

INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN AGRARIOS SOBRE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A NIVEL MUNDIAL

INFLUENCE OF AGRICULTURAL FACTORS OF PRODUCTION ON THE EMISSION OF GREENHOUSE GASES WORLDWIDE

José Ruiz Chico^{††††}

DPTO. ECONOMÍA GENERAL. UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (ESPAÑA)

Antonio Rafael Peña Sánchez^{‡‡‡‡}

DPTO. ECONOMÍA GENERAL. UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (ESPAÑA)

Mercedes Jiménez García^{§§§§§}

DPTO. ECONOMÍA GENERAL. UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (ESPAÑA)

- **Resumen:** En el mundo actual, el medio ambiente es una preocupación importante, con vistas a la sostenibilidad de nuestro planeta. Un aspecto muy relevante es el control de la emisión de gases de efecto invernadero, que serán estudiadas en este trabajo, analizando sus inputs y sus outputs desde un punto de vista económico. Para ello, utilizando datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como fuente principal, se han realizado diversos análisis como el análisis econométrico o cluster, en una muestra de 48 países de todo el mundo. Como conclusión, se puede comprobar la relación entre la evolución de la importancia de la agricultura y la emisión de estos gases. Del mismo modo, se aprecia un mayor compromiso de los países desarrollados.
- **Palabras clave:** Agricultura, desarrollo, gases de efecto invernadero, sostenibilidad.

†††† Correo electrónico: jose.ruizchico@uca.es

‡‡‡‡ Correo electrónico: rafael.pena@uca.es

§§§§§ Correo electrónico: mercedes.jimenezgarcia@uca.es

- **Abstract:** In today's world, the environment is an important concern, with a view to the sustainability of our planet. A very relevant aspect is the control of greenhouse gases emissions, which will be studied in the agricultural sector, analysing its inputs and outputs from an economic perspective. With such aims in mind, using data from Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) as main source, several analyses have been performed such as econometrics or cluster analysis, with a sample of 48 countries worldwide. In conclusion, the relationship between the evolution of the importance of agriculture and these gases emissions can be verified. Similarly, a greater commitment of developed countries is appreciated.
- **Keywords:** Agriculture, development, greenhouse gases, sustainability.
- **Clasificación JEL:** Q00, Q18, Q50.
- Recepción: 08/11/2016 Aceptación: 31/01/2017

INTRODUCCIÓN

El sistema climático del planeta está determinado por un conjunto muy complicado de variables, principalmente por las emisiones provenientes del consumo de combustibles de origen fósil, así como de otros gases. Estas emisiones provocan grandes consecuencias para la sostenibilidad de la Tierra (Verdú Baeza (2013)), sobre todo un calentamiento global que trastorna los ciclos naturales de la energía, con impactos ambientales importantes (De Lara (2007), Narbona Ruiz (2006), García Fernández (2011), Galán Madruga (2012), Duarte Cueva (2014)).

La agricultura puede ser el sector económico que depende en mayor medida de las condiciones naturales en general, y más concretamente del clima (Feal Veira (2004), Duarte Cueva (2014)). Europa, por ejemplo, ha disfrutado de unas condiciones climáticas muy positivas para el desarrollo de

este sector. Esto supone que cambios en estas condiciones tendrán importantes consecuencias en el mismo, alterando sus estructuras regionales económicas, sociales y medioambientales, a raíz del incremento de las temperaturas y del cambio en los ciclos de lluvia. El aumento de las sequías y las consecuentes desertificaciones entorpecerán la agricultura en ciertas regiones. Factores como las plagas y las enfermedades aumentarán, reduciendo los rendimientos agrícolas.

Autores como García et al (2006), García Fernández (2011), Galán Madruga (2012) y Linares y Pintos (2013) destacan el consenso general sobre que el calentamiento global existente ha sido provocado por el incremento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, como dióxido de carbono (CO₂), hidrofluorocarbonos (HFCs), metano (CH₄), perfluorocarbonos (PFCs), óxido nitroso (N₂O) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Estas emisiones aumentaron rápidamente con la Revolución Industrial en el siglo XIX y los cambios en la utilización de la tierra. Sin embargo, se da la paradoja de que en la actualidad gran parte de esas actividades productoras de gases son imprescindibles (Hernández Álvarez (1999), Ciscar Martínez (2005)).

Como argumentan Novoa *et al.* (2000) e Iglesias *et al.* (2011a, 2011b), sería simplista afirmar que la agricultura es una víctima más del cambio climático, puesto que también genera gases de efecto invernadero (Metano, CO₂ y óxido nitroso), como consecuencia de los cambios en el uso del suelo y la mera producción agraria. Sin embargo, la agricultura extensiva tiene un efecto positivo en el cambio climático y reduce también estas emisiones al eliminar prácticas tradicionales como la quema de los restos de los cultivos agrarios, técnica que perjudica notablemente la fertilidad de los suelos y agrava la erosión y la desertificación. Del mismo modo, la agricultura ayuda a la protección del clima, pues mantiene las reservas de carbono del suelo,

mejorándolas incluso con la formación intrínseca de humus, requiriendo menos energía (Cerdá Tena (2012)) y produciendo biomasa ecológica para fines energéticos.

Bajo este planteamiento, la agricultura puede favorecer de forma sustancial la remisión de los efectos del cambio climático y las consecuencias provocadas por la contaminación atmosférica a través de un uso más eficaz de la energía y de la producción de energías renovables (Sanz Rubiales y Anibarro Pérez (2014)). En este sentido no se debe obviar que este sector genera también energía como biocombustibles y biomasa (Cerdá Tena (2012)). También se puede incidir de manera muy positiva en el cambio climático con la implantación de nuevas técnicas más modernas que reduzcan las emisiones de gases a la atmósfera y contribuyan entonces a su sostenibilidad (García Fernández (2011), López (2013)).

La ventaja principal de la agricultura es que la energía solar se convierte directamente en energía. Sin embargo, ésta se reduce cuanto más se utilicen en la producción la energía procedente de combustibles fósiles, o cuantos menos productos vegetales manejen las personas de manera directa, sustituyéndose en definitiva por productos animales. Un buen ejemplo sería la agricultura ecológica, cuyas explotaciones rechazan la utilización de fertilizantes minerales y de productos industriales fitosanitarios solubles en agua, los cuales perjudican el balance de la agricultura tradicional. García et al (2006) explican que la agricultura ecológica permite reducir así de manera notable las emisiones de CO₂ ya que es un sistema sostenible de producción, por la no utilización de fitosanitarios y fertilizantes de síntesis, por el ahorro energético del mantenimiento de la fertilidad del suelo mediante inputs internos (Rotaciones, abonos verdes, labranza de leguminosas, etc.) y la baja externalización de la alimentación del ganado.

El IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) cuantifica las emisiones relacionadas directamente con la agricultura entre el 10 % y el 12 % aproximadamente. Se estima que la contribución agraria a las emisiones de efecto invernadero estaría entre 6500 y 8500 millones de toneladas de CO₂ equivalente (En adelante CO₂ eq.). En el caso de Europa, se daría un porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de la media mundial (Aproximadamente un 9%). Desde 1990 la agricultura redujo las emisiones un 11 % en la UE-15 y un 20 % en la UE-27 (Jiménez Beltrán y Nieto (2010), Cardona y Pérez de Ayala (2007), Linares y Pintos (2013)). No obstante, en esta estimación no se incluyen las emisiones producidas por los cambios de la utilización del suelo ni de la energía consumida en la producción de fertilizantes y productos fitosanitarios o como combustible. En definitiva, se demanda un nuevo escenario para el cambio que garantice la sostenibilidad del planeta (Jiménez Beltrán (2009), Narbona Ruiz (2006), Verdú Baeza (2013)).

Martínez González-Tablas et al (2011) dejan clara en este sentido la toma de conciencia colectiva general sobre los problemas concernientes a la sostenibilidad energética, principalmente en los últimos cuarenta años (Marquardt (2006)). Por eso presentan estos puntos definitorios de las corrientes de filosofía económica en la actualidad sobre estos puntos:

- Existe una aceptación generalizada acerca del problema de la sostenibilidad, manifiesta en cuestiones como los organismos internacionales, en los programas gubernamentales, en la estructura de la administración pública, en los procedimientos de trabajo de las entidades científicas y las instituciones universitarias, en la opinión pública, en el tratamiento mediático, en los movimientos sociales y en los comportamientos personales privados.

- El origen de los problemas medioambientales en la actualidad es sobre todo social, por la explosión demográfica, del modelo vigente de producción y consumo y de la falta de regulación.
- Las previsiones y los escenarios han sido formulados en términos de probabilidades. Esto se da incluso ante condiciones de incertidumbre difícilmente reducibles a probabilidad, ya que es el único instrumento de tratamiento que permite la metodología científica ante estos problemas.
- El mercado se ve incapaz para procesar esta problemática, por las alternativas manejadas y por la naturaleza de los bienes, cuya medición en términos monetarios es complicada. Además, hay muchos dilemas de regulación pública.
- Se ha incrementado el conocimiento científico disponible ante la activación de la comunidad científica que ha supuesto el estudio de los problemas medioambientales que afectan a la sostenibilidad de manera articulada.

Bajo este planteamiento, este artículo pretende analizar la emisión de gases de efecto invernadero por el sector agrario a nivel mundial, desglosado por países, para distinguir diferentes perfiles de comportamiento entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo, vinculando para ello inputs y outputs del proceso productivo. En este contexto, se empieza con una breve descripción de este problema en este primer epígrafe. En el epígrafe que sigue a continuación se plantea la metodología seguida. Los resultados obtenidos aparecen agrupados en tres epígrafes en los que se presentan el análisis estadístico de las variables estudiadas, el análisis econométrico desarrollado y el análisis cluster. El artículo concluye con las correspondientes conclusiones y la bibliografía consultada.

1. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología seguida para la consecución de los objetivos planteados y la caracterización de los países incluidos en la muestra. Desde un punto de vista clásico, los países difieren entre sí según la dotación de los tres factores productivos principales: tierra, trabajo y capital. De esta forma se podrían deducir perfiles diferentes según los outputs obtenidos de ellos, que en general serían la producción agraria conseguida y la emisión de gases de efecto invernadero.

En general, este tema ha sido muy estudiado dada su actualidad por autores como Feal Veira (2004), Ciscar Martínez (2005), Narbona Ruiz (2006), Cardona y Pérez de Ayala (2007), De Lara (2007), Jiménez Beltrán (2009), García Fernández (2011), Cerdá Tena (2012), Galán Madruga (2012), Verdú Baeza (2013), Duarte Cueva (2014) y Sanz Rubiales y Anibarro Pérez (2014). En el campo agrario, destacan los trabajos de Novoa *et al.* (2000), García *et al.* (2006) e Iglesias *et al.* (2011a, 2011b).

La variable principal con la que se ha trabajado son las emisiones de estos gases en la agricultura, abarcando las producidas en los diferentes campos de emisiones agrarias y que han sido generadas por los procesos de producción y descomposición, así como en las actividades de gestión. Están expresados en términos de CO₂ equivalente, incluyendo los obtenidos mediante el estiércol destinado a suelos y a pasturas (N₂O), la gestión del estiércol (CH₄, N₂O), el cultivo del arroz (CH₄), los fertilizantes sintéticos (N₂O), los residuos agrícolas (N₂O), la labranza de los suelos orgánicos (N₂O), el uso de energía (CO₂, CH₄, N₂O), la fermentación entérica (CH₄) y la combustión de residuos agrícolas y de la sabana (CH₄, N₂O).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (En adelante, FAO) ha desarrollado una base de datos de estas emisiones a nivel mundial, que vienen estimadas a nivel de países o regiones. Según los datos de FAOSTAT (Base de datos de la FAO), la información viene recogida bajo las Directrices para los inventarios de los gases de efecto invernadero por países del IPCC del 2006. El período objeto de estudio abarca desde 1961 hasta hoy, contando con las actualizaciones anuales y habiendo realizado previsiones futuras para 2030 y 2050. La FAO define estos indicadores agroambientales como unos índices que permiten describir y valorar el estado y las tendencias del comportamiento ambiental agrario. Son útiles para científicos y responsables de las políticas medioambientales sobre los efectos de diferentes políticas y a la eficiencia en el uso de los presupuestos en estas cuestiones. El conjunto de indicadores agroambientales disponible en FAOSTAT fue elaborado conforme a los marcos de indicadores agroambientales confeccionados por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y EUROSTAT (Oficina Europea de Estadística).

Los datos de emisiones ofrecidos por la FAO son estimados y no suelen coincidir con la información que fue previamente notificada por los países miembros a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estos datos se hacen públicos para favorecer la retroalimentación continua entre los países miembros, de forma que éstos puedan evaluar y comunicar sus emisiones.

En último lugar, con respecto a los outputs, tampoco se debe olvidar la producción obtenida en el periodo, aunque en este estudio quizás ocupe un lugar más secundario. Para medirla se ha utilizado el Valor Bruto de la Producción Agrícola ofrecido por la FAO para todos los países a nivel

mundial. Este indicador viene expresado en dólares americanos en términos constantes para el periodo 2004-2006.

Bajo una perspectiva económica, los demás datos se encontrarían en el contexto de los insumos o factores de producción agrarios, incluyendo aspectos como la mano de obra, la inversión, la tierra, el regadío, la maquinaria, los fertilizantes, los plaguicidas y la población. Las principales variables de este grupo han sido analizadas según las estadísticas de FAO (2014) y serían:

Superficie agrícola: La distribución de tierras, ya sean arables, pasturas u otras tierras, así como el factor “irrigación” son algunos de los datos más interesantes ofrecidos por la FAO, expresados en miles de hectáreas. En comparación con otros factores, este factor es bastante difícil de sintetizar en un único indicador, puesto que su productividad depende de factores como el agua y de las condiciones del terreno.

Población activa de la agricultura o fuerza de trabajo agrícola: La FAO define esta magnitud como aquella parte de la población activa económicamente que trabaja o busca trabajo en la agricultura, la caza, la pesca o la silvicultura. Este organismo recoge series cronológicas desde 1980, con proyecciones hasta 2020. Los datos se refieren a la población económicamente activa de la Organización Mundial del Trabajo.

Reserva de capital neto: Esta estimación viene referida al valor dotado al capital físico disponible en el sector agrario para la producción de otros bienes en un momento determinado. La Dirección de Estadística de la FAO ha elaborado indirectamente estimaciones de la inversión agraria a través de datos físicos como tractores, tierra de regadío o dedicada a cultivos

permanentes, ganado, etc. valorada a precios medios de 1995. Con estos datos la FAO estimó esta magnitud, cuya variación anual reflejaría la inversión agraria. En este trabajo, la variable está medida en precios constantes de 2005.

Consumo de energía: Se mide mediante el consumo de energía y emisión de gases de efecto invernadero, medido en gigagramos de gas y/o CO₂ equivalente.

Plaguicidas: Esta variable incluye los insecticidas, herbicidas, funguicidas y cualquier otra sustancia para la prevención, destrucción, control o rechazo de cualquier plaga, incluyendo las especies no deseadas en los cultivos y que surjan durante el proceso productivo, el almacenamiento, la distribución y la fabricación de productos agrarios, o incluso piensos que pudieran ser dados a los animales para el control de insectos, arácnidos u otros ectoparásitos. Se incluyen también las sustancias utilizadas como desecantes, defoliantes, reguladoras del crecimiento, reductoras la densidad de la fruta o que eviten su caída prematura, y las que se aplican a los productos para protegerlos del deterioro durante el almacenamiento y transporte. Estas variables se recogen como Tm/1000 ha. y desagregados en insecticidas, herbicidas y funguicidas.

Con las variables que se acaban de presentar, se han realizado análisis mono, bi y multivariantes con los datos compilados en este estudio. Entre los análisis monos y bivariantes, se puede destacar la obtención de estadísticas básicas y el planteamiento de regresiones lineales mediante mínimos cuadrados ordinarios. Como análisis multivariantes se deben resaltar principalmente el análisis cluster o conglomerados, complementado con la prueba F de Snedecor de diferencias de significación en las medias y

el análisis discriminante. De forma más detallada se explica cómo funcionan algunas de estas metodologías, siguiendo a Santesmases Mestre (2005):

- El análisis cluster, también conocido en castellano como análisis de grupos, clases o conglomerados, pretende clasificar una serie de elementos individuales en grupos que sean homogéneos de manera interna, pero heterogéneos entre sí, aplicando para ello varias herramientas estadísticas. Todo ello se lleva a cabo según la selección de determinados criterios de segmentación, efectuadas anteriormente como bases de entrada en el análisis. Los grupos se generan agregando unidades individuales (Conocidas como técnicas ascendentes o building up) o fraccionando el total de la muestra en un número creciente de subgrupos (2, 3, 4...) con un tamaño inferior (Que serían técnicas descendentes o building down). Los elementos se clasifican según las variables disponibles, sin destacar a priori ninguna sobre el resto.

Entre las distintas técnicas descendentes, se puede destacar el denominado algoritmo de Howard-Harris, que es el que se ha aplicado en este trabajo, ya que tiene ventajas interesantes como su aplicabilidad a grandes muestras a diferencia de otros algoritmos como el de Johnson o de K-Medias. En este algoritmo concreto se pretende minimizar la varianza intragrupos en cada partición y maximizar la intergrupos. Por ello se utilizará este algoritmo con una agrupación de 3 clusters, por ser el resultado que ofrecía una mayor suma de cuadrados explicada por la división, además de generar una mejor calidad de información para el análisis posterior. No obstante, este análisis cluster muestra algunos obstáculos en su planteamiento como pudieran ser la elección del número de clusters final buscados,

la fijación de la medida de similitud entre los elementos e incluso el gran número de operaciones que hay que realizar, demandando para ello con frecuencia variables métricas.

- Se ha utilizado asimismo el análisis discriminante, un instrumento multivariable que ayuda a explicar la pertenencia de cada individuo a unos grupos determinados. Este análisis puede ser considerado como una variante de análisis de dependencias entre una variable que recoge la pertenencia a una categoría, y una o varias variables explicativas, con el objetivo de pronosticar la probabilidad de pertenencia de cada elemento a cada grupo concreto. Para poder comparar la asignación a los grupos, la cual ha sido estimada mediante funciones discriminantes, se utiliza la llamada “matriz de confusión”. Esta matriz sería una tabla de doble entrada cuyas filas muestran la pertenencia real al grupo, y cuyas columnas recogen la pertenencia estimada por este análisis. Los valores de la diagonal principal ofrecerían los potenciales aciertos de las funciones discriminantes, habiéndolos calculado como el cociente entre la suma de los aciertos de la diagonal principal y el total de casos.
- También se ha realizado el análisis del lambda de Wilks, que mide las diferencias entre grupos mediante la comparación de la dispersión intragrupo con respecto a la dispersión total para el total de la muestra estudiada. El nivel de significación global se calcula con la F de Snedecor y la X^2 de Barlett, una prueba ubicada en el campo del análisis factorial que contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlación es una matriz de identidad (Todos los términos de su diagonal principal son 1 y los demás 0). De esta forma, si se rechaza esta hipótesis, se puede realizar este análisis. Los valores de este

estadístico oscilan entre 0 y 1. Un valor cercano a 0 refleja que la variable estudiada divide los grupos correctamente, siendo la variabilidad intragrupo muy reducida y rechazándose entonces la hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos. En cambio, un valor próximo a 1 manifestaría que la variación dentro de los grupos y la total son muy similares en relación a la variable considerada, no siendo por lo tanto ésta una variable discriminante adecuada. El valor obtenido se habrá producido por las diferencias dentro de los grupos, de modo que éstos estarían poco alejados y se podrían confundir sus centros.

- Por último, se ha llevado a cabo un análisis econométrico a través del método de mínimos cuadrados ordinarios planteando regresiones entre la emisión de gases de efecto invernadero, que sería la variable dependiente, y los diferentes factores productivos utilizados en la agricultura como variables independientes. En las regresiones se ha corregido la heterocedasticidad y la autocorrelación en los casos en los que ha sido necesario.

En todos estos indicadores, los datos se han planteado como una tasa de variación entre los años 2000 y 2010. El análisis de la muestra ha comenzado con todos los datos mundiales desglosados por países, desechando aquellos casos en los que faltaba algún dato en las variables estudiadas. Como consecuencia de esta ausencia de datos, se ha reducido la muestra final a 48 países en Europa, Asia, África y América. Se pasan a exponer a continuación los resultados alcanzados.

2. ANÁLISIS GENERAL DE LAS VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO.

La tabla 1 recoge las estadísticas básicas de las variables analizadas más importantes. En ella se puede comprobar que las emisiones de gases de efecto invernadero han crecido un 2,70% en el período estudiado. Este aumento sería bastante homogéneo a nivel mundial ya que su desviación típica sería la segunda más baja. Es destacable que este aumento sería menos que proporcional que el del valor de la producción agraria (12,30 %).

Con respecto a los factores productivos, los únicos que disminuyen su peso en el período 2000-2010 son la población activa (-17,71 %) y la superficie agraria (-2,98 %), siendo este último caso el que tiene menos dispersión en toda la muestra. Esto se diferencia en signo y en magnitud, con otras variables como el uso de insecticidas, herbicidas y funguicidas, y el consumo de energía, variables todas ellas que presentan importantes crecimientos medios. Sus desviaciones típicas son también las mayores de todas, destacando países en vías de desarrollo (Etiopía, Laos, Bangladesh, Suriname) por tener los mayores aumentos. Se debe destacar el caso de Etiopía, y otros países de perfil parecido, donde el importante desarrollo de la agricultura en esta década presenta las características propias de las economías incipientes.

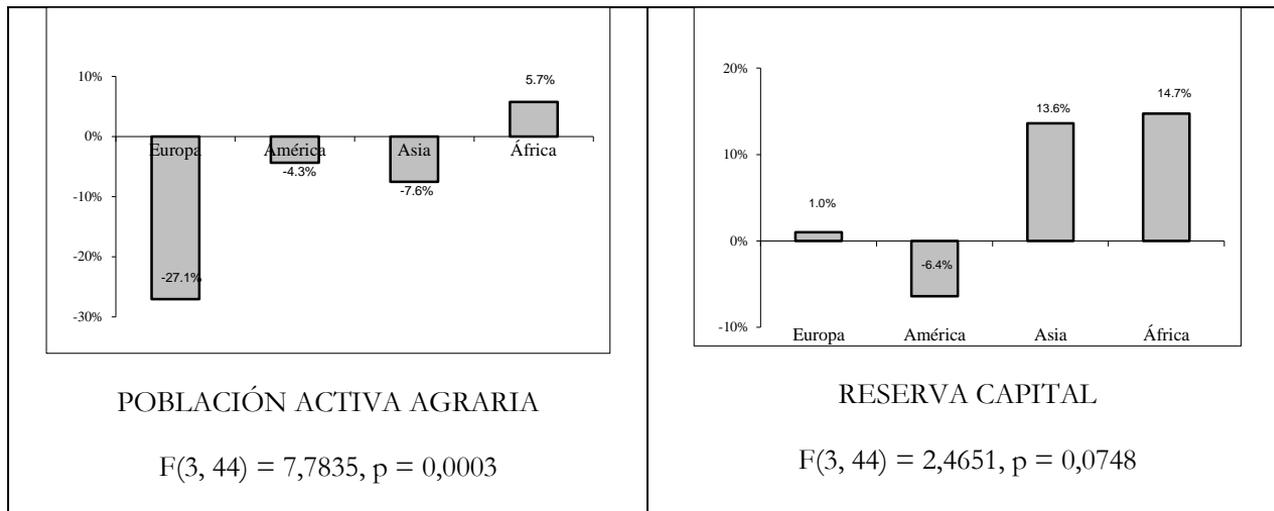
TABLA 1. ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE LAS VARIACIONES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

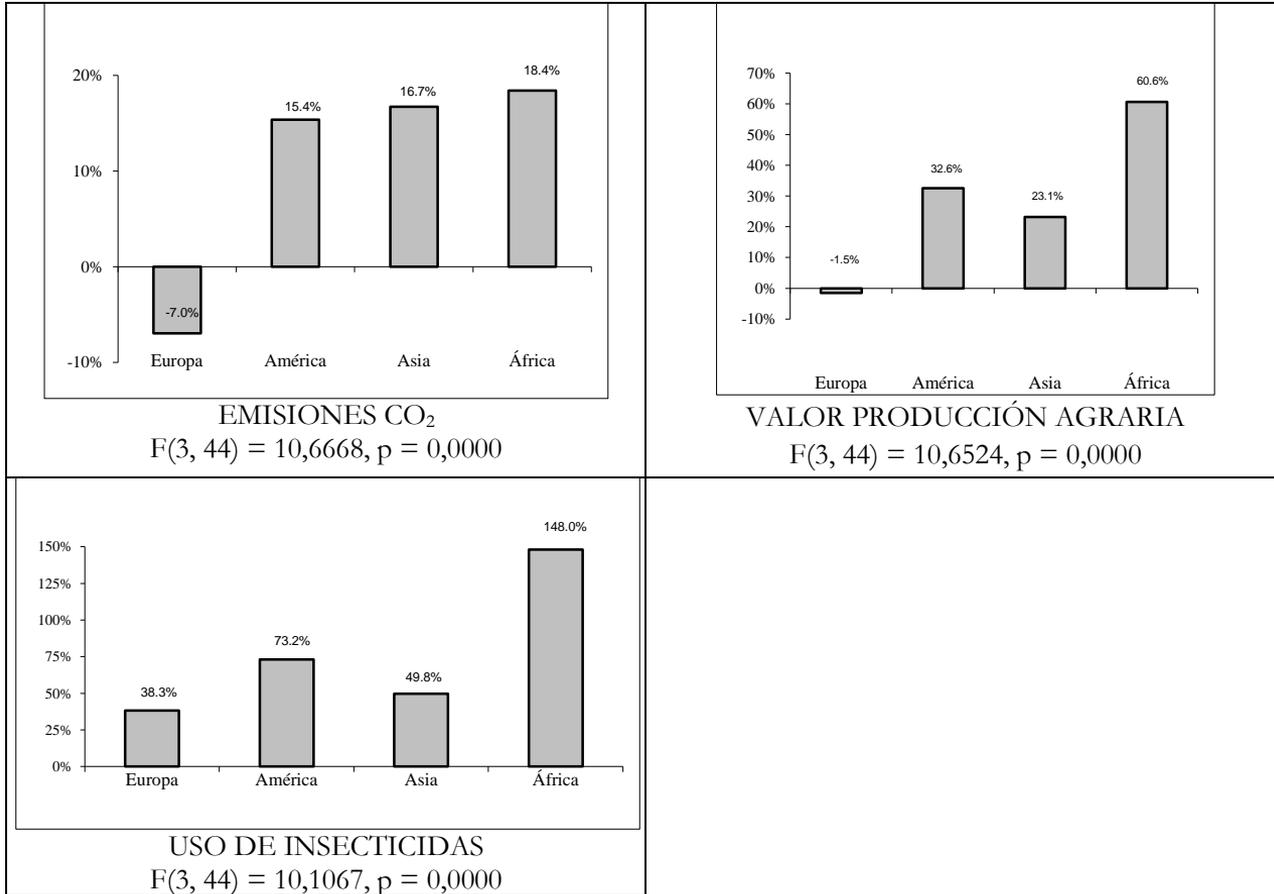
Variables agrarias	Media	Desv.	Mayor Aumento		Mayor Descenso	
Emisiones CO ₂ .	2,70%	0,18	65,79%	Etiopía	-28,97%	Mauricio
Valor bruto prod.	12,30%	0,27	132,81%	Etiopía	-18,95%	Grecia
Población activa.	-17,71%	0,19	37,25%	Etiopía	-63,16%	Eslovenia
Superficie.	-2,98%	0,09	28,58%	RDP Laos	-20,69%	Polonia
Reserva de capital.	2,13%	0,18	53,13%	Jordania	-32,11%	México
Consumo energía.	50,44%	1,55	870,49%	Suriname	-70,00%	Sri Lanka
Uso Insecticidas.	81,18%	2,51	1580,00%	Etiopía	-90,20%	Grecia
Uso Herbicidas.	92,91%	1,78	723,18%	Bangladesh	-70,23%	Kirguistán
Uso Funguicidas.	238,84%	11,05	7687,50%	RDP Laos	-56,25%	Islandia

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 1 recoge los valores medios de estos indicadores agrupando los países según su continente. Se comprueba cómo el único donde las emisiones de gases de efecto invernadero han disminuido en el período 2000-2010 es Europa. En el resto de continentes, estas emisiones crecen un 15-20% aproximadamente, aunque este aumento es siempre menor que el del valor de su producción agraria. Se puede observar que todos los valores medios serían representativos al 1% según el test F de Snedecor, salvo en el caso de la reserva de capital, que lo sería al 10%.

GRÁFICO 1. PRINCIPALES VARIACIONES POR CONTINENTE.





Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se comprueba entonces cómo el peso de la agricultura sería un factor particular al diferenciar los países según su nivel de desarrollo, siendo en los casos de los países en vías de desarrollo un sector importante en sus débiles economías locales. En este sentido, se puede citar como ejemplo aclaratorio que la media de la agricultura europea refleja la existencia de un sector más maduro, mostrando los menores incrementos o los mayores descensos en los casos estudiados, exceptuando la reserva de capital. Además, todos serían negativos salvo en el uso de insecticidas y la reserva de capital, que crecen un 38,26 % y 1 % respectivamente.

Por último y en el caso contrario, los países de África ofrecen los mayores crecimientos de los continentes estudiados, duplicando el valor que presenta la producción agraria y el uso de insecticidas con respecto a América. Este continente sería el segundo en evolución en estos dos casos. Además, queda bastante patente el caso de la variable del valor de la población activa agraria, al tratarse del único continente en la que crece.

3. ESTUDIO ECONOMETRICO DE LA INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES FACTORES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS SOBRE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.

En este apartado se ha intentado establecer las relaciones que se presentan en la tabla 2 a partir de estimaciones de regresión por mínimos cuadrados ordinarios. De las regresiones realizadas, se exponen sólo las tres estimaciones más significativas, habiendo superado los test aplicados de autocorrelación y multicolinealidad, y corregido la posible heterocedasticidad mediante el procedimiento de White.

De los resultados obtenidos se puede deducir a partir de las estimaciones realizadas que todas las variables estudiadas, en general, presentan una influencia positiva y significativa sobre la mayor emisión de estos gases. Fundamentalmente destaca el uso de insecticidas como factor común a las tres regresiones por su alta significatividad bajo un nivel de confianza del 99 %. El aumento del consumo de energía sólo sería significativo en la regresión n° 2 a un nivel de confianza del 10 % y en la regresión n° 3 a un nivel del 5%.

La evolución de la superficie agrícola tendría un efecto positivo y significativo al 1 % según su estadístico t, destacando por presentar unos coeficientes especialmente altos en las regresiones n° 2 y 3. Esto indicaría una gran influencia sobre la emisión de gases de efecto invernadero, constituyendo uno de los factores más relevantes.

TABLA 2. EFECTOS DEL CRECIMIENTO DE DIFERENTES VARIABLES SOBRE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (MCO).

Variable dependiente: Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero.						
Estimaciones	Regresión 1		Regresión 2		Regresión 3	
	Coef.	t-estad.	Coef.	t-estad.	Coef.	t-estad.
Constante	0,9321	32,2028	0,0691	0,43	-0,1166	-0,702
Consumo de energía	0,0139	1,4337	0,0196	1,7581	0,0245	2,3832
Insecticidas	0,0324	4,466406	0,0264	4,6857	0,0234	4,8295
Bactericidas y funguicidas	0,0045	8,515457	-	-	-	-
Superficie agrícola	-	-	0,9077	5,526°	0,8984	5,7848
Reserva de capital	-	-	-	-	0,1888	2,2612
R ²	0,3358		0,4472		0,4794	
R ² ajustado	0,2905		0,4096		0,431	
Test Durbin-Watson	1,7976		1,8242		1,8514	
Test F	7,4154		11,8677		9,8986	
N° observacs.	48		48		48	

Fuente: Elaboración propia.

En la regresión n° 3 se puede resaltar también la significatividad al nivel del 5% del aumento de la reserva de capital, con un coeficiente muy importante de 0,1888. De esta manera los países que incrementan el capital disponible agrario contribuirían de forma muy destacable a la emisión de estos gases. No se debe pasar por alto tampoco que la variable “Funguicidas y bactericidas”, recogida en la regresión n° 1, que tendría un efecto positivo y significativo al nivel del 1%. Sin embargo, su valor es el que muestra una influencia menor sobre la emisión de gases de las variables estudiadas.

En definitiva, lo expuesto anteriormente pone de manifiesto que todos los elementos señalados presentan una influencia positiva sobre la emisión de estos gases.

4. IDENTIFICACIÓN DE PERFILES DE LOS PAÍSES ESTUDIADOS SEGÚN EL ANÁLISIS CLUSTER.

Se intentará analizar en este epígrafe la agrupación o segmentación en clusters o grupos homogéneos de los países estudiados. De esta forma, se pretende estudiar la evolución de las emisiones gases de efecto invernadero en un conjunto de países a nivel global, para agruparlos en tipologías según los inputs utilizados y los outputs obtenidos en el proceso productivo agrario.

Se deben destacar varios indicadores que concretan y argumentan el análisis cluster realizado con anterioridad al mismo propiamente dicho. De entrada, la tabla 3 estima la suma de cuadrados explicada por el reparto en grupos de la muestra analizada. Esta estimación supera el límite mínimo exigido del 50%. Además, el aumento de la varianza explicada con respecto

al número inmediatamente superior de cluster es igual o inferior al 5%. Este dato ha sido configurado por defecto al realizar el análisis cluster.

TABLA 3. ANÁLISIS DE LA VARIANZA.

Suma cuadrados total de la muestra	Suma cuadrados intragrupos (todos los grupos)	Suma de cuadrados explicada por la partición en grupos
7,23	2,34	67,65%

Fuente: Elaboración propia.

Se han realizado otras pruebas estadísticas a los clusters obtenidos para obtener por esta vía la “matriz de confusión” que aparece recogida en la tabla 7, y que sería una tabla 2x2 cuyo objetivo principal es la validación de los resultados. Específicamente estas pruebas se suelen encuadrar dentro las técnicas utilizadas en el análisis discriminante y se han efectuado para comprobar la exactitud de la clasificación de los clusters obtenidos.

Una prueba muy destacable es el indicador Lambda de Wilks de los clusters, cuyos resultados se muestran en la tabla 4. En dicha tabla se puede observar que de su valor, se puede concluir que las diferencias entre ellos son muy relevantes al ser su valor cercano a 0. Los centros de los grupos claramente distintos, diferenciándose a un nivel del 1% atendiendo al valor de su p.

TABLA 4. LAMBDA DE WILKS Y TEST DE BARTLETT

Lambda de Wilks				Test de Bartlett		
Valor del Lambda	F de Snedecor	Grados de libertad	P	X ²	Grados de libertad	P
0,1721	14,8139	8 y 84	0	76,558	8	0

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se pasa a exponer el análisis cluster realizado aplicando el algoritmo de Howard-Harris, que ya fue explicado en la metodología. El estudio de las medias resultantes permite determinar el perfil de los países que conforman cada cluster, como se aprecia en la tabla 5.

TABLA 5. ANÁLISIS CLUSTER DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

		MEDIA	C. 1.	C. 2.	C. 3.	
	Nº elem.	48	6	28	14	
VARIABLES AGRARIAS	Suma cuadrados	7,23	1,07	0,85	0,42	ANOVA / F Snedecor
Var. Emisiones CO ₂ .	Media:	1,03	1,35+	0,92-	1,1	F(2,45) = 49,56
	Des.Est.:	0,18	0,17	0,07	0,11	p = 0,0000
Var. Valor bruto prod.	Media:	1,12	1,66+	0,95-	1,24	F(2,45) = 69,86
	Des.Est.:	0,27	0,31	0,08	0,09	p = 0,0000
Var. Población activa.	Media:	0,82	1,08+	0,70-	0,95	F(2,45) = 31,10
	Des.Est.:	0,27	0,21	0,12	0,08	p = 0,0000
Var. Superficie.	Media:	0,97	1,07+	0,93-	1	F(2,45) = 10,26
	Des.Est.:	0,09	0,12	0,06	0,06	p = 0,0002

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se comprueba que los tests F de Snedecor realizados rechazan la hipótesis de igualdad de las medias a un nivel del 1% según el valor de sus p. Esto significa que al menos un grupo tendrá una media distinta de la del resto de clusters generados, por lo que cada factor tendría un comportamiento diferente. A continuación, se presentan los clusters obtenidos al aplicar esta técnica. Se puede observar que la relación existente entre la emisión de CO₂ y el valor de la producción agrícola es positiva en todos los casos, cumpliendo por lo tanto los objetivos medioambientales planteados. Se puede comprobar que las emisiones de estos gases crecen en

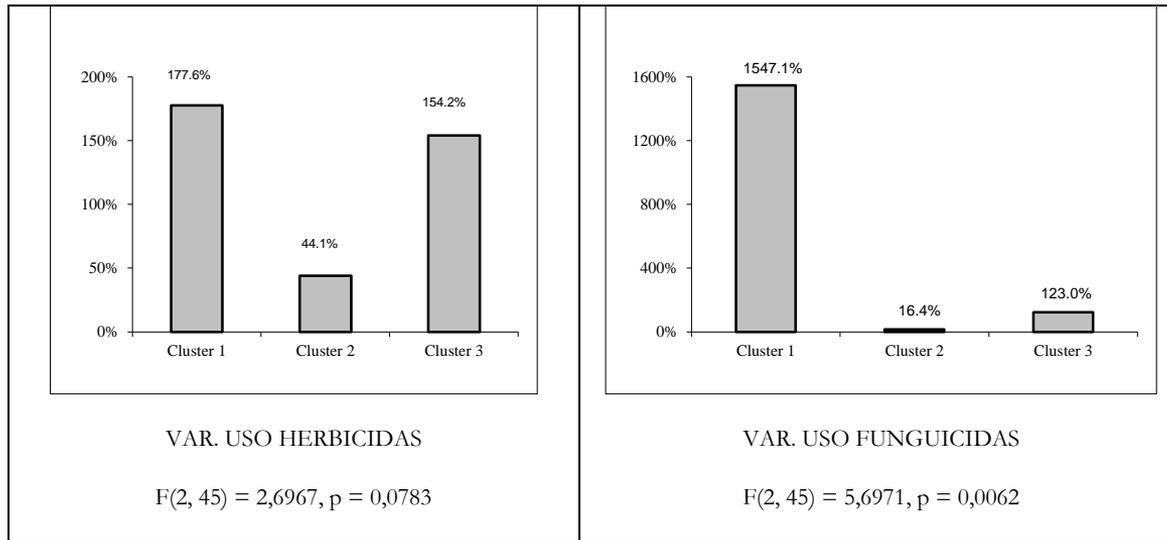
menor proporción ante aumentos del valor de la producción. Por contra, estas emisiones se reducen más que proporcionalmente, ante descensos en el valor producido.

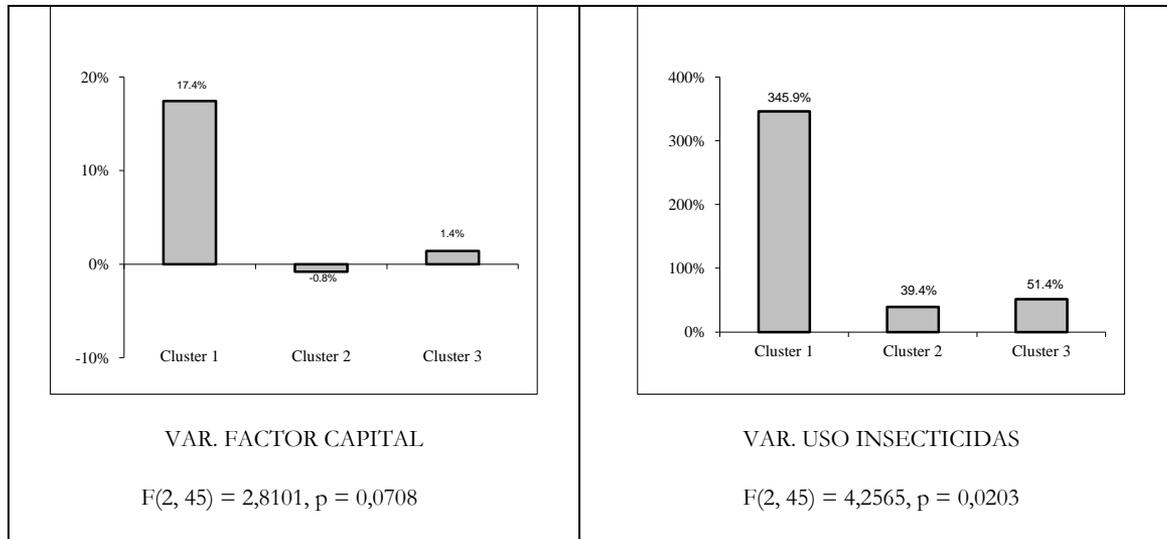
- El cluster nº 1 supone un 12,5 % de la muestra, incluyendo 6 países en vías de desarrollo (Brasil, Etiopía, Jordania, República Democrática Popular de Laos, República Dominicana y Perú). Es reseñable que en este grupo no aparece ningún país europeo o calificable de desarrollado. En general es destacable que este cluster presenta los mayores crecimientos medios de los 3 grupos obtenidos, comprobándose que de promedio, han visto aumentar sus emisiones de CO₂ agrario un 35%, frente a un incremento medio del 65,59 % del valor bruto de la producción agrícola. En la misma línea también han crecido la superficie agrícola (7,49 %) y la población activa de la agricultura (7,56 %).
- El cluster nº 2 abarca un 58,33 % de la muestra, siendo el grupo más grande de los 3 grupos obtenidos. Se caracteriza por presentar las menores valoraciones en las variables objeto de estudio, mostrando incluso un descenso en sus valores medios. Sería el único grupo donde esto ocurre. De esta manera, se puede destacar que las emisiones de CO₂ se han reducido un 7,95 %, ante otras disminuciones como la de la superficie (6,65 %), la del valor de la producción agraria (4,9 %) y, principalmente, de la población activa (29,73 %). Estaría formado por 28 países, el 89,3 % de los cuales son europeos, y en su mayoría miembros de la Unión Europea. Fuera de este ámbito solo se encontrarían en este cluster Japón, República de Corea y Mauricio.

- El cluster n° 3, formado por 14 países, conformaría un 29,17 % de la muestra estudiada. Este grupo presentaría un perfil intermedio entre los dos que se acaban de presentar, ofreciendo variaciones no tan cuantiosas como las anteriores. Así, los países de este conglomerado han visto aumentar las emisiones de CO₂ agrario un 10,08 %, ante un incremento de la producción del 23,86 %. En cambio, la población activa cae un 4,51 % mientras que la superficie agraria no presenta una variación notable (-0,13 %). América sería el continente con mayor presencia (Colombia, Costa Rica, Canadá, Ecuador, México, Nicaragua y Suriname). Asia estaría presente con Bangladesh, Kirguistán, Sri Lanka y Tailandia. Letonia, Islandia y Turquía serían los únicos países europeos.

En el gráfico 2 se recoge la tabulación de los valores medios de otras variables estudiadas según los clusters obtenidos, si bien éstas no salieron representativas en el análisis cluster.

GRÁFICO 2. DIVERSOS INDICADORES DERIVADOS DE ESTE ANÁLISIS.





Fuente: Elaboración propia.

En estos gráficos se puede comprobar que los países del cluster 1 son aquellos en los que más ha crecido el uso del factor capital, insecticidas, herbicidas y funguicidas. Por contra, los menores incrementos se han producido en el cluster 2, en el que incluso llega a reducirse mínimamente en el caso de la variación del factor capital. El cluster 3 vuelve a presentar variaciones intermedias situadas entre los dos casos anteriores. Obsérvese también que, en los casos de las variaciones del uso de insecticidas y funguicidas, los valores medios serían significativos al 1% según el F de Snedecor, siéndolo al 10% en los casos de las variaciones de herbicidas y del factor capital.

En la tabla 4 se muestra el test X^2 de Bartlett realizado, que permite también rechazar la hipótesis nula de no correlación significativa. Esto implica que la matriz de correlaciones de la población no será una matriz identidad, por lo que se podría aplicar el análisis discriminante. Así, se puede considerar como variable criterio o dependiente una nueva variable categórica que determina el grupo en el que se ubica cada país, y como independientes, las variables del análisis cluster. La matriz de confusión obtenida con las funciones discriminantes calculadas, con probabilidades previas iguales para cada uno iguales, aparece recogida en la tabla 6. En ella se aprecia que la tasa de aciertos es total (100 %), lo que implica una asignación prácticamente perfecta.

TABLA 6. MATRIZ DE CONFUSIÓN.

GRUPOS REALES	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	TOTAL
1	6	0	0	6
2	0	28	0	28
3	0	0	14	14
TOTAL	6	28	14	48

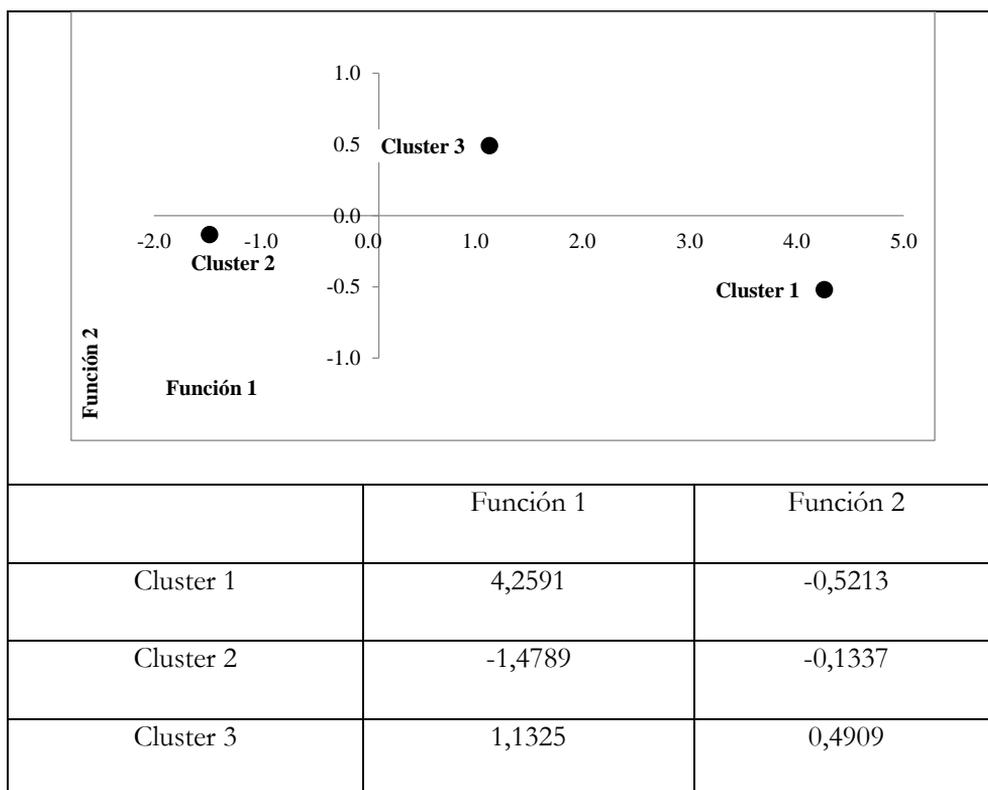
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3 muestra la representación gráfica de cada centroide.

5. CONCLUSIONES

Se puede concluir este estudio destacando la influencia que ejerce la agricultura mundial en la sostenibilidad del planeta mediante la emisión de los gases de efecto invernadero derivados de su actividad. Si bien este sector no es el más relevante en estas materias a efectos de economía mundial, no se debe obviar el importante papel que tiene ésta desde la perspectiva de la viabilidad futura ambiental.

GRÁFICO 3. REPRESENTACIÓN DE LOS CENTROIDES OBTENIDOS.



Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión a este apartado, la tabla 7 muestra los coeficientes estandarizados de las diferentes funciones discriminantes canónicas, y sus correlaciones.

TABLA 7. INDICADORES NOTABLES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

	COEF. ESTANDARIZADOS		CORRELACIONES	
	FUNC. 1	FUNC. 2	FUNC. 1	FUNC. 2
Var. Valor bruto Prod.	0,557	-0,5978	0,9665*	-0,1554
Var. Población activa.	0,3192	1,0167	0,8236*	0,549
Var. Superficie.	0,0266	-0,0514	0,6231*	0,0131
Var. Emisiones CO ₂ .	0,46	-0,0504	0,9222*	-0,1161
* Mayor correlación absoluta entre cada variable y las funciones discriminantes				

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado un 2,70% de media, en el período 2000-2010 en los países estudiados. Aunque este dato podría ser alarmante desde la perspectiva de la sostenibilidad, se podría considerar como bastante positivo puesto que en la década analizada el valor de la producción agraria ha crecido más que proporcionalmente (12,30 %). Así, la agricultura se ha desarrollado a nivel global, pero ha ganado calidad desde el punto de vista medioambiental.

Por continentes, es interesante destacar que estas emisiones se han reducido de forma notable en Europa (Casi un 7 %), mientras que en el resto de continentes han crecido un 15-18 % aproximadamente. Estas tendencias contrarias demuestran un compromiso bastante desigual con la sostenibilidad energética en Europa y en el resto del mundo. Aún así se debe resaltar que el perfil de la agricultura es muy diferente en los países desarrollados, donde sería un sector más maduro y más estancado, como

sucede en Europa, mientras que en los países que están en vías de desarrollo la contribución a su economía sería mucho más importante.

Esta dualidad entre Europa vs resto del mundo también aparece en el análisis cluster, por ser el grupo con más presencia de los países europeos el único en el que ha disminuido la emisión de gases de efecto invernadero, pero también el valor de la producción agrícola y los recursos invertidos en este sector. Esto sería más característico de un sector maduro en economías desarrolladas.

En el resto de países se diferencian dos perfiles en los que se incrementan la emisión de gases de efecto invernadero, ambos dominados por países en vías de desarrollo. Sin embargo, el desarrollo de la agricultura es más destacable en el colectivo en el que más han aumentado estas emisiones, estando más estancada en el otro grupo.

Así, se puede concluir que hay un paralelismo destacable entre la emisión de estos gases y la evolución del peso del sector agrario en el total de la economía. Por este motivo, se dan dos perspectivas completamente distintas a nivel mundial según el papel que ocupa la agricultura en las economías de estos países estudiados, conforme se deduce del análisis de las regresiones realizadas y del análisis cluster efectuado:

- Los países en desarrollo suelen tener una agricultura con un peso significativo dentro de sus economías locales. Por esta razón, se verifica que se trata de un sector económico con producciones crecientes y con un aumento relevante del uso de sus factores productivos. Por contra, sus emisiones de estos gases por parte de la agricultura se han disparado en el periodo objeto de estudio.

Naturalmente, muchos de estos países padecen de carencias alimentarias básicas, siendo para ellos la sostenibilidad una necesidad más secundaria.

- Los países desarrollados se caracterizan por tener una agricultura estancada que está reduciendo su participación en el total de sus economías. Estos países son los que más están reduciendo las emisiones de de estos gases agrarios. Se manifiestan más comprometidos con la sostenibilidad del medioambiente.

En definitiva, el sector agrícola tendrá que adaptarse por lo tanto de una manera más eficiente en la lucha contra el cambio climático, ya que su posible éxito o fracaso influirá notablemente en la continuidad de su actividad. Es necesario que se actúe para reducir en lo posible su incidencia negativa mediante programas globales de protección climática, acometiendo actuaciones para adaptar la actividad agrícola al cambio climático y garantizar así su sostenibilidad. La investigación y la innovación deben ser agentes fundamentales contra el cambio climático, debiendo ajustar el sector a través del fomento de nuevas especies, y potenciando tanto la mejora genética.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, J.J. & Pérez de Ayala, J. (2007). Energías renovables para la sostenibilidad: III Foro Euromediterráneo de la Energía. *Cuadernos de energía*, 15, 29-31.
- Cerdá Tena, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos económicos de ICE*, 83, 117-140.
- Ciscar Martínez, J.C. (2005). El mercado europeo de emisiones de gases de efecto invernadero y la economía española. *Economistas*, 104, 126-134.

- De Lara, M.T. (2007). Cambio climático: una preocupación creciente. *Economistas*, 113, 78-85.
- Duarte Cueva, F. (2014). Efectos del cambio climático en la economía, el comercio internacional y la estrategia empresarial. *Contabilidad y Negocios: Revista del Departamento Académico de Ciencias Administrativas*, 9, 18, 75-98.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2014). <http://www.fao.org/>
- Feal Veira, A. (2004). Efecto invernadero y cambio climático (I, II y III). *Energía: Ingeniería energética y medioambiental*, 180, 55-90.
- Galán Madruga, D. (2012). Cambio climático. Perspectivas futuras. *Observatorio medioambiental*, 15, 11-18.
- García, A; Laurín, M; Llosá, M.J; González Pérez, V; Sanz, M.J; & Porcuna y Col, J.L. (2006). Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional. *Agroecología*, 1, 75-87.
- García Fernández, C. (2011). El cambio climático. Los aspectos científicos y económicos más relevantes. *Nómadas: revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, 32, 5-32.
- García Sánchez, M.D. (2008). *Manual de Marketing*, ESIC Editorial, Madrid.
- Hernández Álvarez, F. (1999). El efecto invernadero. En F. Hernández Álvarez (Coord) *El calentamiento global en España: Un análisis de sus efectos económicos y ambientales*, Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Iglesias A., Quiroga, S., Diz A. & Garrote, L.M. (2011a). Adapting agriculture to climate change. *Economía agraria y recursos naturales*, 11, 2, 109-122.
- Iglesias A., Quiroga, S. & Sotés Ruiz, V. (2011b). La agricultura española y el cambio climático. *Economistas*, 127, 19-26.

- Jiménez Beltrán, D. (2009). Sostenibilidad, energía y cambio climático, escenarios con futuro. *Economía industrial*, 371, 15-36.
- Jiménez Beltrán, J. & Nieto, J. (2010). Otra Europa es posible: Sostenibilidad, crisis, energía y cambio climático. *Temas para el debate*, 188, 35-37
- Linares, P. & Pintos, P. (2013). Los efectos económicos del Sistema Europeo de Comercio de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. *Cuadernos de Información económica*, 237, 97-104
- López, C. (2013). Energía y cambio del paradigma energético. *Revista de Obras Públicas*, 3548, 23-28
- Marquardt, B. (2006). Historia de la sostenibilidad. Un concepto medioambiental en la historia de Europa central (1000-2006). *Historia crítica*, 32, 173-197
- Martínez González-Tablas, A.M; Orlandini, A; & Herrero López, S. (2011). Crisis, cambio global y energía. *Revista de economía mundial*, 29, 263-284.
- Narbona Ruiz, C. (2006). Energía, medio ambiente y cambio climático. *Temas para el debate*, 143, 37-40.
- Novoa, R., González, S. & Novoa, R. (2000). Inventario de gases con efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria chilena. *Agricultura técnica*, 60, 2, 154-165.
- Santesmases Mestre, M. (2005). *Dyane Versión 3. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*, Ed. Pirámide Madrid.
- Sanz Rubiales, I. & Anibarro Pérez, S. (2014). *Cambio climático y Unión Europea. Presente y futuro del mercado europeo de emisiones*, Ed. Tirant Lo Blanch, Barcelona.
- Verdú Baeza, J. (2013). *Cambio climático y la Unión Europea: desde el liderazgo al riesgo de la irrelevancia*. *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, 45, 659-687.
- Oikos Polis, Revista latinoamericana de Ciencias Económicas y Sociales, vol.2, núm. 1, pp. 31-63.*