

EL ACEITE DE GIRASOL COMO COMBUSTIBLE



Proceso de esterificación de aceite de girasol

Por:

Silvia Atenciano Núñez*
 María del Pilar Dorado Pérez**
 Juan Manuel Arnal Almenara***
 José Gómez García****
 Angel Gil Amores*****

Los motivos existentes para la utilización de los combustibles de origen vegetal son muchos, pero podrían resumirse en uno solo: "Conseguir un equilibrio entre la agricultura, el desarrollo económico y tecnológico de las comarcas y el medio ambiente", todo ello sin olvidar los problemas que acusa la agricultura dentro del marco europeo.

En este sentido, el uso de los biocombustibles se ha propuesto como una salida a los productos agrícolas excedentarios. De hecho, la última reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC), considera dos posibles medidas para paliar el exceso de producción agrícola:

- a) Llevar a cabo un plan de abandono de tierras (set-aside).
- b) Reorientar la producción agraria hacia cultivos no alimentarios, como es el caso de los biocombustibles.

Abaratar la producción de biocombustible mejorar los procesos de obtención de combustibles a partir del aceite de girasol

INTRODUCCIÓN

Quando hablamos de biocombustibles hacemos referencia principalmente a dos tipos de carburantes líquidos derivados de productos agrícolas: los **bioaceites**, procedentes de semillas oleaginosas, y los que se producen a partir de cultivos azucareros, denominados **bioalcoholes**. Aunque si se hace mención a los carburantes no líquidos, los forestales de rápido crecimiento y la biomasa en general, no son menospreciados como combustibles para calderas.

Ventajas de los combustibles de origen vegetal

Los combustibles de origen vegetal presentan **ventajas** interesantes tanto a nivel energético como a nivel medioambiental y social. Entre las más destacables se encuentran las siguientes:

- Permiten mantener en cultivo las tierras que de otro modo serían "de abandono", en virtud del Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (GATT). De este modo se palió la erosión a la que se ven

(*) Universidad de Córdoba.
 (**) Profesora Ayudante. Dpto. Ing. Mecánica y Minera. Universidad de Jaén.
 (***) Jefe de Servicios Técnicos. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario. Córdoba.
 (****) Asesor Técnico. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario. Córdoba.
 (***** Investigador Colaborador. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario. Córdoba.

avocados los terrenos sin cultivar, favoreciendo la conservación de los suelos.

- Ofrece la oportunidad de desarrollar una nueva actividad industrial dentro de la transformación de productos agrícolas. Esto a su vez, proporciona un beneficio social ya que se conseguiría un aumento de la mano de obra en el campo.

- Reduce la dependencia del petróleo, potenciando el desarrollo de la industria y economía nacional.

- Supone una mejora medioambiental puesto que su uso conlleva una reducción de las emisiones de CO₂, al mismo tiempo que se cierra el ciclo de éste, ya que los cultivos productores consumen una cantidad de CO₂, mediante la fotosíntesis, equivalente al que emiten los motores térmicos al quemar el combustible durante su funcionamiento. Con ello se ralentizaría el problema del posible calentamiento terrestre. Además, por su alta degradabilidad, hace que se reduzca el riesgo de contaminación en caso de accidente.

- No contienen azufre por lo que no emiten anhídrido sulfuroso cumpliendo con la Normativa Europea de emisiones de contaminantes, que en el caso del gasoil está limitado en 0,05% (Directiva 87/129).

- Es de fácil transporte y almacenamiento y en muchos casos no requiere ninguna modificación en los motores diesel para su uso como combustible, con lo cual su utilización podría ser inmediata, sin requerimientos de inversiones adicionales, aunque éste es aún un punto en experimentación.

• Además de las mencionadas propiedades químicas, existen una serie de

Inconvenientes de los combustibles de origen vegetal

Entre los *inconvenientes* más graves que presentan los combustibles de origen vegetal se pueden citar los siguientes:

- Actualmente tienen un precio muy elevado y no pueden competir con los derivados del petróleo. Sin embargo, la diferencia no es insalvable si tenemos en cuenta que la evolución de los precios agrícolas en Europa es a la baja. Por otro lado la normativa comunitaria contempla la reducción impositiva en un 90% del impuesto especial de carburantes respecto al combustible fósil, sin descartarse la exención total.

- La producción española, en las tierras de retirada, sería insuficiente para cubrir la demanda total de gasoil en el país. En este sentido, las cifras andaluzas indican que la producción en las tierras de set-aside podría suplir en torno al 5-10% de la demanda de gasoil en esta región (Dorado, 1995).

- Para poder usar los aceites vegetales



características físicas que hacen inviable el uso de los aceites vegetales sin modificar (Tabla 1). Entre ellas podemos destacar la densidad, la viscosidad y el punto de solidificación (que en el caso del aceite es relativamente alto).

El presente estudio se centra en los ésteres metílicos producidos a partir del aceite de girasol. En este contexto es necesario resaltar que el inconveniente citado en primer lugar podría perder importancia relativa si fuésemos capaces de abaratar tanto los costes de cultivo como los costes de transformación del aceite de girasol. El primer objetivo se puede alcanzar mediante mejora genética de las variedades de girasol cultivadas y minimizando los inputs aplicados. La segunda forma de abaratar el biocombustible sería optimizar los

parámetros que condicionan la producción de los ésteres metílicos y aprovechando las ventajas de la economía de escala, tanto en las fábricas de extracción del aceite, como en las plantas esterificadoras.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo primordial del trabajo es poner de manifiesto cuáles son los parámetros que afectan a la reacción de esterificación, así como la influencia que manifiestan sobre la misma.

Con los resultados obtenidos a partir del

sin refinar se necesitarían motores diesel especialmente diseñados. En caso de esterificarlos, si no se efectúa un refinado previo del aceite es difícil conseguir la total separación de la glicerina respecto al éster. Además, ésta cuando combustiona en los motores, reduce en gran medida su potencia ya que tiene un bajo poder calorífico. Este componente también puede producir autoinflamación de la mezcla y, a elevadas temperaturas, se puede polimerizar.

• Además de las mencionadas propiedades químicas, existen una serie de

TABLA 1. Propiedades del girasol y sus ésteres metílicos. Comparación con las propiedades correspondientes al gasóleo

Propiedades	Éster metílico de girasol	Aceite de girasol	Gasóleo
Densidad (kg/dm ³)	0,880	0,924	0,835
Punto de enturbiamiento (°C)	0 a +1	-6,6	-0,6 a 4,6
Punto de ignición	183	215	67
Poder calorífico bruto (MJ/l)	35,34	36,50	38,35
Poder calorífico neto (MJ/l)	33,04	34,14	35,40
Viscosidad (mm ² /s) a 40°C	4,22	34,9	2,63
Número de cetano	47-51	33	46
Residuo de carbón (%)	0,05	0,42	0,15
Azufre	0,01	0,01	0,29

Fuente: (Quick y otros, 1984)

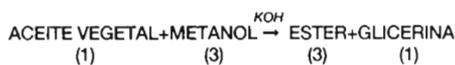
mencionado ensayo, se delimita la zona idónea donde la reacción transcurre de forma adecuada. No es exactamente el óptimo porque lo que nos interesa en este caso es conseguir un buen desarrollo de la esterificación, aun si las condiciones de reacción se apartan un poco de los valores fijados a priori. Es conocido que cuando se manejan grandes volúmenes de reactivos se hace más complicado obtener condiciones homogéneas en toda la masa tratada.

Los parámetros elegidos para el estudio son tres: *la temperatura, la cantidad de alcohol y la cantidad de catalizador*. En cuanto a la temperatura, puesto que la reacción transcurre entre valores relativamente bajos, en el ensayo se adoptan tres que cumplen esta exigencia. Además, hemos de tener en cuenta que si sometemos al aceite a altas temperaturas se podrían producir reacciones colaterales indeseables como desnaturalizaciones. Las cantidades de alcohol y de catalizador también se ajustan a los límites fijados en ensayos previos.

METODOLOGIA

Para la realización del estudio se dispuso de aceite de girasol crudo obtenido en prensas continuas (extracción mecánica). El aceite se filtró previamente para eliminar la mayor cantidad posible de finos, pero no se sometió a un desgomado (proceso de winterización). El alcohol utilizado fue metanol y como catalizador se empleó hidróxido potásico de una riqueza del 87%.

Los valores de temperatura elegidos para llevar a cabo la esterificación fueron: 40°C, 50°C y 60°C. Las cantidades de alcohol, con respecto a la de aceite, ascendían al 10%, 15% y 20%. En cuanto al catalizador, las proporciones elegidas fueron del 1%, 1,5% y 2%. La reacción en cuestión, estequiométricamente, sería la siguiente (entre paréntesis figura el número de moles en que interviene cada compuesto):



Con las tres variables elegidas (temperatura, cantidad de alcohol y catalizador) y con los tres valores de cada una de ellas, se realizaron los ensayos correspondientes por duplicado, con lo cual resultaron 64 pruebas. En todas ellas se utilizaron 750 ml de aceite, ajustándose la intervención del resto de los componentes según las proporciones comentadas anteriormente.

La metodología utilizada en todas las pruebas es la que se explica a continuación. Una vez introducido el volumen de aceite, se vertía en un matraz, se tapaba y se calentaba en un baño termostático hasta que alcanzaba la temperatura seleccionada. Seguidamente, se colocaba en un calentador-agitador y, manteniendo la temperatura, se le añadía una solución que contenía al catalizador completamente disuelto en la cantidad prefijada de metanol.

Tras adicionar la mezcla metanol-hidróxido potásico, se agitaba durante 20 minutos. Después de esto, el matraz con la mezcla se dejaba reposar durante 2 horas en el baño, manteniendo siempre la temperatura del ensayo. Una vez transcurrido ese tiempo, se extraía el matraz, evitando cualquier tipo de agitación, y se dejaba enfriar.

Al sacar la mezcla del baño se podía ver que se habían formado dos fases claramente separadas. La inferior correspondía fundamentalmente a glicerina y la superior a ésteres metílicos, de densidad menor. El paso siguiente consistía en separar ambas fases, mediante succión, para obtener únicamente los ésteres metílicos.

Cada una de las muestras de éster fueron almacenadas en recipientes de plástico, convenientemente identificadas, para posteriormente analizar sus características.

También se conservaron varias muestras de glicerina. Una vez completadas todas las pruebas se evaporó el exceso de alcohol que quedaba en los ésteres, con lo que las muestras quedaron listas para efectuar la medición del volumen.

Para valorar la eficacia de la reacción de esterificación se eligieron dos parámetros: *la cantidad obtenida de éster y su pureza*.

Para el estudio del primero hubo que medir los volúmenes obtenidos una vez eliminado el exceso de alcohol. Los valores resultantes se refirieron a la cantidad empleada de aceite (750 ml), y se expresaron en porcentaje.

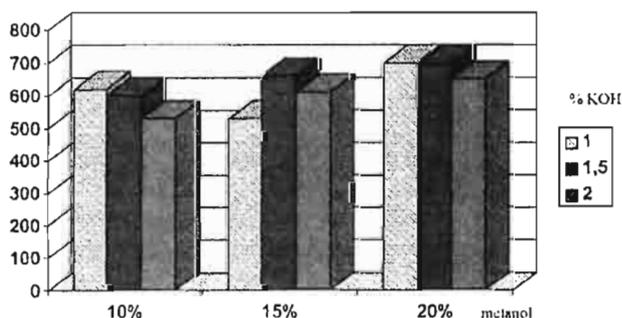
Para valorar la pureza se utilizó como magnitud indirecta la densidad. El dato de la densidad de la glicerina pura se tomó de la bibliografía manejada. Asimismo, se procedió al cálculo de ésta a partir de una muestra de éster metílico proporcionada por una empresa. Se supuso que las muestras obtenidas de éster se componían únicamente de éster y glicerina. Con esta simplificación, y conociendo previamente el valor de la densidad de cada muestra, se pudo asignar a cada una un valor comparativo de pureza (en función de la densidad calculada en cada caso).

Cuando se hubieron conseguido todos los datos, se representaron las relaciones volumen final de éster-metanol-catalizador, pureza del éster-metanol-catalizador y volumen de glicerina-metanol-catalizador en tres dimensiones y se estudiaron las superficies obtenidas.

RESULTADOS

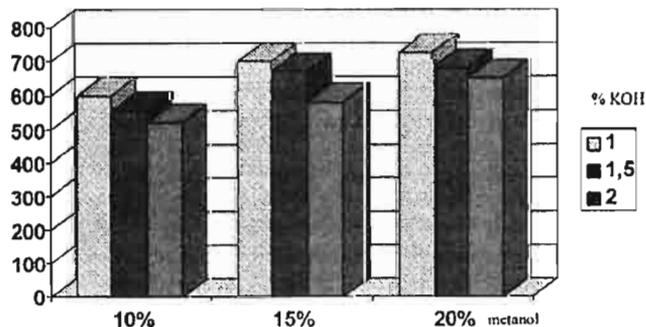
Como resultado del análisis se puede decir que la esterificación presenta grandes ventajas, realizándola en la zona acotada entre 50°C y 60°C, y para un contenido mínimo de catalizador correspondiente al 1,5%. Cabe señalar que para las condiciones anteriores, un aumento en la cantidad

GRAFICO 1:
Volumen (ml) obtenido de éster metílico de aceite de girasol en función del porcentaje utilizado de metanol y KOH a 40°C



Fuente: Elaboración propia

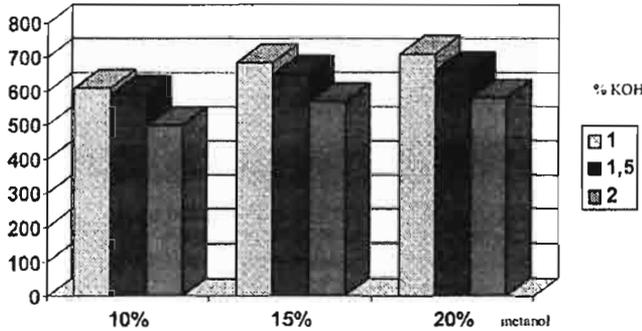
GRAFICO 2:
Volumen (ml) obtenido de éster metílico de aceite de girasol en función del porcentaje utilizado de metanol y KOH a 50°C



Fuente: Elaboración propia

COLABORACIONES TECNICAS

GRAFICO 3:
Volumen (ml) obtenido de éster metílico de aceite de girasol en función del porcentaje utilizado de metanol y KOH a 60°C



Fuente: Elaboración propia



de alcohol utilizada o en la de catalizador proporciona un aumento de pureza en el éster obtenido.

Se ha observado que a 40°C se obtenían los mayores rendimientos al usarse 1,5% de KOH, mientras que a 50°C y a 60°C lo proporcionaba el 1%, seguido muy de cerca por las cifras que suministraba el empleo del 1,5% (Gráficos 1, 2 y 3).

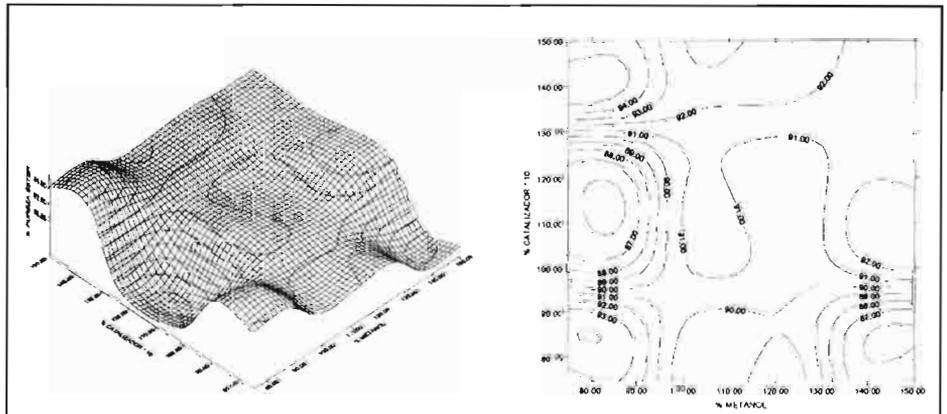
Es preciso mencionar que a la temperatura de 60°C, cuando se usó la cantidad mínima de hidróxido potásico las pruebas presentaron problemas en cuanto a la separación de fases, ya que el aspecto de la fase más pesada era más esponjoso y retenía al éster; llegándose a necesitar 24 horas para obtener una buena decantación.

Por la razón anterior es por lo que se ha desestimado el uso de catalizador en la dosis mínima propuesta para este ensayo. Sin embargo, es preciso determinar si las dosis recomendadas en este estudio cumplen las exigencias de la legislación en su epígrafe de cenizas. En caso de no respetar las especificaciones habría que estudiar un método para eliminar los residuos de catalizador.

Por otro lado, dado que la composición del éster es un factor muy delimitado por la legislación, es interesante tomar como criterio principal la pureza a la hora de delimitar la zona donde debe desarrollarse la esterificación. Sin embargo, hay que señalar que para el área elegida el rendimiento de la reacción, en cuanto a producción de éster, oscila entre 76% y 96%, lo cual resulta bastante satisfactorio (Gráficos 1, 2 y 3).

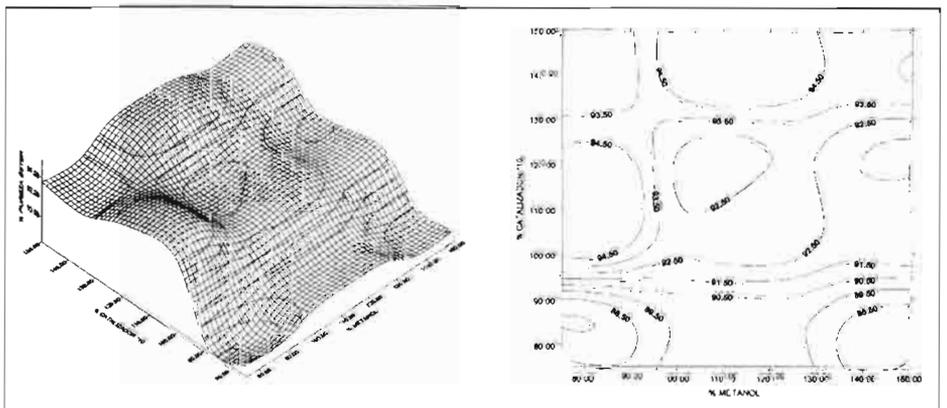
Podría resultar interesante comentar también que en los ensayos se ha usado un agitador con una velocidad que oscila entre 1.000 y 1.200 r.p.m. Se ha visto que, si la agitación es muy enérgica, la fase correspondiente a la glicerina se dispersa mucho, de modo que la separación es peor, es

GRAFICO 4:
Pureza del éster (%) en función de los porcentajes de catalizador y metanol utilizados en la reacción a 40°C



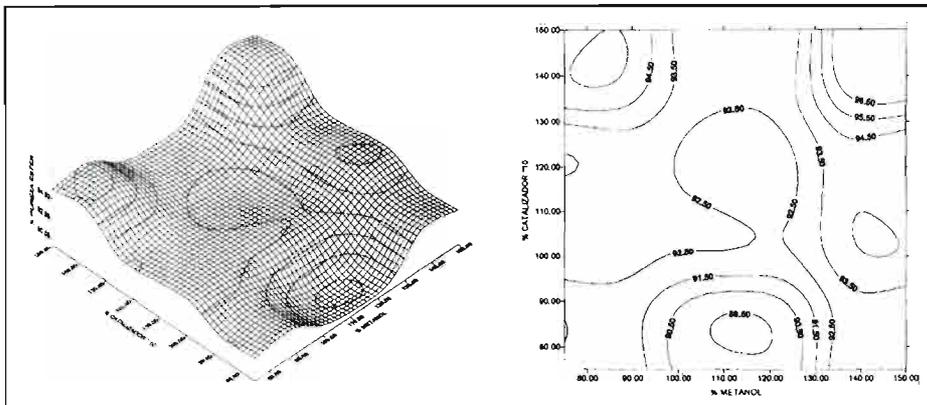
Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 5:
Pureza del éster (%) en función de los porcentajes de catalizador y metanol utilizados en la reacción a 50°C



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6:
Pureza del éster (%) en función de los porcentajes de catalizador y metanol utilizados en la reacción a 60°C



Fuente: Elaboración propia

decir, necesita más tiempo y se obtiene menor cantidad de fase pesada.

CONCLUSIONES

Aunque no podemos pensar que la esterificación a nivel industrial sea tan simple como estequiométricamente parece, los resultados obtenidos nos proporcionan un nivel satisfactorio tanto en la producción como en la pureza de los ésteres. Para aproximarnos a un rendimiento industrial que sea interesante, resulta imprescindible poner límites a las variables de las que depende más directamente la esterificación del aceite de girasol.

En cuanto a la temperatura, dentro del rango de valores bajos, se deben preferir los medios-altos. En nuestro ensayo, estos corresponden a temperaturas de entre 50 y 60°C. Con respecto al catalizador, la cantidad utilizada no debe ser inferior al 1,5% sobre la cantidad de aceite empleada, pero teniendo presente que la cantidad residual de éste está restringida por las especificaciones europeas para los biocombustibles. Dentro de las condiciones anteriores se puede destacar que el uso de mayores proporciones de metanol conduce a una mayor pureza. Si tenemos en cuenta que el exceso de este componente hay que elimi-

narlo, pero que posteriormente se recupera, generalmente se utilizará una cantidad correspondiente al 20% del aceite usado. Todas las conclusiones obtenidas en este estudio hay que aceptarlas como buenas dentro de la escala adoptada. Sin embargo, cuando se desee extrapolar a una planta esterificadora de mayor envergadura, no cabe duda que habrá que realizar unos ensayos similares para ajustar de nuevo los parámetros que condicionan el desarrollo de la reacción de esterificación del aceite de girasol.

BIBLIOGRAFIA

- SOBRINO VESPERINAS, E. (1995). Los ésteres alcohólicos del aceite de girasol. *Agricultura*, pp 521- 525.
- PARES PUIG, F. (1995). Combustibles vegetales para los motores diesel. Su necesidad para un desarrollo sostenible. *Desarrollo económico/tecnológico "versus" medio ambiente. Jornadas sobre el biodiesel*, Barcelona 1995.
- INSTITUTO CATALAN DE LA ENERGIA. GENERALIDAD DE CATALUÑA. (1995). Los carburantes: estado actual y experiencias en Cataluña.
- BAZTAN LARRIMBE, C. (1995). Biocombustibles líquidos. *Ibérica*, Junio 1995, pp 380-387.
- ORTIZ CANAVATE, J. (1995). Combustibles derivados de la biomasa. *Vida rural*, nº 16, abril 1995, pp 78-82.
- DORADO PEREZ, M.P. (1995). Comportamiento de los motores diesel con mezclas de gasoil y aceite de girasol en ensayos de larga duración. E.T.S.I.A.M. Córdoba.
- QUICK, G.R.; WOODMORE, P.J. 1984. "Vegetable oil ester fuels for diesel engine". *New South Wales Department of Agriculture*.



LIBROS

OFERTA EDITORIAL



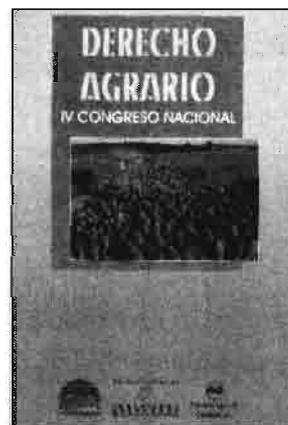
LIBROS



IV PREMIO ELADIO ARANDA
1er Premio; Accésit; Ponencias y Comunicaciones en CIMA'95 de Zaragoza).
Tema General: CULTIVOS ENERGETICOS Y BIOCMBUSTIBLES.
176 pp. 1.500 pta.

En este libro se recoge el texto íntegro del trabajo presentado por el Ingeniero Agrónomo de nacionalidad brasileña Fernando Schollosser "Alcohol combustible: la experiencia de Brasil", que fue merecedor del Premio Eladio Aranda 1995. Fernando Schollosser hace una revisión crítica de la implantación del programa "Proalcool" en Brasil y sus consecuencias económicas, ambientales y para el sector agrario.

También se incluye el trabajo "Estado actual y perspectivas del biodiesel en Italia", por el cual, su autor, el italiano Piero Venturi, recibió un accésit al Premio Eladio Aranda. La obra se completa con los textos íntegros de las ponencias presentadas en la XXVI Conferencia Internacional de Mecanización Agraria, que, bajo la denominación: PRODUCIR ENERGIA EN LOS CAMPOS DE CULTIVO: CULTIVOS ENERGETICOS Y BIOCMBUSTIBLES, se celebró en Zaragoza y con los resúmenes de las Comunicaciones a estas Ponencias.



DERECHO AGRARIO (IV CONGRESO NACIONAL)
Coedición con el MAPA y el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias.
448 pp. 4.500 pta.

El libro recoge las ponencias y comunicaciones presentadas al IV Congreso Nacional de Derecho Agrario, celebrado en Madrid en Octubre de 1994. Los temas preferentes se refieren a la agricultura periurbana, los derechos de producción y las vías pecuarias, con una contemplación especial de la situación actual en la Comunidad de Madrid, sin olvidar las distintas legislaciones autonómicas en su caso.

Los distintos autores (juristas del Derecho Agrario, profesores de Derecho Civil y Administrativo, especialistas de medio ambiente y urbanismo, etc...) analizan y opinan sobre la actualidad jurídica y real relativa al suelo urbano, urbanizable y no urbanizable, cuotas lecheras, derechos adquiridos en la percepción de las primas comunitarias, situación, mantenimiento y futuro de las vías pecuarias y otras incidencias que afectan a las estructuras agrarias de nuestro país.

Agricultura

EDITORIAL AGRÍCOLA ESPAÑOLA, S.A.

Caballero de Gracia, 24, 3º izqda. - Teléfono: 521 16 33 - FAX: 522 48 72. Madrid-28013
PEDIDOS A NUESTRA EDITORIAL - VENTA AL PUBLICO EN LIBRERIAS