergencia (probabilidad de aplicación: 33%, un tratamiento cada 3 años), abonado de cobertera, dos tratamientos fitosanitarios (herbicida y/o insecticida), instalación + desinstalación de sistema de riego (el sistema de riego por aspersión con cobertura total supone en la zona un tercio del total de superficie de regadío; probabilidad: 33%), estercolado (aplicación cada 4 años), transporte de cosecha, transporte de paja.
- Alfalfa en regadío: laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, instalación + desinstalación de sistema de riego (probabilidad: 33%), dos tratamientos insecticidas, siega + acondicionado (5 veces), hilerado (5 veces), empacado (5 veces), transporte del forraje (5 veces).
- Otros cultivos forrajeros en regadío: laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, instalación + desinstalación de sistema de riego (probabilidad: 33%), tratamiento insecticida, siega + acondicionado, hilerado, empacado, transporte del forraje.
- Maíz en regadío: laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, abonado de cobertera (2 aplicaciones), dos tratamientos fitosanitarios (herbicida y/o insecticida), instalación + desinstalación de sistema de riego (probabilidad: 33%), estercolado (aplicación cada 4 años), transporte de cosecha.
- Remolacha en regadío: laboreo vertical con chisel, pase de cultivador + rodillo, abonado de fondo, pase de grada + rulo, siembra, abonado de cobertera (2 aplicaciones), tres tratamientos fitosanitarios (herbicidas y/o insecticidas), instalación + desinstalación de sistema de riego (probabilidad: 33%), estercolado (aplicación cada 4 años), transporte de cosecha.

Al definir los “itinerarios tipo de operaciones” para cada uno de los cultivos o aprovechamientos se van a diferenciar tres cálculos:

- Itinerarios hasta la parcela (bloque) para la realización del laboreo profundo (que se determinan como se ha indicado en el epígrafe 3.3.2; igual para todos los cultivos)
- Itinerarios hasta la parcela (bloque) para la realización de las diferentes operaciones de cultivo (estos itinerarios se analizan por separado para cada grupo de cultivos de similares requerimientos de labores, tratamientos, enmiendas, etc.)
- Itinerarios hasta la parcela (bloque) con motivo del transporte de la cosecha y de los subproductos (similar para todos los cultivos, si bien se introducirán matices en algún cultivo).

En la tabla 2 se indica la importancia relativa, en tanto por uno, que cada aprovechamiento o grupo de cultivos tiene en cada uno de los términos analizados (declaración de superficies para ayudas de la PAC, campañas 2008/09 y 2009/10). Igualmente, se recogen los recorridos “hasta” el bloque, elaborados a partir de las operaciones de cultivo realizadas en la zona (no se consideran ni los itinerarios hasta el bloque para la

realización del laboreo profundo, ni los necesarios para el transporte de la cosecha y los subproductos del cultivo, que se calcularán aparte).

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 0,532 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: tractor con el remolque cargado. 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 ha tenido en cuenta que dentro de un itinerario completo, de ida y vuelta, puede existir un itinerario de tipo “ligero” (p.e. desplazamiento del tractor con el remolque vacío hasta la parcela o desplazamiento de vuelta del tractor con el remolque esparcidor de estiércol vacío) al que hay que unir otro “pesado” (p.e. viaje de ida a la parcela con el remolque esparcidor de estiércol cargado, o bien viaje de vuelta desde la parcela con el remolque cargado de grano).

Por último, en la tabla 2, también se anotan los recorridos “dentro” de cada bloque (originados por todas las labores necesarias para el correcto desarrollo de cada cultivo, incluidas las de laboreo profundo y la recogida de cosecha y subproductos).

Tabla 2. Determinación para cada aprovechamiento o grupo de cultivos de los itinerarios completos por operaciones de cultivo “hasta” los bloques y del número total de recorridos “dentro” de cada bloque, con indicación de la importancia relativa de cada aprovechamiento o grupo de cultivos en los municipios de estudio.

Cultivos y aprovechamientos (por grupos homogéneos)	Importancia relativa (en tanto por uno) de cada grupo de cultivos en cada término municipal		Itinerarios “hasta” los bloques (sin laboreo ni transporte de cosecha)		Número total de recorridos “dentro” de cada bloque (considerando todas las operaciones de cultivo y transporte)
	Boadilla	Villagarcía	“Ligeros”	“Pesados”	
Cultivos herbáceos / SECANO (cebada, trigo blando, avena, girasol, proteaginosas, proteaginosas de consumo humano)	0,75	0,8	7,58	1,25	9,58
Cultivos forrajeros / SECANO (alfalfa, veza forrajera, otros cultivos forrajeros)	0,13	0,1	8,50	0,50	10,00
Barbecho / SECANO	0,12	0,1	0,00*	0,00*	0,00*
Cultivos herbáceos / REGADÍO (trigo blando, cebada, girasol, proteaginosas, leguminosas de consumo humano)	0,47 ^a	0,47	9,24	1,25	10,91
Barbecho / REGADÍO	0,07 ^a	0,07	0,00*	0,00*	0,00*
Alfalfa / REGADÍO	0,22 ^a	0,22	22,16	0,50	23,33
Otros cultivos forrajeros / REGADÍO	0,03 ^a	0,03	8,50	0,50	10,00
Maíz / REGADÍO	0,08 ^a	0,08	10,41	1,75	10,58
Remolacha / REGADÍO	0,13 ^a	0,13	11,41	1,75	11,58

[* Las labores asociadas a los barbechos están calculadas con el cultivo que le sigue en la rotación]

[^a Se toman los datos de Villagarcía al no existir datos de cultivos de regadío para Boadilla en las campañas 2008/09 y 2009/10]

Del sumatorio de los productos de cada tipo de itinerario por el valor relativo de cada cultivo en cada término, se obtiene la combinación final de itinerarios (“ligeros”, “pesados” y “dentro” de cada bloque). En la tabla 3 se recoge este dato final, con el que posteriormente se determinarán los recorridos anuales que habría que hacer para realizar las operaciones de cultivo de cada bloque y finalmente calcular los consumos de combustible, para cada término y para las situaciones previa y posterior a la CP. Así, por ejemplo, para un bloque de regadío de Villagarcía situado a 1.200 metros de la sede de la explotación (2.400 metros en el recorrido de ida y vuelta), se obtendrían los resultados siguientes:

- Recorridos por itinerarios “ligeros”:
11,8 itinerarios “ligeros” completos/año * (1.200 * 2 ida+vuelta) m/itinerario completo = 28.320 m/año
- Recorridos por itinerarios “pesados”:
1,1 itinerarios “pesados” completos/año * (1.200 * 2 ida+vuelta) m/itinerario completo = 2.640 m/año
- Consumos anuales derivados de estos recorridos:
[(28.320 m/1.000 m/km) * 0,424 l/km] + [(2.640 m/1.000 m/km) * 0,668 l/km] = 13,772 litros de gasóleo

Estas iteraciones habría que realizarlas para todos los bloques de cada término y para las dos situaciones temporales (ante y post CP).

Tabla 3. Cuadro resumen con el número de veces que se realiza cada tipo de itinerario y para término municipal, en función de la distribución de cultivos que tenga (campana agrícola 2009/2010).

	Itinerarios “hasta” los bloques (sin laboreo ni transporte de cosecha)				Número total de recorridos “dentro” de cada bloque (considerando todas las operaciones de cultivo y transporte)	
	“Ligeros”		“Pesados”			
	Secano	Regadío	Secano	Regadío	Secano	Regadío
Boadilla	6,8	11,8 ^a	1,0	1,1 ^a	8,5	12,9 ^a
Villagarcía	6,9	11,8	1,1	1,1	8,7	12,9

[^a La combinación se realiza extrapolando los datos de Villagarcía al no existir datos de los cultivos de regadío para Boadilla]

Como se indicó anteriormente, los itinerarios generados por el transporte de la cosecha y de los subproductos se analizan de forma específica, pues así como una labor cualquiera (con la excepción del laboreo profundo) requiere un único desplazamiento al bloque, la operación de transporte de la cosecha (grano, forraje o raíces) y de los subproductos generados (paja), está condicionada por la capacidad máxima del remolque que disponga la explotación.

A la vista de los equipos existentes en la zona de estudio, se toma para todos los cálculos las características siguientes: un remolque arrastrado, de 8 metros de longitud y 2,1 de anchura, con 10.000 kg de carga máxima. Con esta capacidad se podría transportar de cada vez la cosecha obtenida en 4 hectáreas de cultivos herbáceos de secano (rendimiento medio comarcal de la cebada ≈ 2,5 t/ha), o bien en 2,2 ha de cultivos herbáceos de regadío (rendimiento medio comarcal del trigo blando ≈ 4,5 t/ha).

Debido a la situación de absoluto dominio de los cereales en el secano se dimensiona la capacidad de transporte en secano al dato anterior, luego sería necesario un viaje completo para transportar la cosecha de 4 ha de secano. En el regadío, si bien el cultivo de maíz podría generar una demanda de 1 viaje por cada hectárea, este cultivo apenas ocupa el 10% del regadío, por lo cual se ajusta a 2 ha la superficie necesaria para un viaje completo, al considerarse además que las necesidades de transporte para los cultivos forrajeros (donde el volumen podría ser el factor limitante) son muy similares a los cultivos herbáceos. Para el transporte de la paja, se estima unos requerimientos similares a los determinados para el transporte de las cosechas, luego se necesitaría realizar un viaje completo cada 4 ha de secano y cada 2 ha de regadío.

Por cada bloque, en función de su superficie total y utilización, secano o regadío, se calcularía el número de itinerarios que habría que realizar, medidos desde el centroide del bloque principal a la sede de la explotación, tanto para el transporte de la cosecha como de los subproductos. Teniendo en cuenta que cada uno de estos itinerarios estaría compuesto de un trayecto de tipo “ligero” (desplazamiento del tractor con el remolque vacío hasta la parcela), al que hay que unir otro “pesado” (bien viaje de vuelta desde la parcela con el remolque cargado de grano o paja).

3.2.4- Cálculos asociados al tamaño y regularidad geométrica de las parcelas

Como se expuso anteriormente, la forma de la parcela, o del bloque en nuestro caso, resultará determinante para analizar y comparar el consumo de combustible en las situaciones anterior y posterior a la CP (Huang, 2001; González *et al.*, 2004; Boto *et al.*, 2005; IDAE, 2006; González *et al.*, 2007; Van Dijk, 2007). En el estudio efectuado por el IDAE (2006), se vinculó este factor con la relación longitud/anchura de la parcela, que a su vez se comprobó en los tres tipos de parcelas según su forma y regularidad: parcelas regulares, normales e irregulares. Destacar de esta comparativa que, si bien las parcelas regulares obtienen siempre la mejor eficiencia, dentro de este grupo, las cuadradas están penalizadas por requerir un número mayor de giros que las rectangulares, y en algunos casos que las denominadas normales. En definitiva, se busca determinar el rendimiento horario efectivo del tractor, mediante la suma al rendimiento horario teórico (función de la velocidad de avance y la anchura efectiva de trabajo) del tiempo empleado en los giros (que dependerá del número de giros, el tiempo empleado en cada giro y del tamaño de la parcela).

Dentro del citado estudio efectuado por el IDAE (2006), también se vinculó el tamaño de la parcela con el consumo de combustible, al haberse constatado ligeros descensos de consumo de combustible por cada unidad de superficie, según iban aumentando de tamaño las parcelas. Si bien a partir de superficies superiores a 5 ha, las diferencias de consumo tienden a ser menos significativas, sí que se constataron diferencias notables entre las parcelas de superficies comprendidas entre 1 y 5 ha (Figura 3). Todas estas estimaciones se realizaron para un itinerario completo, que consistió en 6 pasadas al año en cada parcela.

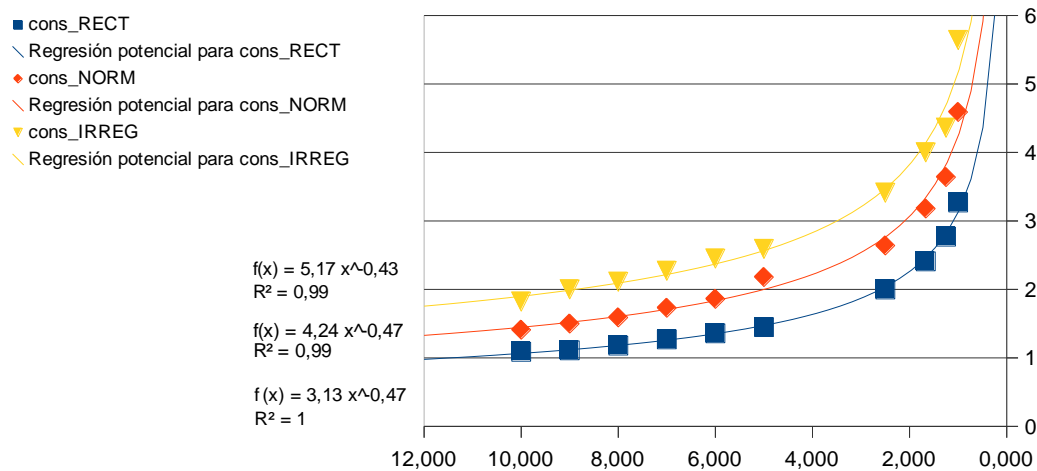


Figura 3. Rectas de regresión obtenidas a partir de las simulaciones realizadas por IDAE (2006) para la comparación del consumo de gasóleo en las explotaciones agrícolas en función de la forma y regularidad de las parcelas, para un itinerario completo de 6 labores o trabajos en cada parcela al año (1 labrar + 1 grada rotativa + 1 sembrar + 2 abonar + 1 tratar).

Estos últimos factores se pueden considerar complementarios de los expuestos en los puntos anteriores que recopilaban los desplazamientos entre la sede de la explotación y los bloques para el normal desarrollo de las labores de cultivo, mientras que en este apartado estaríamos cuantificando y comparando los diferentes consumos de combustible que se deberían al total de recorridos dentro de cada bloque (tanto de parcelas como de fincas), considerando diversas operaciones de cultivo y transporte, hasta un total de seis labores (Figura 4).

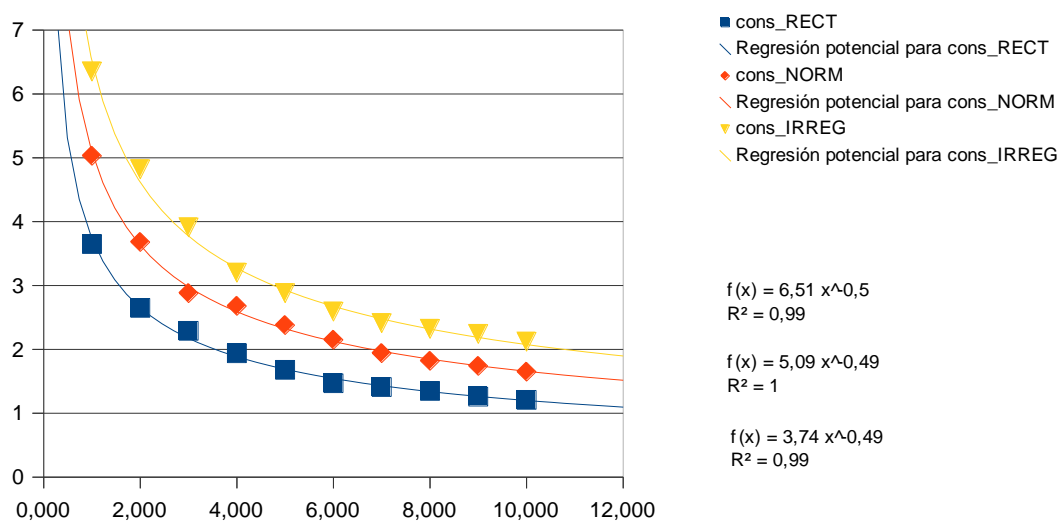


Figura 4. Rectas de regresión obtenidas a partir de la simulaciones realizadas por IDAE (2006) para la comparación del consumo de gasóleo en las explotaciones agrícolas en función del tamaño de las parcelas, para un itinerario completo de 6 labores o trabajos en cada parcela al año (1 labrar + 1 grada rotativa + 1 sembrar + 2 abonar + 1 tratar).

Los resultados obtenidos de los cálculos asociados al tamaño y regularidad geométrica de las parcelas, se adaptarán previamente a los respectivos itinerarios definidos para cada término y posteriormente se interpretarán de forma diferencial, es decir cuantificando la diferencia de consumos entre la situación previa a la CP con la resultante del proceso de concentración, en ambos términos.

4. Resultados y discusión

4.1. Valoración de la reducción de consumo de combustible en función de la distancia y dispersión de las parcelas/fincas

En una primera aproximación comparativa entre la configuración espacial de cada uno de los términos objeto de estudio, en los momentos previo y posterior a la CP, se aprecia el principal efecto inherente a todo proceso de CP: el número de parcelas se ha reducido notablemente. Esta consideración simple, toma mayor importancia cuantitativa y cualitativa si se analiza a nivel de explotaciones, no de propietarios, y, dentro de ellas, con un grado de detalle aún mayor, a nivel de bloques.

En las figuras siguientes (Fig. 5, 6, 7 y 8), se representan las distancias correspondientes a los itinerarios que tienen que realizarse para atender las labores de cada bloque y sus sub-bloques asociados (estos itinerarios se denominan como secundarios y terciarios y se representan con diferente grafismo en las figuras para diferenciarlos de los itinerarios hasta el bloque principal).

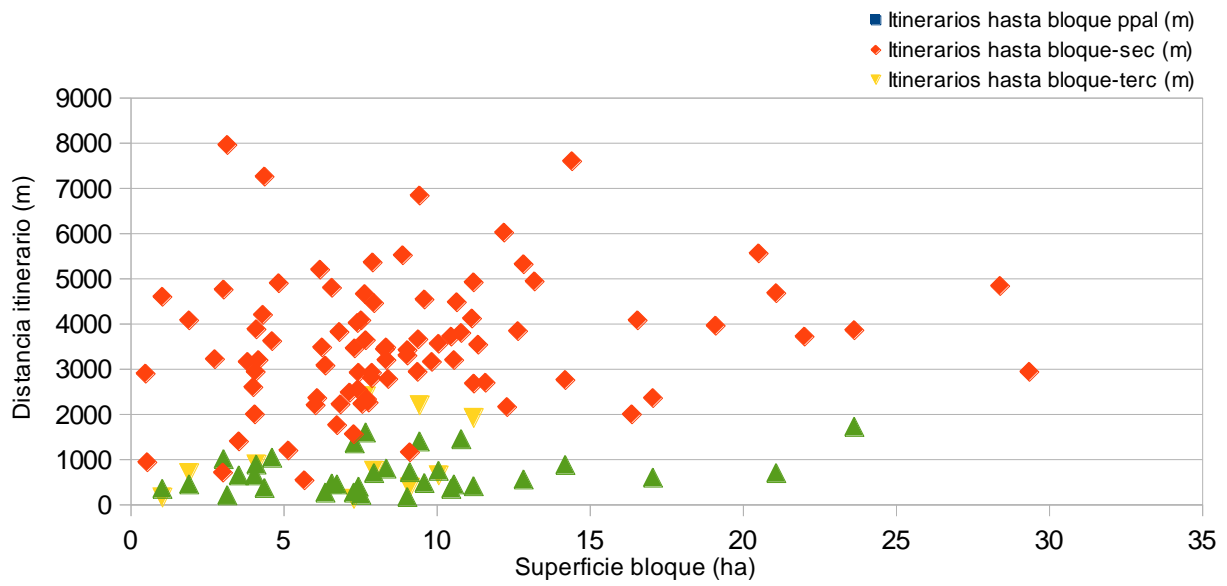


Figura 5. Distribución de las distancias a los bloques (itinerarios principales) y sub-bloques (itinerarios secundarios y terciarios, realizados desde un bloque principal) en Villagarcía antes de la CP

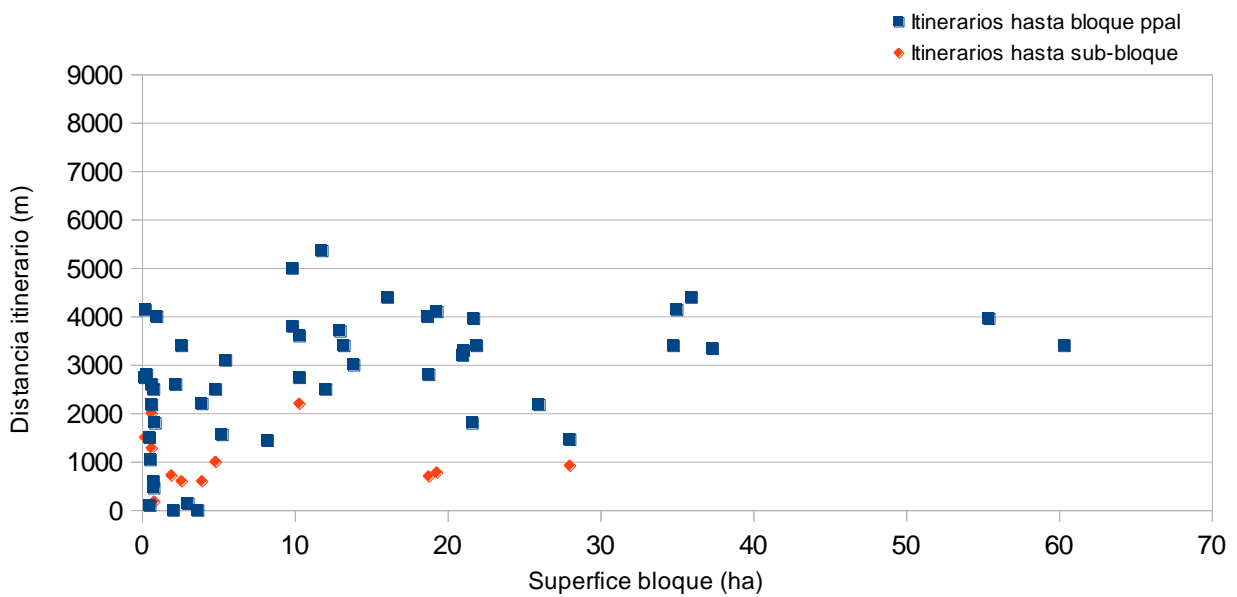


Figura 6. Distribución de las distancias a los bloques (itinerarios principales) y sub-bloques (itinerarios secundarios y terciarios, realizados desde un bloque principal) en Villagarcía después de la CP

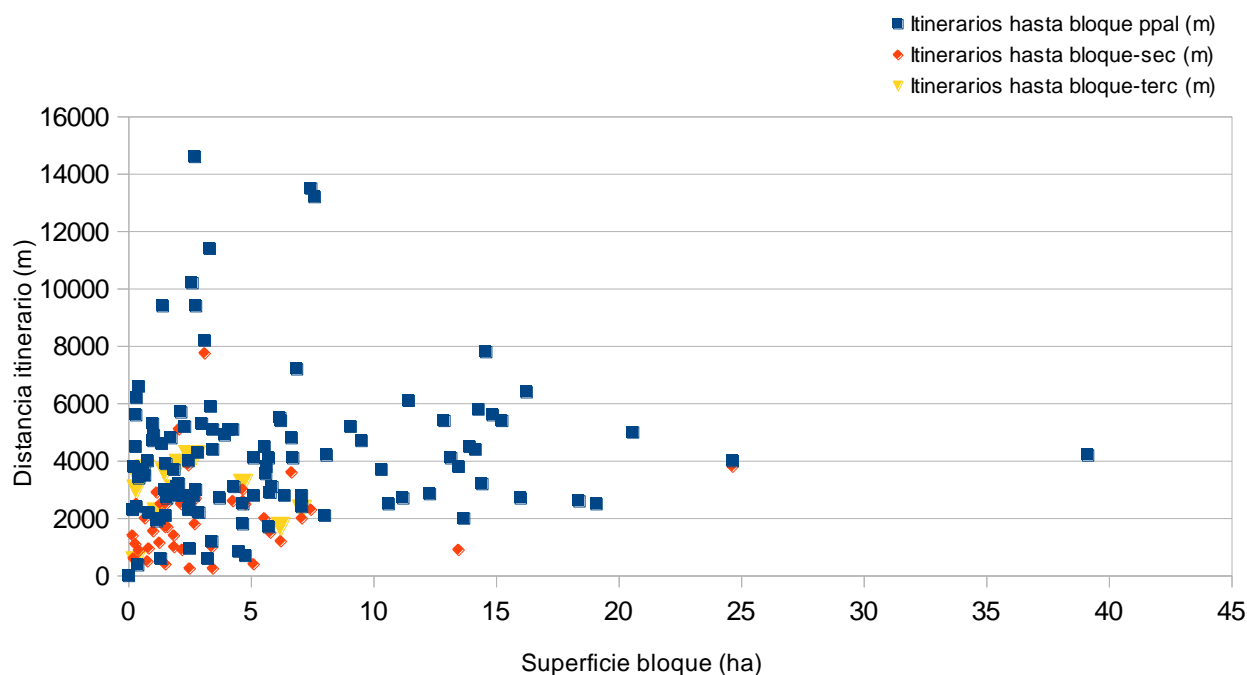


Figura 7. Distribución de las distancias a los bloques (itinerarios principales) y sub-bloques (itinerarios secundarios y terciarios, realizados desde un bloque principal) en Boadilla antes de la CP

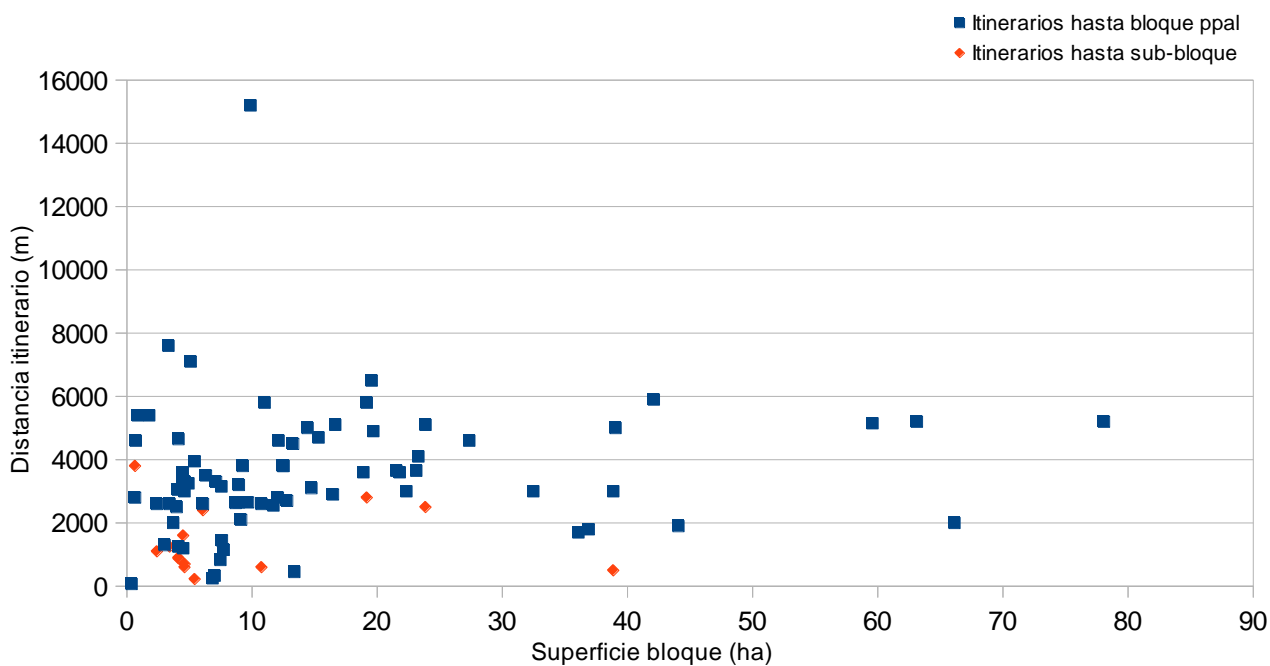


Figura 8. Distribución de las distancias a los bloques (itinerarios principales) y sub-bloques (itinerarios secundarios y terciarios, realizados desde un bloque principal) en Boadilla después de la CP

Comparando en cada término, los gráficos pre y post-CP (fig. 5 y 6 para Villagarcía y 7 y 8 para Boadilla) se constata cómo las nubes de puntos se reducen (por la reducción del número de parcelas y de bloques), pero más importante es constatar como en la situación post-CP se comprimen en el eje de coordenadas, indicando una

disminución de la distancia de los itinerarios, a la vez que la nube se expande a lo largo del eje de abcisas, señalando el incremento del tamaño de los bloques.

Otra consecuencia del incremento de centralización del parcelario, o menor dispersión de cada muestra post-CP respecto a la situación pre-CP, ha sido la notable reducción del número de itinerarios secundarios (entendiéndose como tales los realizados desde un bloque principal para atender a los sub-bloques) y han desaparecido totalmente los terciarios (Tabla 4).

Tabla 4. Variación de la estructura espacial (número de bloques y sub-bloques) y de las distancias medias de los itinerarios, en las situaciones pre y post-CP de Boadilla y Villagarcía

Boadilla								Villagarcía							
Situación pre-CP				Situación post-CP				Situación pre-CP				Situación post-CP			
Nº bloques seco	Nº bloques regadío	Nº sub-bloques seco	Nº sub-bloques regadío	Nº bloques seco	Nº bloques regadío	Nº sub-bloques seco	Nº sub-bloques regadío	Nº bloques seco	Nº bloques regadío	Nº sub-bloques seco	Nº sub-bloques regadío	Nº bloques seco	Nº bloques regadío	Nº sub-bloques seco	Nº sub-bloques regadío
166	-	59	-	143	32	14	-	87	26	30	15	79	29	5	7
D = 2801,02 m d.s. (± 2528,26 m)		D = 2368,02 m Q ₂₅ = 1175 m Q ₇₅ = 3100 m		D = 1520,91 m d.s. (± 2103,25 m)		D = 1417,86 m Q ₂₅ = 625 m Q ₇₅ = 2200 m		D = 2924,51 m d.s. (± 1418,61 m)		D = 1573,26 m Q ₂₅ = 770 m Q ₇₅ = 1780 m		D = 1238,33 m d.s. (± 1237,91 m)		D = 1040,00 m Q ₂₅ = 675 m Q ₇₅ = 1335 m	

[Siendo: D: distancia media de los itinerarios; d.s.: desviación estándar; Q₂₅ = cuartil 25 de la muestra; Q₇₅ = cuartil 75 de la muestra]

Respecto a los parámetros de distancias recorridas, en la situación post-CP todos mejoran, tanto en valor absoluto (distancia media que hay que recorrer para atender los bloques y sub-bloques), como por la menor dispersión estadística que presentan todas las series.

Si bien existen numerosos índices económicos, productivos o geométricos para la evaluación de los procesos de CP (Huylensbroeck *et al.*, 1996; Coelho *et al.*, 2001; Crecente *et al.*, 2002; González *et al.*, 2004; Sklenicka, 2006; González *et al.*, 2007), entendemos que este análisis, centrado en el número y tamaño de los bloques y en las distancias de sus itinerarios, nos permite apreciar con mayor evidencia numérica y espacial, los efectos que la CP estaría produciendo. No obstante, se aportan a continuación dos ratios simples que aportan una información complementaria a lo expuesto anteriormente:

I_R (índice de reducción) = nº total de parcelas / nº total de fincas

$I_{R-BOADILLA} = 2,48$

$I_{R-VILLAGARCÍA} = 2,63$

C_c (coeficiente de concentración) = [(nº de parcelas – nº de fincas) / (nº de parcelas – nº de propietarios)]

$C_{c-BOADILLA} = 0,76$

$C_{c-VILLAGARCÍA} = 0,74$

Para determinar los consumos de consumo de gasóleo en los itinerarios se han adaptado los trabajos de Weidema & Meeusen (2000) y Boto *et al.* (2005), tomando como hipótesis de cálculo: un tractor de 80-95 kW de potencia y 5.200 kg de peso en vacío, un remolque arrastrado de 10.000 kg de carga máxima y una velocidad media de 25 km/h. Para todos los bloques de cada término y las dos situaciones temporales (ante y post CP), se han determinado:

- Itinerarios realizados hasta la parcela (bloque) para la realización del laboreo profundo (que se determinan como se ha indicado en el epígrafe 3.3.2; igual para todos los cultivos). Estos itinerarios serán de tipo “ligero” y por tanto tendrán un consumo medio de 0,424 l/km.
- Itinerarios realizados hasta la parcela (bloque) para la realización de las diferentes operaciones de cultivo (estos itinerarios se analizan por separado para cada grupo de cultivos de similares requerimientos de labores, tratamientos, enmiendas, etc.). Estos itinerarios, en general serán de tipo “ligero”, con un consumo medio de 0,424 l/km, o bien, de tipo “pesado” con nivel de carga igual o inferior al 40% del total admisible (< 4.000 kg, además del propio peso del tractor; p.e. transporte de los fertilizantes), con un consumo medio de 0,532 l/km.
- Itinerarios realizados hasta la parcela (bloque) con motivo del transporte de la cosecha y de los subproductos (similar para todos los cultivos). Dentro de los cuales se diferencia el viaje de ida desde la explotación a la parcela, en vacío, de tipo “ligero” y 0,424 l/km, de los viajes de vuelta, con el remolque a plena carga, que se identifican como “pesados” con un consumo de 0,668 l/km.

En el término de Boadilla (tabla 5), para la muestra de explotaciones analizada (n= 38) y en la situación previa a la CP, el total de kilómetros de recorridos en un año ascendieron a 15928,79, frente a los 11826,59 km en la situación posterior a la CP, donde cada explotación recorrería como media 108 km menos al año. Para realizar todas las labores de cultivo de cada hectárea antes de la CP, de media en cada explotación, era necesario recorrer 13,52 km, que se redujeron 8,98 km en la situación resultante de la concentración (reducción del 66,42% respecto a pre-CP).

Tabla 4. Comparación de los recorridos ligeros y pesados efectuados en el término de Boadilla, antes y después de haberse ejecutado la CP, así como sus consumos equivalentes por hectárea de cultivo y año y para el conjunto del término.

	BOADILLA			
	Pre-CP		Post-CP	
	Operación "ligera"	Operación "pesada"	Operación "ligera"	Operación "pesada"
Total itinerarios por laboreo vertical -chisel- (km)	1540,59		1340,02	
Total itinerarios por operaciones de cultivo -sin chisel ni transp.cosecha- (km)	8287,52	1321,20	4092,24	557,95
Total itinerarios por transporte de cosecha y subproductos (km)	2389,74	2389,74	2918,19	2918,19
DISTANCIA TOTAL ITINERARIOS (km)	12217,85	3710,94	8350,45	3476,14
RECORRIDO/ha (km/ha y año)	10,37	3,15	6,34	2,64
CONSUMO ANUAL DESGLOSADO (l/ha y año)	4,396	1,951	2,688	1,705
CONSUMO ANUAL (l/ha y año)	6,347		4,393	
CONSUMO TOTAL BOADILLA DESGLOSADO (l/año)	20598,568	9142,406	12596,676	7990,610
CONSUMO TOTAL BOADILLA [4.686 ha] (l/año)	29740,974		20587,286	

Obviamente, esta variación en los recorridos totales se traslada de forma similar a los consumos, con los matices que introduce la diferente composición de recorridos ligeros/pesados en cada momento, pre y post-CP. En la situación sin CP, el dato de consumo de gasóleo obtenido de media en las 1178,49 ha analizadas (en fase pre-CP, que pasaron a ser 1317,11 ha post-CP), fue de 6,347 l/ha y año (con una distribución entre operaciones ligeras y pesadas: 2/3, 1/3), que pasó tras la CP a 4,393 l/ha y año (distribución operaciones ligeras y pesadas: 3/5, 2/5; este incremento de los recorridos "pesados" es asumible al cambio de sistema de explotación, regadío, desarrollado en Boadilla). Se ha producido un descenso neto de consumo de combustible equivalente a 1,954 l/ha y año, es decir 9153,688 litros de gasóleo en todo el término de Boadilla cada año.

No obstante, para analizar correctamente la situación en Boadilla, tanto de los recorridos, como los consumos equivalentes, debe tenerse en cuenta que como consecuencia del proceso de concentración se han transformado en regadío 590 ha. Como se expuso en la metodología de este trabajo, los cultivos de regadío generaban un mayor número de rutas que los de secano: según la extrapolación realizada, las ligeras pasaban de 6,8 itinerarios en secano a 11,8 en regadío, mientras las pesadas aumentaban de 1 a 1,1. Por este motivo, la reducción de las distancias recorridas en este término, está en parte enmascarada y habría que recurrir a un análisis más amplio; se podrían comparar los gastos energéticos que se producen en ambos sistemas (antes y después de la transformación en regadío), expresados en MJ/ha, para finalmente valorar las diferentes cosechas obtenidas en términos de energía (MJ/ha).

En el término de Villagarcía (tablas 6 y 7), se ha podido realizar un análisis doble, al poderse comparar en ambos momentos (pre y post-CP) tanto la influencia de la importancia relativa de los itinerarios ligeros y pesados, como por los diferentes sistemas de explotación, secano y regadío.

Para la muestra de explotaciones analizada (n= 23) y en la situación previa a la CP, el total de kilómetros de recorridos en un año ascendieron a 11677,25, frente a los 6544,51 km en la situación posterior a la CP, donde cada explotación recorrería como media 223 km menos al año. Esta importante reducción de los itinerarios recorridos, se constata en el análisis de la variación del consumo de gasóleo obtenido de media en las 839,15 ha analizadas (en fase pre-CP, que pasaron a ser 831,64 ha post-CP), que para un año pasó de 6,486 l/ha-pre CP (con una distribución entre operaciones ligeras y pesadas: 2/3, 1/3), que pasó tras la CP a 3,805 l/ha y año (con una distribución entre operaciones ligeras y pesadas similar al momento pre-CP). Se ha producido un descenso neto de consumo de combustible equivalente a 2,681 l/ha y año, que extrapolándolo a todo el término de Villagarcía, supondría una reducción del consumo de 7278,915 litros de gasóleo cada año.

Tabla 5. Comparación de los recorridos ligeros y pesados efectuados en el término de Villagarcía, antes y después de haberse ejecutado la CP, así como sus consumos equivalentes por hectárea de cultivo y año y para el conjunto del término.

	VILLAGARCÍA			
	Pre-CP		Post-CP	
	Operación "ligera"	Operación "pesada"	Operación "ligera"	Operación "pesada"
Total itinerarios por laboreo vertical -chisel- (km)	957,72		653,68	
Total itinerarios por operaciones de cultivo -sin chisel ni transp.cosecha- (km)	6585,90	888,01	2664,15	321,68
Total itinerarios por transporte de cosecha y subproductos (km)	1622,81	1622,81	1452,50	1452,50
DISTANCIA TOTAL ITINERARIOS (km)	9166,43	2510,82	4770,33	1774,18
RECORRIDO/ha (km/ha y año)	10,92	2,99	5,74	2,13
CONSUMO ANUAL DESGLOSADO (l/ha y año)	4,632	1,855	2,432	1,373
CONSUMO ANUAL (l/ha y año)	6,486		3,805	
CONSUMO TOTAL VILLAGARCÍA DESGLOSADO (l/año)	12574,662	5035,431	6603,113	3726,511
CONSUMO TOTAL VILLAGARCÍA [2.715 ha] (l/año)	17610,093		10329,624	

En Villagarcía se ha podido realizar un análisis más detallado de la variación de los diferentes tipos de itinerarios y consumos en las zonas de secano y regadío (tabla 6).

Tabla 6. Comparación de los recorridos ligeros y pesados efectuados en cada uno de los perímetros de secano y regadío del término de Villagarcía, antes y después de haberse ejecutado la CP, así como sus consumos equivalentes por hectárea de cultivo y año.

	VILLAGARCÍA							
	Pre-CP				Post-CP			
	SECANO		REGADÍO		SECANO		REGADÍO	
	Operación "ligera"	Operación "pesada"	Operación "ligera"	Operación "pesada"	Operación "ligera"	Operación "pesada"	Operación "ligera"	Operación "pesada"
Total itinerarios por laboreo vertical -chisel- (km)	750,73		206,71		504,58		149,12	
Total itinerarios por operaciones de cultivo -sin chisel ni transp.cosecha- (km)	4140,00	660,00	2445,90	228,01	1654,59	227,57	1009,56	94,11
Total itinerarios por transporte de cosecha y subproductos (km)	1272,49	1272,49	350,38	350,38	1121,50	1121,50	331,44	331,44
DISTANCIA TOTAL ITINERARIOS (km)	6163,22	1932,49	3002,99	578,39	3280,67	1349,07	1490,12	425,55
RECORRIDO/ha (km/ha y año)	9,37	2,94	16,57	3,19	5,13	2,11	7,77	2,22
CONSUMO ANUAL PONDERADO DESGLOSADO (l/ha y año)	3,972	1,825	7,027	1,961	2,174	1,360	3,295	1,416
CONSUMO ANUAL S/R (l/ha y año)	5,797		8,989		3,534		4,711	

Así, el proceso de CP conllevó una reducción anual de 2,263 l/ha de secano (equivalentes a 4673, 095 litros de combustible para el conjunto del secano del término de Villagarcía), mientras que en el regadío supuso una caída de 4,278 l/ha (que equivaldrían a 2780,70 litros de combustible para el conjunto del regadío del término de Villagarcía). En definitiva, los efectos de la CP en la reducción de consumo de gasóleo, y por tanto en la emisión de GEI, se muestran con mayor énfasis en el regadío: en la fracción del 23,94% de superficie se alcanza el 37,31% de la reducción de combustible.

Destacar igualmente, que la fracción mayor del ahorro de combustible, y de emisión de GEI, se produce en las operaciones "ligeras", que en la situación generada por la CP prácticamente se veían reducidas a la mitad respecto al momento previo a la CP (54,73% en los recorridos "ligeros" de secano y 46,89% en los de regadío). Respecto a las operaciones "pesadas" la reducción se situó en torno a un cuarto de la situación pre-CP (74,52% en los recorridos "pesados" de secano y 72,22% en regadío).

Si se emplea como equivalencia de emisión de GEI: 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO₂ (AEMA, 2007) y con las hipótesis desarrolladas en este estudio sobre los efectos de la CP en la dispersión y tamaño

medio de las parcelas, obtendríamos una reducción anual de GEI equivalente a 24,44 t de CO₂ para el término municipal de Boadilla y 19,43 t de CO₂ para el término municipal de Villagarcía.

Se podría realizar una primera evaluación del impacto de la CP para el conjunto de la comunidad de Castilla y León, y en especial en las áreas consideradas como estepas cerealistas, considerando que en el período 1986/2009 se viene actuando en una media de 44.300 ha/año (un 64% de las cuales equivaldrían a espacios pseudo-esteparios), y dentro del total de actuaciones anuales, aproximadamente un 27,60% se desarrolla sobre superficies de regadío, nuevos o existentes (Servicio de Ordenación de Explotaciones, 2009). Luego, extrapolando los datos obtenidos anteriormente, obtendríamos una reducción anual de GEI equivalente a 337,71 t de CO₂ en Castilla y León.

4.2. Valoración de la reducción de consumo de combustible en función de la forma y tamaño de las parcelas/fincas

En este epígrafe se pretende valorar cómo influyen la forma (regularidad) y el tamaño de las parcelas (bloques) en el consumo de gasóleo de las explotaciones agrícolas. Como en los cálculos anteriores, se parte de sendas muestras (38 explotaciones de Boadilla y 23 de Villagarcía), sobre las cuales se cuantifican y comparan los diferentes consumos de combustible que se deberían al total de recorridos realizados dentro de cada bloque (tanto de parcelas como de fincas), considerando todas las operaciones de cultivo y transporte de la cosecha y subproductos. Para estas estimaciones se adapta el estudio efectuado por el IDAE (2006) con las premisas definidas en los apartados de metodología 3.2.2 y 3.2.4.

Los resultados obtenidos de los cálculos asociados al tamaño y regularidad geométrica de las parcelas, se adaptarán previamente a los respectivos itinerarios definidos para cada término y posteriormente se interpretarán de forma diferencial, es decir cuantificando la diferencia de consumos entre la situación previa a la CP con la resultante del proceso de concentración, en ambos términos.

Para la adaptación se admite una ponderación directa entre el número de itinerarios que sirvieron de base para el estudio del IDAE, seis anuales, y los determinados en cada zona de estudio (véase tabla 3), considerando el total de recorridos necesarios para realizar todas las operaciones de cultivo y transporte, “dentro” de cada bloque, en función de la distribución de cultivos que tenga cada municipio en la campaña agrícola 2009/2010.

No obstante, en Boadilla debe tenerse en cuenta para efectuar un análisis correcto, tanto los recorridos como los consumos equivalentes, que como consecuencia del proceso de concentración se han transformado en regadío 590 ha. Así, al igual que los cultivos de regadío generaban un mayor número de rutas (según la extrapolación realizada, los recorridos dentro de cada bloque o parcela pasaban de 8,5 en seco a 12,9 en regadío), la nueva distribución de sistemas de explotación generada por la CP lleva implícita un incremento del consumo de gasóleo y de emisiones. Por este motivo, como se expuso en el apartado precedente, habría que recurrir a un análisis en el que se comparasen los gastos energéticos que se producen en ambos sistemas (antes y después de la transformación en regadío), expresados en MJ/ha, para finalmente valorar las diferentes cosechas obtenidas en términos de energía (MJ/ha).

En la tabla 7 se recogen los consumos asociados a los recorridos realizados dentro de cada bloque en función de su forma. Si bien, para Boadilla deben tenerse en cuenta las consideraciones anteriormente expuestas, la variación de los consumos asociados a la forma de las parcelas (bloques) es pequeña (especialmente en Villagarcía, donde se reduce 0,008 l/ha y año); no obstante, en el seco de Boadilla se aprecia una reducción de 0,806 litros de combustible por hectárea y año. En el regadío de Villagarcía la reducción de consumo asciende a 0,288 l/ha y año. Extrapolando estas cifras para el conjunto de cada término, se obtendría una reducción en el consumo de gasóleo equivalente a 3314,32 l/año, que en términos de emisiones (tomando la equivalencia: 1 litro de gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO₂, AEMA, 2007) obtendríamos una reducción anual de GEI equivalente a 7,91 t de CO₂ para el término municipal de Boadilla y 0,939 t de CO₂ para el término municipal de Villagarcía.

Tomando el dato medio de estas reducciones de consumos asociadas a los cambios de forma generados por la CP, se podía estimar (sobre una media de 44.300 ha concentradas/año, un 27,60% en regadío), una reducción anual de GEI equivalente a 44,26 t de CO₂ en Castilla y León.

Tabla 7. Comparación de los consumos asociados a los recorridos realizados dentro de cada bloque en función de su forma, para cada una de las muestras estudiadas y antes y después de haberse ejecutado la CP, así como sus consumos equivalentes por hectárea de cultivo y año (extrapolación para el total de cada término municipal).

	BOADILLA				VILLAGARCÍA			
	Pre-CP		Post-CP		Pre-CP		Post-CP	
	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO
Consumo por recorridos "dentro" de la parcela (l) [f(long/anch)]	3954,162	0,000	2708,406	1000,899	2176,927	987,992	2066,145	990,283
CONSUMO ANUAL (l/ha y año)	3,355	0,000	2,549	3,934	3,309	5,453	3,229	5,165
CONSUMO TOTAL DESGLOSADO (l/año)	15722,834	0,000	10439,297	2320,995	6832,261	3544,318	6667,380	3357,418
CONSUMO TOTAL (l/año)	15722,834		12760,291		10376,579		10024,798	

Los aparentemente bajos resultados obtenidos para este parámetro (forma de la parcela), creemos que son debidos a varias circunstancias. Por una parte, en ambas muestras analizadas, la proporción de parcelas con formas geométricas buenas o aceptables, que el estudio se identifican respectivamente con las parcelas "rectangulares" y "normales", suponían las dos terceras partes del total (un 70% en Villagarcía y un 71% en Boadilla). Igualmente, si se analiza con mayor detalle el parámetro que relaciona la longitud con la anchura de cada parcela, se observa que antes de realizarse la CP, las parcelas ya poseían unos valores para este índice bastante buenos; así la relación longitud/anchura de las parcelas de Boadilla antes de la CP era de media 2,63 (d.s. \pm 2,99) y para Villagarcía: 3.32 (d.s. \pm 2,99).

En la tabla 8 se recogen los consumos asociados a los recorridos realizados dentro de cada bloque en función de su tamaño. Esta determinación se basa en calcular los consumos asociados a todos los recorridos realizados anualmente dentro de cada bloque y relacionarlos con su tamaño, mediante las regresiones adaptadas del estudio del IDAE (2005), para cada una de las muestras estudiadas y antes y después de haberse ejecutado la CP, si bien, nuevamente, los datos de Boadilla deben analizarse con cautela al estar distorsionados por la transformación en regadío.

Como cabía esperar, por ser objetivo primordial del proceso de CP, se ha producido un notable aumento de tamaño (recuérdense los índices de reducción obtenidos: $I_{R-BOADILLA} = 2,48$, $I_{R-VILLAGARCÍA} = 2,63$; así como las figuras 5 a 8, donde se relacionaba la variación del tamaño de los bloques y su dispersión espacial), que ha generado una reducción del consumo en secano: se pasa de 1,579 l/ha y año a 0,301 l/ha y año en Boadilla, y de 2,076 a 0,262 l/ha y año en Villagarcía. Asimismo, en el regadío de Villagarcía el consumo se reduce absoluto por hectárea de forma notable: 6,1 a 2,275 l/ha y año, si bien la reducción en términos relativos no alcanza los niveles observados en el secano, seguramente como consecuencia de la menor agrupación de bloques resultante en el perímetro de regadío.

Tabla 8. Comparación de los consumos asociados a los recorridos realizados dentro de cada bloque en función de su tamaño, para cada una de las muestras estudiadas y antes y después de haberse ejecutado la CP, así como sus consumos equivalentes por hectárea de cultivo y año (extrapolación para el total de cada término municipal).

	BOADILLA				VILLAGARCÍA			
	Pre-CP		Post-CP		Pre-CP		Post-CP	
	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO	SECANO	REGADÍO
Consumo por recorridos "dentro" de la parcela (l) [f(tamaño)]	1861,089	0,000	319,469	36,647	1365,938	1105,323	167,755	436,245
CONSUMO ANUAL (l/ha y año)	1,579	0,000	0,301	0,144	2,076	6,100	0,262	2,275
CONSUMO TOTAL DESGLOSADO (l/año)	7400,200	0,000	1231,364	84,982	4286,980	3965,229	541,339	1479,028
CONSUMO TOTAL (l/año)	7400,200		1316,346		8252,209		2020,367	

Extrapolando estas cifras para el conjunto de cada término, se obtendría una reducción en el consumo de gasóleo equivalente a 12315,695 l/año, que en términos de emisiones (tomando la equivalencia: 1 litro de

gasóleo agrícola = 2,67 kg de CO₂, AEMA, 2007) obtendríamos una reducción anual de GEI equivalente a 16,244 t de CO₂ para el término municipal de Boadilla y 16,639 t de CO₂ para el término municipal de Villagarcía. Tomando el dato medio de estas reducciones de consumos asociadas a los cambios de forma generados por la CP, se podía estimar (sobre una media de 44.300 ha concentradas/año, un 27,60% en regadío), una reducción anual de GEI equivalente a 257,26 t de CO₂ en Castilla y León.

5. Conclusiones

El presente trabajo se centra en el análisis de la energía consumida en los desplazamientos realizados en cada una de las operaciones de cultivo y de transporte de la cosecha, así como en los giros que se producen dentro de la parcela, a la vez que se analizan los efectos que las actuaciones de CP generan en el tamaño, forma y grado de dispersión del parcelario afectado.

Para realizar estos cálculos, se han elegido dos zonas recientemente sometidas a un proceso de concentración: Boadilla de Rioseco (Palencia) y Villagarcía de Campos (Valladolid). Ambas están situadas en la comarca natural de Tierra de Campos y son representativas de la pseudoestepa cerealista de Castilla y León. La superficie total afectada ha sido igual a 4686 ha en Boadilla y 2715 ha en Villagarcía.

En las diversas determinaciones efectuadas en ambas zonas, se ha verificado una reducción de consumos de combustible como consecuencia de la mayor regularidad de las fincas resultantes, su mayor tamaño y menor dispersión espacial. En resumen, se ha estimado que en las dos zonas de estudio, la CP podría contribuir a la reducción de emisiones de GEI en 85,60 t de CO₂ anualmente, 48,59 t de CO₂ / año en Boadilla y 37,01 t de CO₂/año en Villagarcía. Con base en estas determinaciones, se ha extrapolado para el conjunto de la comunidad de Castilla y León una reducción de GEI en torno a las 640 t de CO₂ / año.

A la vista de los resultados obtenidos puede considerarse a la CP como un proceso eficaz en la estrategia de reducción de GEI, en sintonía con los compromisos actuales del protocolo de Kioto. Igualmente, se considera necesario continuar investigando la estructura e importancia que los desplazamientos tienen en el conjunto de consumos del sector agrario y su posible vinculación con las políticas de reducción de emisiones.

Agradecimientos

El autor quiere mostrar su agradecimiento al Profesor Hernández Navarro, por sus comentarios y sugerencias, así como a sus compañeros del Área de Estructuras Agrarias de Valladolid, en especial a Isabel García González, técnico del área, con quien he elaborado el proyecto de CP de Villagarcía de Campos y a Julio César Mancebo Gordo, jefe de área, por su apoyo y enseñanza de un oficio.

Referencias

- AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente), 2007. *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.
- 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 Fecha de última consulta: 10-junio-2011).
- 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 Fecha de última consulta: 10-junio-2011).
- 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, L.I., Smith, P., 2011. A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling & Software* **26**, Issue 9, 1070-1078.
- 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), 2006. *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^{os} 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. n^o 241, de 14 de diciembre de 1990.
- Madroño, A., González, C. y Atienza, J.C. (eds.). 2004. *Libro rojo de las aves de España*. Madrid. Dirección General para la biodiversidad, MMA-SEO.
- Martí, R. y del Moral, J.C. (eds.). 2003. *Atlas de las aves reproductoras de España*. Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Sociedad Española de Ornitología.
- 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.
- Palomo, L.J. y Gisbert, J. 2002. *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECEMU.
- 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-2011).
- 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.

- 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.
- SEO (Sociedad Española de Ornitología) / BirdLife, 2010. *Estado de conservación de las aves en España en 2010*. Madrid. SEO/BirdLife.
- 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.
- 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.