



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA**

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete

## TESIS DOCTORAL



### GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA MANCHA ORIENTAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE REDES BAYESIANAS

Doctorando  
Alfonso Domínguez Padilla

Directores de Tesis  
Dr. Francisco Martín de Santa Olalla Mañas  
Dr. José Fernando Ortega Álvarez

Albacete, julio de 2004





# **UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA**

**Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete**

## **TESIS DOCTORAL**

**GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA  
MANCHA ORIENTAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE REDES BAYESIANAS**

### **DOCTORANDO**

**Alfonso Domínguez Padilla**  
Ingeniero Agrónomo

### **DIRECTORES DE TESIS**

**Dr. Francisco Martín de Santa Olalla Mañas**  
Ingeniero Agrónomo  
**Dr. José Fernando Ortega Álvarez**  
Ingeniero Agrónomo

**Albacete, julio de 2004**





***A mi padre***



## RESUMEN



## RESUMEN

La demanda de agua aumenta de forma generalizada en todo el mundo como consecuencia del incremento demográfico y de la calidad de vida, agravándose esta circunstancia por el empeoramiento en calidad de la misma.

Ante esta situación, la Unión Europea a través de las sucesivas Directivas Marco del Agua pretende mejorar la eficiencia en la gestión y utilización de los recursos hídricos. Por estos motivos, desde 1997 anima a que los gobiernos nacionales y regionales desarrollen políticas integrales e integradas de gestión de los recursos hídricos.

Las políticas integrales en materia de aguas son aquellas que tienen en cuenta todos los aspectos que pueden verse afectados por la utilización de este recurso, ya sean de índole ambiental, económico, social, cultural, religioso, etc. De igual modo, una política integrada es aquella en la que participan todos los colectivos sociales que pueden verse afectados por las decisiones adoptadas en relación con el agua, como ayuntamientos, asociaciones de regantes, compañías hidroeléctricas, etc. Estas políticas favorecen la aceptación por parte de los usuarios de las acciones propuestas por los gestores del recurso, ya que se consideran parte integrante del proceso de decisión.

Las redes bayesianas son modelos matemáticos, basados en la teoría probabilística, utilizados recientemente para resolver problemas medioambientales. Esta metodología cumple con los requisitos de ser integral e integrada, ya que trata al recurso en su conjunto y favorece la participación de todos aquellos colectivos involucrados de alguna manera en su uso y/o gestión.

La utilización de agua subterránea para abastecer grandes superficies de regadío ha permitido el desarrollo agrícola de un gran número de países durante las últimas décadas. En zonas áridas y semiáridas la puesta en regadío ha transformado tierras de buena calidad agrícola pero de baja productividad, debido a las condiciones de sequía, en tierras de elevada productividad. En consecuencia, la renta agraria de los agricultores de la zona se ha visto incrementada favoreciendo la permanencia de la población en el medio rural.

El uso incontrolado de aguas subterráneas para riego ha provocado, en algunos casos, la sobreexplotación de los sistemas, provocando graves daños medioambientales y contribuyendo a los procesos de desertificación. Además del impacto ambiental, con el tiempo, la explotación de esos recursos dejará de ser rentable, bien porque desaparezcan o porque su extracción sea antieconómica, obligando al abandono de la actividad y originando un grave problema social. Por lo tanto, la utilización de las aguas subterráneas debe ser sostenible, equilibrando las extracciones con la recarga natural de los acuíferos.

La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO), emplazada en el sureste de la Península Ibérica, se encuentra en la situación descrita anteriormente. Esta Unidad ocupa una superficie de 8.500 km<sup>2</sup>, y es gestionada por la Confederación Hidrográfica del Júcar. Los principales elementos que la componen son el río Júcar, el río Gabriel y el Acuífero Mancha Oriental. Abastece a más de 105.000 ha de regadío y a una población superior a los 275.000 habitantes. El volumen extraído de la misma para cubrir estas necesidades ronda los 460 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

El rápido desarrollo de los regadíos durante el periodo comprendido entre 1975 y 2000, alimentados en su mayoría con aguas subterráneas, ha provocado el descenso de los niveles piezométricos del Acuífero. En consecuencia, el volumen de extracciones es superior a la recarga del mismo y, por lo tanto, se trata de una situación insostenible a medio o largo plazo.

Esta Tesis doctoral muestra el trabajo efectuado para desarrollar un modelo de gestión, mediante la utilización de redes bayesianas, que permita ayudar en la toma de decisiones dirigidas a lograr la sostenibilidad de la UHMO.

La construcción del modelo se ha realizado dentro del marco del Proyecto "*Management of the Environment and Resources using Integrated Techniques*" (MERIT) (Ref. EVK1-CT-2000-00085), financiado por la Comisión Europea. En este Proyecto han participado cuatro equipos de investigación encargados de desarrollar cuatro modelos para otras tantas cuencas europeas.

Los objetivos de la Tesis coinciden en cierto modo con los de este Proyecto. Construcción de un modelo de gestión basado en las redes bayesianas, lograr la participación de los principales expertos y usuarios en las fases de diseño y validación de la herramienta, y determinar una serie de soluciones a la situación actual con el fin de alcanzar la sostenibilidad de la Unidad, especialmente del Acuífero Mancha Oriental. Para facilitar la tarea de participación de los usuarios y expertos, en el Proyecto colaboraba un grupo especializado en esta materia pertenecientes a la Universidad de Birmingham.

Una vez identificados los principales expertos y usuarios de la UHMO, entre los que destacan la Confederación Hidrográfica del Júcar, la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental y el Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, se les invitó a participar en el Proyecto enviándoles un cuestionario con el que recoger información de carácter técnico y personal. Esta información fue utilizada en la elaboración de una primera red bayesiana.

Tras la construcción de esta primera red, las instituciones más importantes fueron convocadas a una serie de reuniones con el fin de mostrarles su funcionamiento y recoger sus impresiones. Sus comentarios fueron utilizados para modificar la red preliminar hasta que los resultados ofrecidos por el modelo fueron aceptados por la mayoría de los asistentes, validando de este modo los resultados. Es preciso destacar el interés mostrado por los mismos en el funcionamiento del modelo y en su futura utilización por parte de estas instituciones.

Esta herramienta permite simular diferentes escenarios, mostrando el comportamiento tanto de la UHMO en su conjunto como del Acuífero en particular, de tal forma que orienta a los responsables de la gestión sobre la repercusión de sus actuaciones.

El modelo ofrece resultados acordes con la situación actual y con otras no alejadas de la misma, siendo conveniente valorar su comportamiento para situaciones extremas. La herramienta muestra claramente como en la actualidad la explotación del Acuífero Mancha Oriental es insostenible, ofreciendo diferentes soluciones para invertir la situación.

Entre estas soluciones, la sustitución de bombeos por aguas superficiales es la que ofrece mayores ventajas, principalmente por mantener la renta de los agricultores de la zona. La principal limitación de esta actuación sería un precio del agua superficial superior al coste de bombeo, que podría provocar un rechazo de los agricultores a la sustitución.

Por otro lado, mejorar la eficiencia global de los sistemas de riego y mantener los actuales niveles de vigilancia en el cumplimiento de los planes de explotación, son dos actuaciones que, combinadas con la anterior, pueden ayudar a alcanzar la sostenibilidad del Acuífero Mancha Oriental.

## **SUMMARY**





## SUMMARY

Water demand is increasing throughout the world, while at the same time there is a general decrease in overall water quality. Faced with this situation, the European Union regards it as a top priority that efficiency in the management and use of water resources should be improved. Since 1997, in the proposal of the EU for a Council Directive in the field of water policy it called for a framework within which national and regional authorities can develop integrated water policies.

Integrated water policies include all the involved factors. The decisions about using water resources should not be based only on factors affecting water but on their social, economic and policy repercussions too. Water is not a consumer good like others but an heritage that must be protected and defended. It is necessary to include the stakeholders (town council, farmers, electric companies...), this way they can claim and participate in the decision process improving their opinions about the results.

Bayesian networks are mathematical models based on the theory of conditional probability. In recent years they have been applied to the problems of environmental management. This methodology meets the relevant requirements to the effect that it is fully comprehensive and integrated, as it deals with the water resource as a whole and encourages the participation of all those people and groups who are somehow involved in its use or management.

The use of groundwater to supply large surfaces of irrigated land has been the key to agricultural development in a large number of countries over the past few years. In arid and semiarid areas, irrigation using groundwater has transformed good quality land with low productivity (caused by drought) into areas of high productivity. Consequently, the income level of farmers has increased and the rural population base has been maintained.

The uncontrolled use of groundwater resources for irrigation has caused the overexploitation of a lot of systems, leading to environmental damages and increasing the desertification process. In the other hand, the use of those resources will be unprofitable in the future forcing to abandon the activity and causing great social problems. For this reason, the use of groundwater should be sustainable, balancing the extractions and the recharge of the aquifers.

In Spain due to the climatic conditions, the technical advances and a favourable economic situation have caused the transformation of rainfed lands into irrigated lands using groundwater. In Castilla-La Mancha, this transformation occurred in a short period of time and with a low control from the authorities. In consequence some aquifers are overexploited.

The Hydrogeological Unit "Eastern Mancha" is located in the Southeast of the Iberian Peninsula, on the eastern side of the La Mancha plains, with a total surface area of 8,500 km<sup>2</sup>. This Unit belongs to the Júcar System and is managed by the Confederación Hidrográfica del Júcar. The HUEM is composed of the Júcar catchment and its tributaries. The main channel is the Cabriel river, which flows directly into the Júcar. There are also a number of minor rivers that infiltrate into the "Eastern Mancha" Aquifer and, thence discharge into the Júcar.

The Unit supplies water for irrigation to about 105,000 ha provided with modern irrigation techniques, and for urban consumption, included industrial demand, to a population of over 275,000. The annual water draft for these purposes is about 460 hm<sup>3</sup>.

Between 1975 and 2000, the fast transformation of rainfed lands into irrigated lands, through groundwater capture, has caused a drop in the piezometric levels of the aquifer, as pumped volumes exceeded natural recharge.

This Doctoral Thesis shows the process followed to get a model, based on bayesian networks, to advise in the decision process of the sustainable management of the HUEM water resources.

This case study belongs to a Project known as 'Management of the Environment and Resources using Integrated Techniques', Ref. EVK1-CT-2000-00085 (MERIT), funded by the European Union. The aim of MERIT was to develop bayesian networks for four European study areas which have different problems in terms of water use. One of these study areas was the HUEM, and a team of researchers of the Castilla-La Mancha University was in charged of building the model.

Another objective was to involve to the main stakeholders of the study area in the developing process and in the validation of the model. In order to facilitate this task, in the Project participated an expert group of facilitators from Birmigham University (United Kingdom).

Once the main stakeholders of the HUEM were identified, emphasizing Confederación Hidrográfica del Júcar, Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental and Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete, they were invited to participate in the Project. Their first task was to complete a questionnaire which was used in the construction of a preliminar bayesian network.

When the preliminar network was finished, the main institutions were invited to participate in some meetings. The objective of those meetings was to show them the results given by the model and get their impressions. Their comments were used to improve the successive networks and obtain the definitive version. The stakeholders are agree with the results of this last version, and some of them are interested in using the network.

This tool allows to simulate different scenarios, showing the behaviour of the HUEM and the aquifer. This way, the people in charge of the management can evaluate the results of their decisions.

Specific results offered by the model show that although the current situation of the aquifer is not sustainable, the replacement of groundwater by the surface water volume established by the PHJ, in addition to correct actions on the part of authorities, can restore the aquifer sustainability.

This tool shows the direction to which the main efforts should be directed and which of them should be placed in the second position. Therefore, investments on infrastructure should be among the first objectives in order to reach, as soon as possible, the use of the total surface water volume dedicated to replace groundwater. So, in a second place, it would be convenient to improve irrigation efficiency and to increase the control on the correct use of the resources, trying to keep constant the current agrarian income.

# ÍNDICES



## ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>27</b>
<b>1.1. Seguridad alimentaria y seguridad en el suministro de agua en el mundo.....</b>	<b>27</b>
1.1.1. Oferta de recursos hídricos.....	27
1.1.2. Demanda y gestión de los recursos hídricos.....	29
1.1.3. La agricultura de regadío como vía para alcanzar la “seguridad alimentaria”.....	30
1.1.4. La gestión del agua en la agricultura de regadío.....	32
<b>1.2. Los recursos subterráneos en España.....</b>	<b>35</b>
<b>1.3. La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....</b>	<b>38</b>
1.3.1. Breve descripción de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....	38
1.3.2. Evolución de los regadíos y la demanda de agua. Antecedentes y situación actual.....	38
1.3.3. La gestión de los recursos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental. La Junta Central de Regantes de La Mancha Oriental y el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete.....	42
<b>1.4. La participación de los usuarios en la resolución de los problemas de gestión del agua.....</b>	<b>47</b>
<b>1.5. Las redes bayesianas. Antecedentes y estado actual.....</b>	<b>49</b>
1.5.1. Los sistemas expertos.....	49
1.5.2. Sistemas expertos basados en la probabilidad. Las redes bayesianas.....	51
1.5.3. Aplicación de las redes bayesianas a la gestión integrada de los recursos medioambientales, con especial referencia a los recursos hídricos.....	52
<b>1.6. El Proyecto MERIT.....</b>	<b>54</b>
1.6.1. Generalidades del Proyecto.....	54
1.6.2. El equipo de trabajo de la UCLM en el Proyecto MERIT.....	56
 <b>2. OBJETIVOS.....</b>	 <b>61</b>
 <b>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	 <b>65</b>

<b>3.1. Características de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....</b>	<b>65</b>
3.1.1. Los recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....	65
3.1.2. Desarrollo urbano e industrial.....	65
3.1.3. Desarrollo agrícola.....	69
<b>3.2. La opinión de los usuarios y expertos.....</b>	<b>72</b>
3.2.1. La participación de los usuarios y expertos en la detección de los problemas existentes en la gestión del agua en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....	72
3.2.2. Selección de usuarios y expertos.....	73
3.2.3. Información aportada por usuarios y expertos.....	74
<b>3.3. Construcción de la red bayesiana.....</b>	<b>76</b>
3.3.1. El proceso de construcción de la red.....	75
3.3.2. Estructura general. Etapas y principios que condicionan su diseño.....	77
3.3.3. Las fuentes de conocimiento: usuarios, expertos e información documental.....	78
3.3.4. Las variables que inciden en el uso de los recursos hídricos en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....	79
3.3.5. Consideraciones previas a la explicación detallada de las variables.....	83
3.3.6. Explicación detallada de las variables.....	84
<b>3.4. Fundamentos matemáticos de las redes bayesianas.....</b>	<b>110</b>
3.4.1. Método probabilístico clásico.....	110
3.4.2. Redes bayesianas.....	114
<b>3.5. Soporte informático.....</b>	<b>121</b>
3.5.1. El sistema experto HUGIN.....	121
3.5.2. Incorporación de la información obtenida a dicho sistema.....	121
<b>3.6. Validación de la Red.....</b>	<b>124</b>
3.6.1. Procesos de simulación.....	124
3.6.2. La participación de usuarios y expertos en el proceso de validación.....	124
<b>3.7. Sensibilidad de los resultados a las variables del modelo.....</b>	<b>125</b>
<b>3.8. Transferencia de resultados.....</b>	<b>130</b>
 <b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	 <b>133</b>

<b>4.1. Las variables del modelo: Sus relaciones, estados y probabilidades.....</b>	<b>133</b>
<b>4.2. El proceso de participación de los usuarios.....</b>	<b>134</b>
<b>4.3. Aplicación del modelo bayesiano: La simulación de escenarios.....</b>	<b>135</b>
4.3.1. Situación actual.....	135
4.3.2. Aprovechamiento sostenible de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....	143
<b>4.4. Sensibilidad de los resultados a las variables del modelo.....</b>	<b>150</b>
<b>4.5. Transferencia de resultados.....</b>	<b>155</b>
 <b>5. CONCLUSIONES.....</b>	 <b>159</b>
 <b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	 <b>165</b>
 <b>7. AGRADECIMIENTOS.....</b>	 <b>177</b>
 <b>ANEXOS</b>	
<b>Anexo I. Tríptico y cuestionario para usuarios y expertos.....</b>	<b>181</b>
<b>Anexo II. Red bayesiana para la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.....</b>	<b>199</b>
<b>Anexo III. Cuadros de probabilidades de las variables.....</b>	<b>203</b>
<b>Anexo IV. Programación lineal de la variable 4.5.1. “Sumatorio de los Planes de explotación individuales”.....</b>	<b>245</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<i>Página</i>
Tabla 1. Usos del agua en el mundo.....	29
Tabla 2. Superficie regada (Mha) y crecimiento del regadío (%).....	32
Tabla 3. Unidades hidrogeológicas no compartidas.....	35
Tabla 4. Distribución de cultivos y del consumo de agua en la UHMO durante 2003.....	41
Tabla 5. Niveles de participación de los usuarios.....	48
Tabla 6. Distribución de los cultivos de regadío en el ámbito territorial de la UHMO durante 2002.....	65
Tabla 7. Superficie de regadío de las explotaciones en la UHMO.....	70
Tabla 8. Distribución porcentual de la superficie regada por sistemas de riego en la UHMO.....	70
Tabla 9. Relación de usuarios y expertos seleccionados para participar en el Proyecto...	74
Tabla 10. Metodología para la preparación y desarrollo de reuniones con usuarios y expertos.....	76
Tabla 11. Agrupación de los cultivos pertenecientes a la UHMO en función de sus necesidades de riego y de su margen bruto.....	102
Tabla 12. Ingresos, insumos y necesidades de riego medios para los diferentes grupos de cultivos.....	103
Tabla 13. Restricciones para el cálculo del margen bruto y de la superficie cultivada de cada grupo de cultivos, en función del volumen de agua disponible para riego.....	103
Tabla 14. Superficie cultivada por cada grupo de cultivos y margen bruto obtenido, en función del volumen de agua disponible para riego.....	104
Tabla 15. Porcentaje de cumplidores en función del nivel de renta y de la capacidad de control.....	106
Tabla 16. Volumen de agua extraído ilegalmente de la UHMO en función del porcentaje de cumplidores.....	106
Tabla 17. Variables y estados seleccionados para la construcción de la fracción factorial.	127
Tabla 18. Cuadro de interacciones.....	128
Tabla 19. Cuadro factorial para 21 factores en 32 pruebas.....	128
Tabla 20. Sostenibilidad del Acuífero reduciendo el volumen de agua para riego.....	144
Tabla 21. Sostenibilidad del Acuífero mediante la sustitución de bombeos.....	146
Tabla 22. ANOVA para la variable SALIDA2 (Volumen a la salida de la UHMO).....	151
Tabla 23. Técnica de englobe para la variable SALIDA2.....	151
Tabla 24. ANOVA para la variable ACUIF2 (Volumen extraído del Acuífero).....	152



Tabla 25. Técnica de englobe para la variable ACUIF2.....	153
Tabla 26. ANOVA para la variable RENTA.....	154
Tabla 27. Técnica de englobe para la variable RENTA.....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 1. Lluvia media anual sobre la superficie terrestre.....	27
Figura 2. Distribución del agua accesible.....	28
Figura 3. Porcentaje de población con acceso a agua salubre.....	28
Figura 4. La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO).....	38
Figura 5. Evolución de los regadíos y del consumo de agua en la UHMO.....	39
Figura 6. Déficit pluviométrico del año agrícola en el periodo 1987-2001.....	39
Figura 7. Distribución de la precipitación acumulada en el año 2001.....	40
Figura 8. Descenso medio de los piezómetros del Acuífero 08.29 en el periodo 1999-2001.....	40
Figura 9. Ejemplo de Unidad de Gestión Hídrica (UGH).....	43
Figura 10. Ejemplo de evolución de la superficie regada obtenida por teledetección.....	43
Figura 11. Comprobación en campo de la información obtenida por teledetección.....	44
Figura 12. Metodología utilizada por el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete.....	45
Figura 13. Estación de lisimetría en la finca Las Tiesas.....	46
Figura 14. Ámbitos de gestión de la CHJ, Sistema Júcar y UHMO.....	65
Figura 15. Elementos principales de la UHMO.....	66
Figura 16. Índice de humedad de la UNESCO en la CHJ.....	66
Figura 17. Precipitaciones medias sobre la CHJ.....	67
Figura 18. Nivel de bombeos frente a recursos disponibles en la CHJ.....	68
Figura 19. Cuestionario para usuarios y expertos.....	75
Figura 20. Grupos de variables establecidos para la UHMO.....	83
Figura 21. Estimación de ingresos y gastos en función de la disponibilidad de agua para riego.....	94
Figura 22. Relaciones de independencia (a) y dependencia casual (b) entre variables....	112
Figura 23. Independencia condicional y separación direccional.....	112
Figura 24. Ejemplo de grafo dirigido.....	113
Figura 25. Diferencia entre bucle y ciclo.....	115
Figura 26. Propagación de la evidencia mediante intercambio de mensajes.....	118
Figura 27. Cuadro de estados y probabilidades de SPEI.....	123
Figura 28. Red bayesiana de la UHMO.....	133
Figura 29. Grupos “Volumen de entradas” y “Volumen disponible tras restricciones	

ecológicas”.....	134
Figura 30. Grupo “Consumo urbano”.....	136
Figura 31. Subgrupo “Eficiencia global de los sistemas de riego”.....	137
Figura 32. Subgrupo “Disponibilidad máxima de agua de riego”.....	138
Figura 33. Subgrupo “Renta agraria”.....	139
Figura 34. Subgrupo “Grado de control de los planes de explotación”.....	140
Figura 35. Subgrupo “Consumo de regadíos”.....	141
Figura 36. Volumen extraído del Acuífero.....	142
Figura 37. Volumen a la salida de la UHMO.....	142
Figura 38. Sostenibilidad del Acuífero reduciendo el volumen de agua para riego.....	144
Figura 39. Incremento de la eficiencia global de riego.....	145
Figura 40. Sostenibilidad del Acuífero mediante la sustitución de bombeos.....	146
Figura 41. Fase 3 para lograr la sostenibilidad mediante actuaciones conjuntas.....	147
Figura 42. Efecto del precio del agua superficial sobre la sostenibilidad del Acuífero.....	148
Figura 43. Reducción de la capacidad de control de los Planes de explotación.....	149
Figura 44. Compensación de renta agraria mediante la venta de derechos de agua de riego entre explotaciones de la UHMO.....	150



# INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1. SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SEGURIDAD EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN EL MUNDO.

### 1.1.1. Oferta de recursos hídricos.

Paradójicamente, aunque el planeta Tierra está compuesto en un 70% de agua, y tres cuartas partes de su superficie se encuentren cubiertas por ésta, en numerosas partes del mundo existe escasez de agua. Esto es debido tanto a que sólo un pequeño porcentaje del agua presente en el medio ambiente es directamente aprovechable por el hombre, como al irregular reparto de las lluvias en el tiempo y en el espacio.

Según un estudio realizado por la FAO (Food and Agriculture Organization) (1997), la lluvia media anual sobre la superficie terrestre, continentes e islas, asciende a unos 110.000 km<sup>3</sup>. De éstos, aproximadamente 70.000 km<sup>3</sup> vuelven a la atmósfera a través de procesos de evaporación y evapotranspiración que tienen lugar sobre las masas de agua y la cubierta vegetal, natural o cultivada. Estos recursos reciben a veces la denominación de “agua verde”. De ellos, unos 18.000 km<sup>3</sup> son usados por el hombre, en gran parte para procesos productivos agrarios, mientras que los 52.000 km<sup>3</sup> restantes cubren las necesidades del resto de seres vivos existentes en la superficie terrestre.

Los 40.000 km<sup>3</sup> que completan los 110.000 km<sup>3</sup> corresponden al agua de ríos, lagunas, pantanos y acuíferos. Esta recibe la denominación de “agua azul” y, como la anterior, está muy desigualmente repartida sobre la Tierra. A grandes rasgos, este estudio señala que aproximadamente 12.500 km<sup>3</sup> de ella son, o pueden ser, accesibles para el hombre mientras que los restantes 27.500 km<sup>3</sup> difícilmente lo serán de forma económica. De los primeros, actualmente se dispone de 6.780 km<sup>3</sup>, de los cuales realmente se usan 4.430 km<sup>3</sup>, siendo preciso permitir que los otros 2.350 km<sup>3</sup> fluyan por sus cauces naturales a fin de preservar las adecuadas condiciones ecológicas. En realidad, el hombre no consume estos 4.430 km<sup>3</sup> en su totalidad, sino únicamente 2.285 km<sup>3</sup>, devolviendo al medio terrestre un remanente de 2.145 km<sup>3</sup>, con frecuencia bajo condiciones de peor calidad.

Las figuras 1 y 2 sintetizan los datos antes referidos.

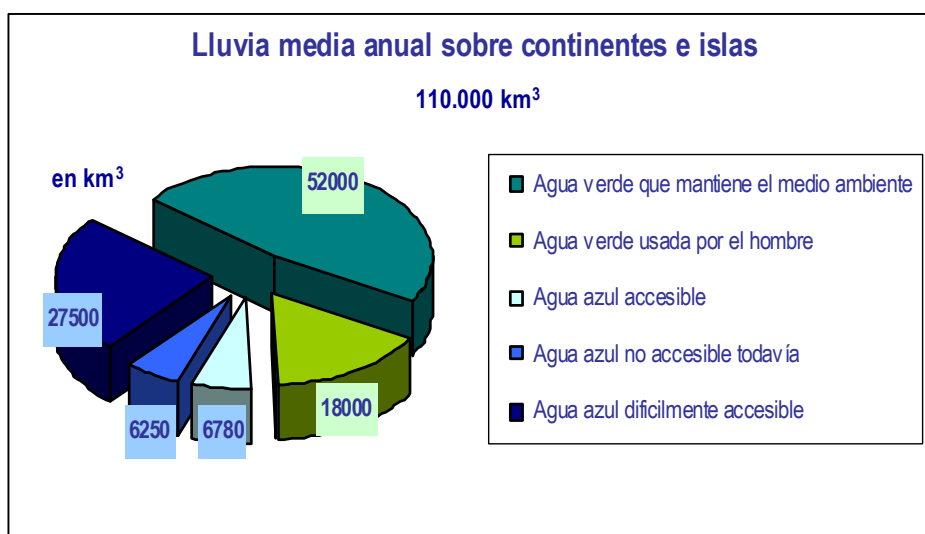


Fig.1. Lluvia media anual sobre la superficie terrestre (FAO, 1997).

Los recursos mundiales de agua recogida por escorrentía, la denominada “agua azul”, están diferentemente repartidos. Un tercio del total se recoge en Asia; sin embargo, por unidad de superficie América del Sur es la mejor dotada. Las cifras de Oceanía muestran situaciones muy dispares, desde el caso de Australia, con amplias zonas desérticas, a Indonesia, muy rica en este recurso.

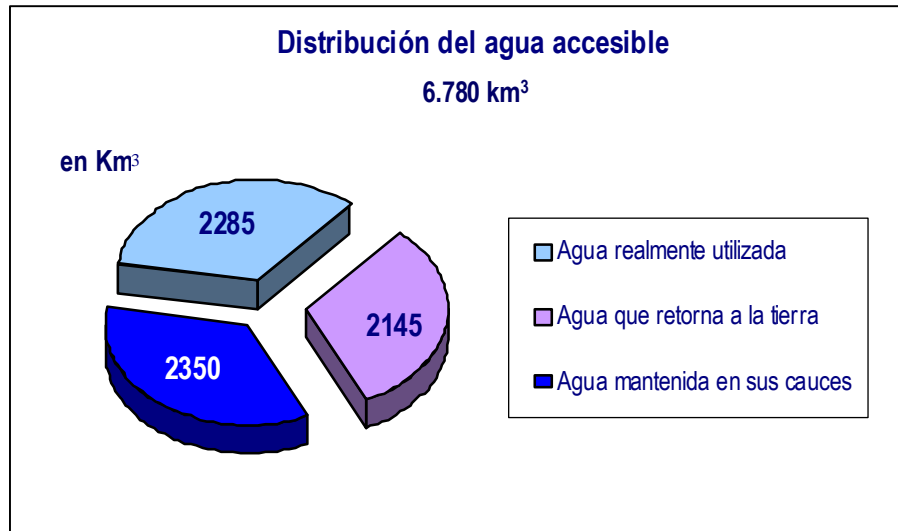


Fig. 2. Distribución del agua accesible (FAO, 1997).

Actualmente, más de una quinta parte de la Humanidad, unos 1.400 millones de personas, no tienen acceso a agua potable. Las previsiones de la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) para el año 2050 son que entre 2.000 y 7.000 millones de personas podrían sufrir escasez de agua. La figura 3 muestra el porcentaje de población con acceso a agua salubre.

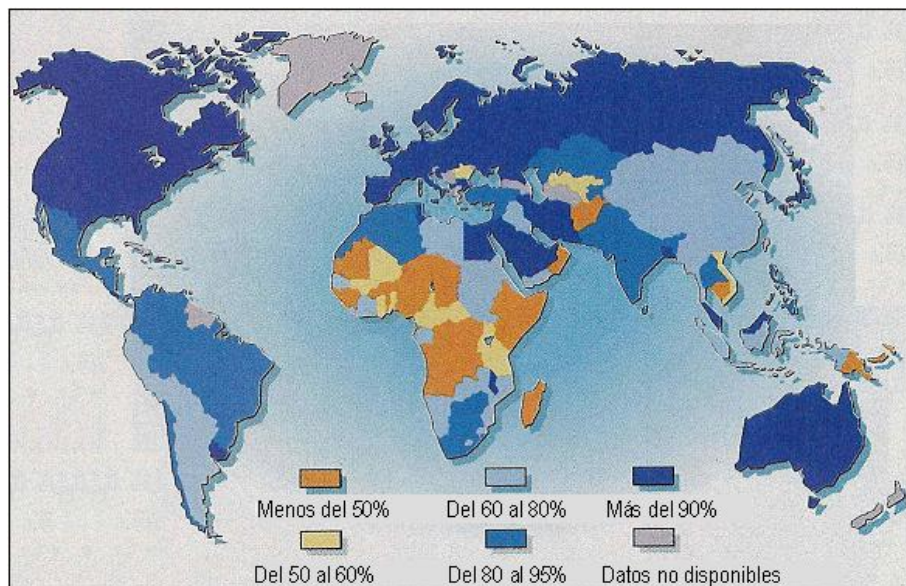


Fig. 3. Porcentaje de población con acceso a agua salubre (Orsini, 2004).

Relacionar los recursos de agua con el número de habitantes y con las previsiones existentes sobre evolución demográfica en cada continente permite apreciar tendencias muy



acusadas. Mientras que en Europa la situación no es abundante pero es estable, África tiene en la actualidad, aproximadamente, un tercio de disponibilidad por habitante y año que en 1960.

La lista de países en donde se prevé escasez de agua en el siglo XXI es muy amplia. Algunos, como Arabia Saudí, Emiratos Árabes o el Yemen, no dispondrán de más de 200 m<sup>3</sup> por habitante y año. En otros, como Mauritania, Siria o Sudán la cifra de agua producida en el interior de sus fronteras es escasa, dependiendo su suministro del agua generada fuera de sus límites territoriales. Dentro de Europa es llamativo el caso de Hungría, que sólo genera 591 m<sup>3</sup> por habitante y año dentro de su territorio, pero dispone de 11.326 m<sup>3</sup> incluyendo la recogida fuera de éste (FAO, 1997).

### 1.1.2. Demanda y gestión de los recursos hídricos.

El agua es un recurso natural imprescindible para la vida siendo, además, utilizado en un sinnúmero de actividades productivas, culturales, recreativas, políticas, religiosas, etc. Debido a que se trata de un recurso limitado, en cantidad y/o en calidad, y que, como se ha comentado en el apartado 1.1.1., no está equitativamente distribuido ni en el tiempo ni en el espacio, se hace necesaria la regulación de su uso.

El consumo de agua en el mundo aumenta imparablemente, tanto por el crecimiento de la población como por los nuevos usos en que se aplica, existiendo en algunas zonas del planeta serios problemas de escasez. En la tabla 1 se recogen los principales usos del agua en el mundo. Esta situación es uno de los grandes retos a los que la humanidad debe enfrentarse cuanto antes, ya que están comenzando a producirse las denominadas “guerras del agua” que, con toda seguridad, aumentarán en el futuro. Normalmente, la finalidad de estas guerras es conseguir el control de los recursos hídricos de un área geográfica para asegurar tanto el abastecimiento de la población como la suficiente producción de alimentos.

Tabla 1. Usos del agua en el mundo (elaboración propia a partir de WRI “World Resources Institute”, 1998 y 2004).

Continente	Agrícola (%)	Urbano (%)	Industrial (%)
África	88	7	5
Asia	85	6	9
Europa	31	14	55
América del Norte	49	13	47
América Central	86	8	6
América del Sur	59	18	23
Oceanía	34	64	2
<b>Total Mundial</b>	<b>71</b>	<b>9</b>	<b>20</b>

En ocasiones, los suministros hídricos de un país se engloban en cuencas hidrográficas que van más allá de sus límites territoriales. En el mundo más de doscientos ríos importantes cruzan la frontera de dos a más naciones, sin que en muchos casos se hayan establecido marcos legales estables para el uso conjunto de este recurso. En estas circunstancias se encuentran, entre otros, el río Jordán, el Eúfrates, el Nilo, el Ganges y los ríos del mar del Aral. Los focos de conflicto que esta situación produce son bien conocidos.

Desde hace unos años, en los foros internacionales se está considerando la necesidad de llevar a cabo políticas relacionadas con una buena gestión del agua. Así, en el capítulo

referente al agua de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas (UNCED), que tuvo lugar en 1992 en Río de Janeiro, se establecieron los principios que deben regir estas políticas. Otro escenario de debate es el Consejo Mundial del Agua surgido en 1996. Se trata de una organización no gubernamental cuyo objetivo es el de concienciar a los gobiernos sobre la importancia de gestionar el agua de forma sostenible. El último Foro Mundial del Agua tuvo lugar en Kioto, Siga y Osaka (Japón) en marzo de 2003. Por otro lado, el Banco Mundial publicó un documento que establece el marco para la política del agua a nivel mundial (World Bank, 1993). Como consecuencia de ello, muchos países han iniciado un proceso de revisión y reforma de sus políticas hídricas (FAO, 1995; FAO/UNDP "Food and Agriculture Organization / United Nation Development Programme", 1995). El establecimiento de esas políticas es, para cada nación o área geográfica, una situación de compromiso entre sus recursos físicos y sus objetivos de desarrollo social y económico.

En el caso de la Unión Europea, desde 1997 se está animando a los países constituyentes para que desarrollen políticas integradas e integrales en la gestión de los recursos hídricos. Este tipo de gestión implica que la toma de decisiones sobre la utilización del agua no debe basarse únicamente en los factores que afecten al agua, sino también en las repercusiones sociales, económicas y políticas. Además, durante los procesos de toma de decisiones debe favorecerse la participación de las comunidades afectadas para que, mediante asociaciones representativas de éstas, puedan dar su opinión acerca de las medidas a adoptar.

Desde finales de 2003, la Directiva en materia de aguas aprobada por el Parlamento Europeo (2000/60/CE) debe estar transpuesta en los estados miembros. En esta Directiva se contemplan las directrices referentes a la implicación por parte de los gobiernos regionales, nacionales y de la población en la toma de decisiones referentes a la utilización de los recursos hídricos.

Otro aspecto relevante de esta nueva Directiva es la contribución de los diferentes sectores económicos en la recuperación de los costes de los servicios relacionados con el uso del agua, incluidos los medioambientales y de gestión de recursos, así como la gestión conjunta de las aguas de aquellas cuencas hidrográficas que se extienden por más de un Estado miembro.

Actualmente, en los países desarrollados, como consecuencia del aumento del nivel de vida que de ordinario supone tener resueltos los problemas de abastecimiento de agua y alimentos, la sociedad exige nuevos usos para el agua. Entre estos, cobra especial importancia el mantenimiento y mejora del medio ambiente, así como su utilización con fines recreativos. Ante esta situación, la gestión del agua adquiere nuevas dimensiones ya que además de los usos tradicionales (urbanos, agrícolas e industriales), se están imponiendo estos otros, que generalmente conllevan la reducción de los volúmenes disponibles para los primeros, generando de esta forma nuevos focos de tensión entre distintos colectivos de la sociedad.

### **1.1.3. La agricultura de regadío como vía para alcanzar la "seguridad alimentaria".**

Dentro de los usos del agua el segundo más importante, tras abastecer a la población, es sin lugar a dudas el agrícola (WRI, 2004). La agricultura de regadío representa un papel relevante en la sociedad ya que garantiza la producción de alimentos, imprescindible para alcanzar la "seguridad alimentaria", minimizando los efectos de las sequías y permitiendo el cultivo de especies vegetales en zonas del planeta donde la escasez de pluviometría o la distribución de ésta en el tiempo no lo permitirían.

Se define la seguridad alimentaria, como *“aquella situación en la cual todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”* (FAO, 2004).

La agricultura, a nivel mundial, es la mayor consumidora de agua de entre los diferentes usos que el hombre da a este recurso. Como media consume alrededor del 71% existiendo, sin embargo, notable diferencia entre continentes para los usos agrícolas, industrial y urbano. En estas diferencias influyen especialmente la climatología y el nivel de desarrollo de la zona.

En algunos países en vías de desarrollo y en zonas áridas, el uso agrícola supera el 90%. El agua usada en la agricultura permite regar en la actualidad cerca de 270 millones de hectáreas (WRI, 2004). En éstas se obtiene el 40% del conjunto de alimentos y fibras producidas, utilizando una superficie de, aproximadamente, el 17% del total de tierras aradas. Estas cifras permiten comprobar el papel tan crítico que el regadío supone desde el punto de vista de la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Como indica Fereres (2001), es instructivo, haciendo un alto en el debate permanente sobre la agricultura del futuro, estudiar cómo se han suministrado suficientes alimentos para conseguir duplicar la población mundial de 3.000 a 6.000 millones en algo más de tres décadas.

El incremento de la producción agrícola requiere más superficie cultivada y/o mejoras en la producción por unidad de área. Desde los años 60, la superficie dedicada a la producción agrícola mundial apenas ha cambiado, permaneciendo en los 1.500 millones de hectáreas. Por lo tanto, el espectacular crecimiento de la producción de alimentos en las décadas recientes se ha debido, casi exclusivamente, a las mejoras en la productividad agrícola, las cuales se han basado especialmente en la obtención de nuevas variedades vegetales y en la utilización de nuevas tecnologías en la agricultura (mecanización agraria, fertilización, lucha contra plagas, informática, sistemas de información geográfica, imágenes de satélite...). De esta manera se ha logrado disminuir la diferencia entre la cosecha potencial y la real, sucediendo que en aquellas zonas donde las condiciones de suelo y clima son favorables, y hay acceso a capital humano y económico para el uso de estas nuevas tecnologías, ésta distancia ha disminuido hasta tal punto que las cosechas récord obtenidas por algunos agricultores en los últimos años se acercan a sus niveles potenciales (Evans y Fischer, 1999). Por el contrario, en zonas física y socialmente menos favorecidas para la producción agrícola estas diferencias continúan siendo muy importantes.

Entre los factores ambientales que causan la brecha entre el rendimiento real y el potencial, la falta de agua es probablemente el más importante. La producción en condiciones de suministro hídrico limitado es a menudo una pequeña fracción de la producida en condiciones de ausencia de déficit hídrico. Por lo tanto, no es sorprendente que desde el comienzo de las prácticas agrícolas el hombre haya intentado eliminar las limitaciones del déficit hídrico, usando estrategias y tácticas de conservación de agua en la agricultura de secano (Loomis y Conor, 1992) o generando un abastecimiento artificial de agua y aplicándola a los cultivos, es decir, transformando las superficies de secano en regadío. De esta forma desde hace cuatro décadas el regadío contribuye decisivamente a la seguridad alimentaria. La tabla 2 refleja la evolución de la superficie regada entre 1961 y 1997.

En el futuro, el riego tendrá un papel incluso más importante que el actual en la producción mundial de alimentos. Varios trabajos recientes de investigación han simulado el suministro y la demanda de alimentos durante los próximos 20 años. Eligiendo el horizonte 2020 para la realización de un análisis predictivo (IFPRI “International Food Policy Research Institute”,

1999), se estima que la demanda de cereales se incrementará en un 40% respecto al nivel actual y posiblemente más si tiene lugar una mejora en las dietas. Para compensar esta demanda, este mismo estudio predice un incremento modesto de la superficie cultivada (6%) y un sustancial acrecentamiento de la productividad. También indica que las zonas regadas deben aumentar en 40 Mha o que los 260 Mha existentes deberían incrementar su productividad en un 20% durante los próximos 20 años. Ya que la mayor parte de la expansión del regadío tendría lugar en los países en desarrollo (IFPRI, 1999), considerando las limitaciones físicas y económicas de esta expansión así como la pérdida de superficie regada debido a la urbanización y salinización, parece que el principal camino para dar respuesta al incremento futuro de la demanda de alimento en el mundo será una continua mejora de la productividad de la agricultura de riego. Sin embargo, hay limitaciones severas para incrementar los rendimientos en muchos regadíos. El auge de la productividad ocurridos durante los años 60 y 70 ha dado paso a incrementos más modestos en los años 80 y 90. Existen dudas razonables sobre el hecho de que se puedan mantenerse los aumentos de producción agrícola del pasado en los años venideros, salvo que se produzca una verdadera revolución en el campo de la biotecnología (Fereres, 2001).

Tabla 2. Superficie regada (Mha) y crecimiento del regadío (%) (Howell, 2001).

			Año		
			1961	1990	1997
Superficie regada	Países desarrollados	Superficie (Mha)	38	65	66
		Crecimiento (%)	-	74	1
	Países en desarrollo	Superficie (Mha)	102	177	200
		Crecimiento (%)	-	73	13
	Mundo	Superficie (Mha)	140	242	266
		Crecimiento (%)	-	73	10

Por lo que respecta a la capacidad de expansión del regadío en el mundo, según el Banco Mundial (World Bank/UNDP, 1990) queda la posibilidad de incrementar la superficie de riego en 110 millones de hectáreas en los países en vías de desarrollo. Este trabajo indica que el mayor potencial se encuentra en Asia, con 69 millones de hectáreas, aunque otros estudios presentan cifras inferiores.

#### 1.1.4. La gestión del agua en la agricultura de regadío.

Es un legítimo derecho del agricultor utilizar el agua en el proceso de producción con el cual obtener cosechas de mayor cantidad y calidad. Contribuye así a su propio bienestar económico y, como consecuencia de ello, al del colectivo al que pertenece. Este derecho, sin embargo, no debe entrar en conflicto con los derechos del resto de ciudadanos que demandan nuevos usos y una gestión sostenible de este recurso. En los países desarrollados con clima seco este aspecto puede ser de suma importancia ya que, de esta manera, se puede lograr la permanencia de la población en el medio rural, hecho que implica el sostenimiento de ciertos ecosistemas que necesitan de la actividad humana (Martín de Santa Olalla, 2001).

Desde el momento en que la agricultura se convierte en un medio para obtener ingresos y los adelantos tecnológicos permiten la puesta en regadío de las parcelas agrícolas, los agricultores han contemplado la necesidad de agruparse para gestionar el agua de forma eficaz, ordenada y equitativa, dando lugar a las comunidades de regantes.

La Península Ibérica es un referente mundial en este aspecto ya que las primeras comunidades de regantes surgieron aquí, probablemente durante el dominio romano, y hoy en día son estudiadas para ser implantadas en países en vías de desarrollo. Entre las más conocidas están las que componen el Tribunal de las Aguas de la Vega de Valencia, que cuenta con más de mil años de antigüedad (Del Campo García, 1996).

La gestión del agua, como la de cualquier recurso natural, comporta varias etapas (Aragonés *et al.*, 1996; Batchelor, 1999; Martín de Santa Olalla y De Juan, 2001):

En primer lugar, es preciso evaluar tanto la oferta como la demanda en el entorno en donde se va a gestionar. En el caso del agua es preciso conocer la oferta existente en las diferentes modalidades en que ésta puede presentarse (superficial, subterránea, depurada y desalinizada), aunque todas ellas formen parte de un mismo ciclo integral. Evidentemente, cada una de estas modalidades tiene condicionantes propios tanto de tipo económico, como social o medioambiental. Por otro lado, es preciso evaluar tanto la demanda de tipo consuntivo como la que no lo es. Entre las primeras se encuentran las destinadas a uso agrícola, urbano e industrial. Dentro de las demandas no consuntivas las más importantes son la hidroeléctrica y la medioambiental.

Un segundo paso es el de asignar el recurso, total o parcialmente, a unos usos y a unos usuarios concretos durante un tiempo determinado. Este reparto con frecuencia no satisface a todas las partes, especialmente cuando el colectivo afectado se encuentra alejado del proceso de toma de decisiones sobre las prioridades a establecer. Por este motivo, la participación de las asociaciones de usuarios en la toma de decisiones se considera clave para que los acuerdos alcanzados se lleven a la práctica con la aprobación de los colectivos implicados.

La tercera y última etapa sería el control en el cumplimiento de las asignaciones que cada uno de los usuarios tiene del recurso. Generalmente, la agricultura precisa de un control más complejo en su ejecución como consecuencia de ser el principal consumidor, agravado por el hecho de que su uso se encuentra más diseminado, disponiendo, por tanto, de mayores facilidades para incumplir. Este control no es sencillo en absoluto, especialmente cuando se trata de agua subterránea, ya que actualmente los agricultores gozan de medios que les permiten obtenerla de forma autónoma, siendo muy difícil evitar la extracción y evaluar el volumen de agua verdaderamente consumido. Los métodos de control más frecuentes se basan en la colocación de caudalímetros, la comprobación en campo y, en los países más desarrollados, la utilización de técnicas de seguimiento de los cultivos, como la teledetección, o la utilización de modelos que ayuden en la toma de decisiones que permiten asimismo el control de su uso (Martín de Santa Olalla *et al.*, 2003).

El control es seguramente la más importante de todas las etapas descritas, ya que es el único que puede garantizar la sostenibilidad de los sistemas. Para que se lleve a cabo adecuadamente es preciso que las etapas anteriores se hayan realizado correctamente.

Cuando el recurso se utiliza por encima de sus posibilidades de renovación, éste termina agotándose. En otras ocasiones parte del agua utilizada en el riego retorna a los acuíferos en condiciones inadecuadas de calidad. En ambos casos se está causando un daño que puede ser irreparable a este activo social. Por desgracia, frecuentemente estos daños tardarán un largo periodo en ser detectados, por lo que serán las generaciones futuras quienes carezcan de agua o dispongan de ella en condiciones de escasa calidad. En otros casos no es necesario esperar mucho tiempo para poder apreciar los efectos negativos sobre el medio ambiente de un abuso en la utilización del agua. La desecación de una laguna, la pérdida de caudal de un río, la destrucción de un ecosistema por un vertido de residuos son hechos demasiado habituales en la

actualidad. Surge así un valor medioambiental del agua que con frecuencia entra en conflicto con su utilización económica como factor de producción.

Zimmerman (1967), al estudiar los recursos naturales, destaca el hecho de que sean capaces de realizar una función que satisfaga una necesidad social. El agua permite la satisfacción de este tipo de necesidades cuando existe en volumen y calidad suficientes para poder hacerlo. Si se reconoce esta función del recurso natural, el agua no puede ser entendida únicamente como un factor productivo y se explica mejor como un patrimonio o activo social (Sunkel y Leal, 1985). La noción del agua como activo social exige superar la existencia sobre la misma de una propiedad privada, lo que implica que debe ser gestionada desde las administraciones públicas.

En la actualidad, particularmente en los países desarrollados, existe una creciente sensibilización por los temas medioambientales. La Unión Europea, a través de su Directiva 2000/60/CE, pretende establecer un marco de actuación para la protección de las aguas comunitarias. Los principales objetivos de esta Directiva son: prevenir o reducir la contaminación de las aguas, promover su uso sostenible, proteger el medio ambiente, mejorar los ecosistemas acuáticos y atenuar los efectos de las inundaciones y sequías. Para lograr estos objetivos se han propuesto una serie de actuaciones que pueden resumirse de la siguiente forma: promover la participación en la gestión del agua de todas las partes interesadas, garantizar que los consumidores utilicen el agua de forma eficaz, recuperar los costes de los servicios relacionados con el uso del agua y establecer una serie de sanciones eficaces contra los infractores.

En estos países, en los que el principal sector de actividad es el terciario, sus ciudadanos exigen cada vez un mayor contacto con la naturaleza y nuevas actividades de tiempo libre que en muchos casos están relacionadas con el agua. Esta situación está provocando que las zonas urbanas y de ocio demanden cada vez más agua y se cuestione si realmente la sociedad debe seguir manteniendo una producción agrícola que, al menos en parte, podría importarse de otros países.

El concepto que una parte de la sociedad tiene de la agricultura tradicional, y especialmente de la de regadío, no es demasiado positivo. Así, con excesiva frecuencia se considera como una actividad poco respetuosa con el medio ambiente, altamente contaminante del agua y el suelo, dañina con la flora y la fauna, que malgasta los recursos incluso agotándolos o degradándolos, genera alimentos de dudosa calidad como consecuencia de la elevada cantidad de productos químicos que se utilizan y que necesita de múltiples subvenciones para su viabilidad económica.

Independientemente de que la anterior valoración sea o no acertada, la agricultura de regadío a nivel mundial necesita optimizar la gestión en el uso del agua especialmente para lograr su compatibilidad con el medio ambiente. En los países desarrollados esta optimización en el uso del recurso debe conseguir que la agricultura mejore su legitimidad social contribuyendo a la protección del medio ambiente, haciendo compatible la utilización del agua con los nuevos usos que la sociedad demanda y reduciendo en lo posible el montante de las subvenciones como consecuencia de un incremento del propio margen bruto (Martín de Santa Olalla, 2001).

## 1.2. LOS RECURSOS SUBTERRÁNEOS EN ESPAÑA.

Las aguas subterráneas desempeñan un papel muy importante como fuente de agua en el mundo. Se supone que el 97% del agua dulce no congelada está almacenada en acuíferos y aportan agua potable a un tercio de la población mundial. En Europa se estima que el 65% del agua suministrada por la red pública es de origen subterráneo (Ramsar, 2000).

En el caso de España, una parte importante de la demanda consuntiva de agua se satisface con aguas subterráneas. Según Delgado Moya y Martín de Santa Olalla (2003), puede indicarse que la explotación de los acuíferos sustenta el abastecimiento de más de 12 millones de habitantes, lo que representa el 30% de la población, el regadío de 700.000 ha y de otras 300.000 ha en las que las aguas subterráneas complementan las dotaciones superficiales. Este abastecimiento supone un volumen de extracciones por bombeo del orden de 5.500 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, que representan aproximadamente del 20 al 25% de la recarga total de los acuíferos.

Administrativamente, los acuíferos del territorio se han agrupado en unidades hidrogeológicas, las cuales están formadas por uno o más acuíferos e incluso por porciones de territorio donde no existen acuíferos. El número de unidades hidrogeológicas deslindadas asciende a 411, de acuerdo con el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MINER-MOPTMA “Ministerio de Industria y Energía – Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente”, 1995), de las que 20 son compartidas por varios ámbitos de planificación. La distribución de las unidades hidrogeológicas no compartidas se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Unidades hidrogeológicas no compartidas (MINER-MOPTMA, 1995).

Ámbito de Planificación	Número de UH
Norte I	3
Norte II	16
Norte III	7
Duero	20
Tajo	12
Guadiana I	10
Guadiana II	2
Guadalquivir	57
Sur	41
Segura	50
Júcar	46
Ebro	57
C. I. Cataluña	29
Baleares	34
Canarias	7
<b>TOTAL</b>	<b>391</b>

La superficie ocupada por los afloramientos permeables asciende a 176.561 km<sup>2</sup> (35% del territorio), mientras que el volumen de recarga natural de los acuíferos se ha evaluado entre 20.000 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (MINER-MOPTMA, 1995) y 29.000 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (MMA “Ministerio de Medio Ambiente”, 1998a).

La evaluación de la explotación por bombeo se establece entre 5.000 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (MMA, 1998a) y 6.100 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (MINER-MOPTMA, 1995), desglosada entre abastecimientos urbanos (1.080 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>), actividad agrícola (3.500 – 4.660 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>) e industrial (unos 400 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>).

Respecto a las salidas subterráneas al mar, son varios los autores que han desarrollado estudios en este sentido, apareciendo el resultado de estos trabajos en el Libro Blanco del Agua en España (MMA, 1998a). Las cifras que allí aparecen son bastante dispares como muestra el hecho de que según el MOPU-DGOH-CEH (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo – Dirección General de Obras Hidráulicas – Centro de Estudios Hidrográficos) (1980) las salidas subterráneas al mar para el total de España alcanzan los  $5.390 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  mientras que, en un estudio posterior, para la DGOH (1995) sólo suponen  $1.070 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ .

Las amplias variaciones existentes tanto en la evaluación de la recarga ( $9.000 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ) como en la de las extracciones por bombeo ( $1.000 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ), ponen de manifiesto la escasa fiabilidad de la información hidrogeológica básica

La configuración geomorfológica de la costa peninsular y de las Islas Baleares consiste en una sucesión de cadenas montañosas calcáreas que delimitan amplias plataformas costeras detríticas. Cabe distinguir, por tanto, dos tipos de acuíferos: detríticos y carbonatados. Los acuíferos de las Islas Canarias están formados por rocas efusivas y depósitos no consolidados en los valles y área costera.

Las características morfológicas, geológicas y geométricas de los acuíferos detríticos de la franja litoral favorecen, en ocasiones, la existencia de varios niveles acuíferos superpuestos en la vertical, de naturaleza libre el superior y confinado o semiconfinado los niveles inferiores. La permeabilidad de los niveles más groseros suele ser elevada, por lo que se pueden obtener caudales importantes. Los acuíferos carbonatados más significativos están constituidos por calizas y dolomías mesozoicas.

La alimentación de los acuíferos detríticos ocurre fundamentalmente mediante la recarga por las precipitaciones, la percolación de escorrentías superficiales y los retornos de regadíos. La descarga se produce por el bombeo en pozos y sondeos y las salidas difusas al mar. La intensa explotación a que están sometidos ha provocado la inversión del flujo desde el mar hacia el interior, con el resultado de salinización de amplias franjas de esos acuíferos.

Los principales acuíferos del interior también están formados por litologías detríticas y carbonatadas. Los primeros se localizan en las grandes depresiones intramontañosas y en los valles aluviales. Generalmente son acuíferos libres, o multicapas por lo que pueden presentar cierto semiconfinamiento en profundidad. Los acuíferos carbonatados están asociados a los relieves calizos de los sistemas montañosos aunque pueden tener continuidad bajo los sedimentos fluvio continentales y lacustres de recubrimiento. En afloramiento son acuíferos libres, mientras que bajo los rellenos sedimentarios son confinados. Una característica dominante de estos acuíferos es el carácter kárstico que determina un sistema de flujo a través de conductos preferenciales. En las cuencas internas los acuíferos pueden ser mixtos formados por materiales detríticos y calizas lacustres miocenas intercaladas o alternantes (Mancha Oriental y Occidental).

El incremento de la demanda de agua para usos agrícolas, urbanos, e industriales, ha originado un acelerado incremento de la explotación de aguas subterráneas. A consecuencia de ello ha surgido una serie de fenómenos que, por recientes, no son conocidos con precisión lo que a veces origina cierta confusión al atribuir como sobreexplotación los efectos de una normal, aunque intensificada, explotación de un acuífero (Delgado Moya, 1992).

Las principales consecuencias que la explotación incontrolada puede originar en un acuífero son sobreexplotación de los recursos, intrusión de agua de mar y contaminación por agentes químicos.



Una aproximación a la sobreexplotación real aparece en MINER-MOPTMA (1995). En este texto se indica que existen 51 unidades hidrogeológicas en las que la relación bombeo/recarga es superior a 1, ascendiendo el déficit total a 711 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. En MMA (1998a) el número de unidades con bombeo/recarga superior a 0'8 son 89, ascendiendo el déficit efectivo a 1.055 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

Se entiende por sobreexplotación legal la que está sometida a declaración provisional o definitiva. En El Libro Blanco del Agua (MMA, 1998a) viene recogida una lista de las unidades hidrogeológicas intercomunitarias que se encuentran en esta situación, siendo la más antigua de todas las declaradas con carácter definitivo la de Campo de Montiel en 1989, y la última de carácter provisional la de Campo de Dalías en 1995. En total son 15 las unidades hidrogeológicas intercomunitarias declaradas sobreexplotadas, perteneciendo todas ellas a cuencas de la mitad sur peninsular. Además, hay que añadir las unidades 10.23 Bloque de Gaia y 10.25 Camp de Tarragona, declaradas provisionalmente sobreexplotadas en 1988 por la Generalidad de Cataluña. Como consecuencia, se estima que el volumen de agua sobreexplotado es del orden de 700 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (Delgado Moya y Martín de Santa Olalla, 2003).

En muchas ocasiones, los descensos de los niveles piezométricos pueden tener consecuencias sobre la calidad del agua y el avance de la intrusión marina. En estos casos, la conservación de la calidad del agua por encima de un umbral mínimo prefijado, se convierte en una limitación sobre los niveles. En general, la prevención de los impactos que una explotación intensiva puede ocasionar constituye una limitación a dicha explotación. Por todo ello, las reservas explotables son, en la práctica, inferiores a las reservas físicas de un acuífero.

Los mayores problemas de intrusión marina se localizan en los acuíferos del arco mediterráneo, en las Islas Baleares y en la costa atlántica andaluza. Se han inventariado 48 unidades hidrogeológicas con algún grado de salinización por intrusión marina de las que 15 presentan intrusión generalizada (MMA, 1998a).

La incidencia de este proceso degradatorio de la calidad del agua de los acuíferos costeros es patente en todas las actividades, por cuanto los recursos quedan inutilizados para cualquier uso.

La salinización por intrusión marina es difícil de cuantificar, siquiera aproximadamente, si bien son 26 unidades hidrogeológicas en las que se ha detectado un elevado contenido en cloruros (superior a 250 mg l<sup>-1</sup>) (Delgado Moya y Martín de Santa Olalla, 2003).

En España la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es la más importante, debido a la extensión afectada, siendo los principales causantes la agricultura, la ganadería y, en menor cuantía, los residuos líquidos urbanos. Este tipo de contaminación se presenta en prácticamente todos los acuíferos sobre los que se asientan superficies de riego, en particular en los acuíferos de la franja mediterránea, en los de las grandes depresiones del Duero, Tajo, Ebro y Guadalquivir, en la llanura Manchega así como en los valles de los grandes ríos. Una característica importante de este tipo de contaminación es que se incrementa paulatinamente según se intensifica el regadío (MMA, 1998b).

A diferencia de los dos casos anteriores, los procesos de contaminación son tan variados en el espacio, en la forma de presentarse y en sustancias contaminantes, que impide cualquier evaluación cuantitativa de los recursos afectados (Delgado Moya y Martín de Santa Olalla, 2003).

### 1.3. LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA MANCHA ORIENTAL.

#### 1.3.1. Breve descripción de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.

La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO) pertenece administrativamente a la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) formando parte del espacio que dentro de la misma se denomina Sistema Júcar. Comprende el conjunto de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, localizados en el área geográfica que se muestra en la figura 4. Entre estos recursos tienen especial importancia los subterráneos del Acuífero 08.29.

La Unidad tiene como elemento de drenaje principal el río Júcar, aunque existen otros cauces superficiales de menor entidad como son los ríos Jardín y Lezuza en la margen derecha o Valdemembra en la margen izquierda. Salvo circunstancias excepcionales estos ríos desaparecen antes de verter sus aguas al Júcar.

El Acuífero 08.29 tiene una extensión superficial próxima a los 8.500 km<sup>2</sup> y constituye una de las reservas de agua subterránea más importantes de España. Un estudio realizado por el Instituto Geológico y Minero (IGME) estima sus reservas totales en 100.000 hm<sup>3</sup> y las disponibles en 20.000 hm<sup>3</sup> (IGME, 1980). Lamentablemente, después del intenso proceso de explotación que ha sufrido en los últimos veinte años, notablemente superior a su recarga, las reservas útiles del Acuífero, que no han sido científicamente de nuevo evaluadas, tienen que ser necesariamente bastante inferiores a la cifra antes indicada (Martín de Santa Olalla, 2001). Los límites territoriales correspondientes a la UHMO se corresponden prácticamente con los del Acuífero.

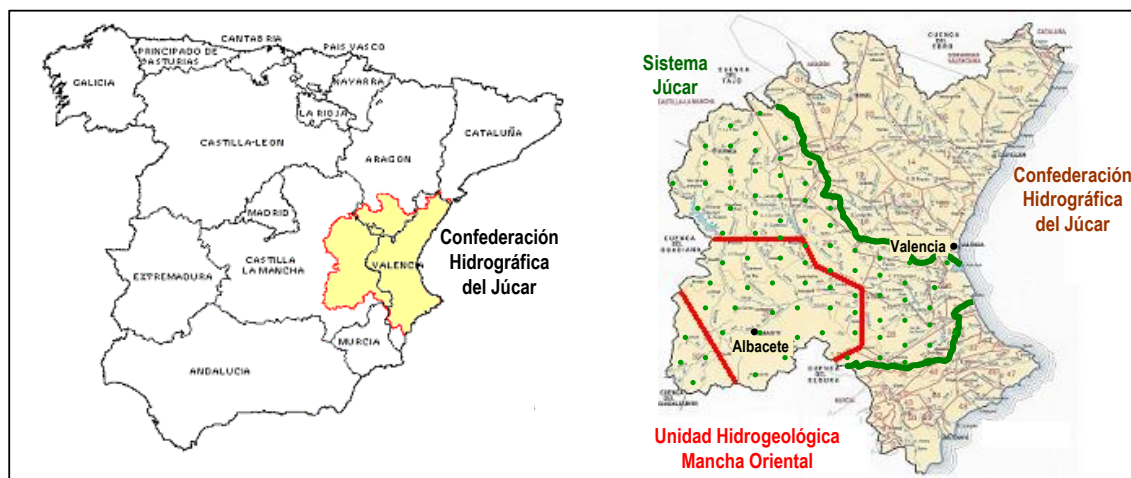


Fig. 4. La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO).

Con el fin de evitar repeticiones, dado que la información referente a esta Unidad ha sido clave para la construcción del modelo y por tanto debe aparecer dentro de “Material y métodos”, en el apartado 3.1 “Características de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental”, se realiza una descripción con mayor profundidad de la misma.

#### 1.3.2 Evolución de los regadíos y la demanda de agua. Antecedentes y situación actual.

El incremento de la superficie de regadío ha sido espectacular desde 1975 hasta finales de la década pasada, constituyendo sin duda una fuente de desarrollo importante en la Región.

Este desarrollo ha llevado aparejado un consumo de agua creciente, tal y como se indica en la figura 5.

Los consumos, particularmente durante los últimos quince años, han sido superiores a la recarga. Durante este periodo ha coincidido un aumento espectacular de la demanda que ha pasado de menos de 300 hm<sup>3</sup> a algo más de 460 hm<sup>3</sup> en el año 2000 con unos periodos de sequía importantes. En el año 2001, merced a algunas medidas que se comentarán más adelante, se redujo el consumo a unos 420 hm<sup>3</sup> (en el año 2002 alrededor de 440 hm<sup>3</sup>).

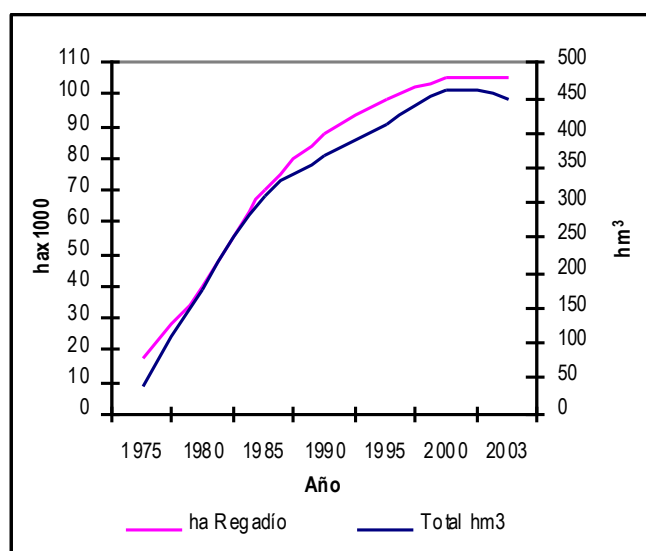


Fig. 5. Evolución de los regadíos y del consumo de agua en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (ITAP "Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete", 2004).

La figura 6 muestra el déficit pluviométrico en la estación de Las Tiesas durante el periodo 1987-2001 con relación a una media de lluvia de 21 años, y la figura 7 la distribución geográfica de la precipitación en el año 2001. Ambas figuras son suficientemente expresivas para caracterizar las condiciones de sequía comentadas.

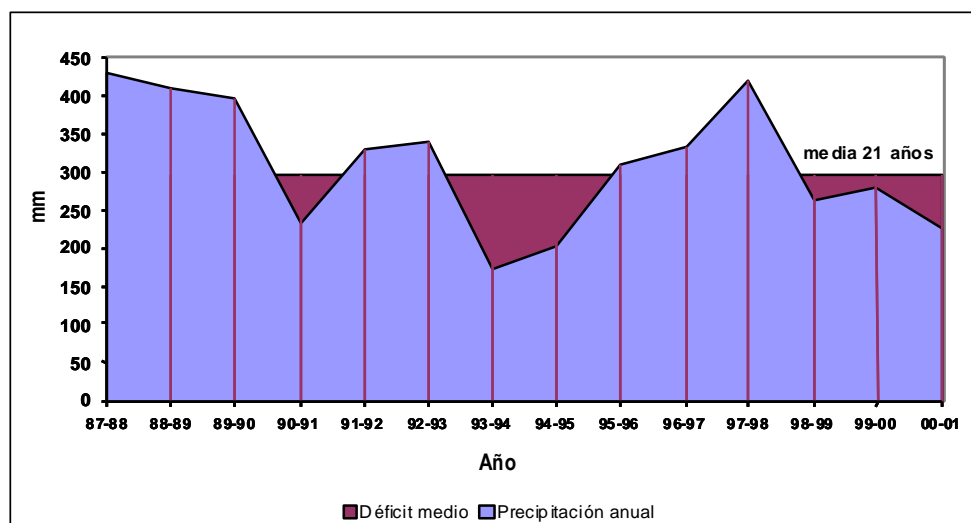


Fig. 6. Déficit pluviométrico del año agrícola en el periodo 1987-2001 (ITAP, 2002).

Así, por ejemplo, la estación pluviométrica de Las Tiesas recibió de media en los últimos 21 años 300 mm, mientras que en el año 2001 apenas alcanzó los 200 mm.

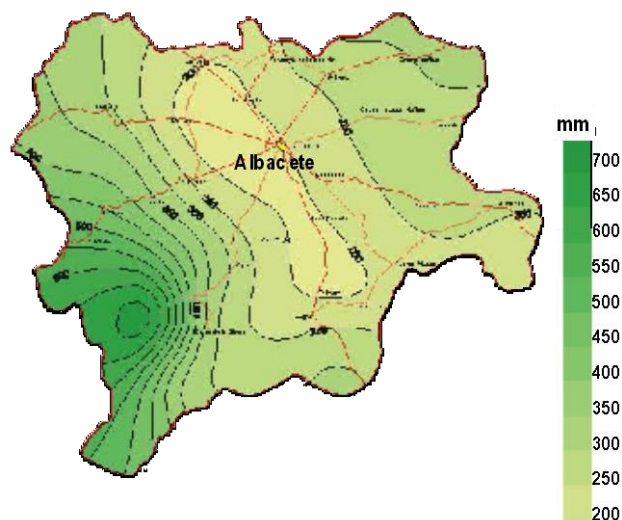


Fig. 7. Distribución de la precipitación acumulada en el año 2001 (ITAP, 2002).

Los descensos de los niveles piezométricos han superado como promedio el metro y medio anual, aunque en algunas zonas, como ha sido el caso de “El Salobral”, se ha doblado esta cifra. La figura 8 muestra el descenso sufrido sólo en el periodo 1999-2001, referidos a las once unidades de explotación en que el IGME dividió el conjunto del Acuífero.

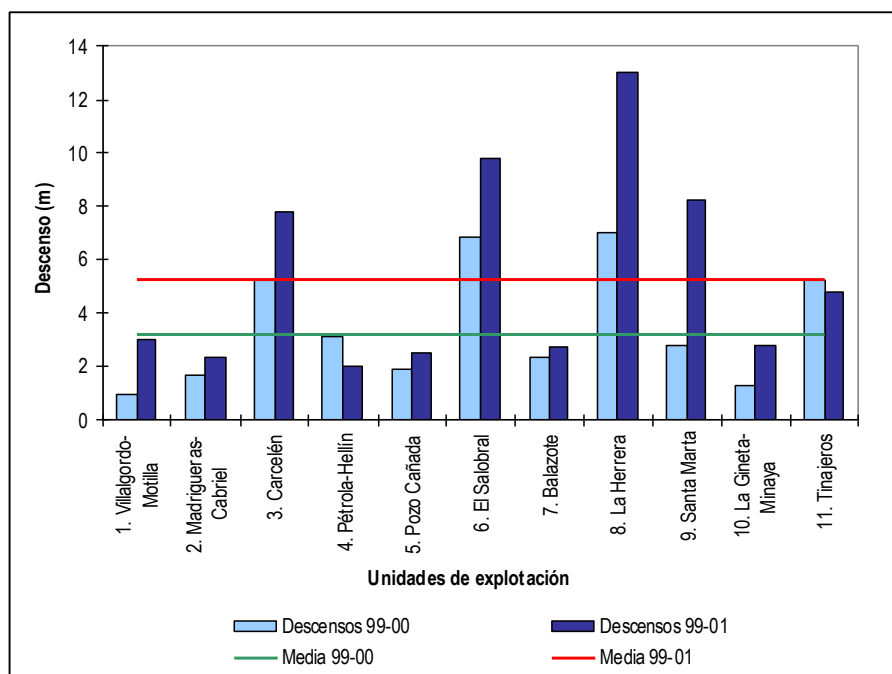


Fig. 8. Descenso medio de los piezómetros del Acuífero 08.29 en el periodo 1999-2001 (ITAP, 2002).

En el año 2003 en el conjunto de la Unidad se regaron 108.539 ha con un consumo estimado de 453 hm<sup>3</sup> (tabla 4). Casi el 90% de esta superficie utilizó aguas subterráneas.

Particularmente interesante ha sido la evolución de los cultivos de regadío durante este periodo. Entre 1985 y 1990 el cultivo de maíz llegó a ocupar una superficie próxima a las cincuenta mil hectáreas coincidiendo con los precios más elevados de este cereal. En la actualidad se ha producido una diversificación importante de cultivos tal y como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución de cultivos y del consumo de agua en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental durante 2003 (ITAP, 2004).

	<b>Superficie Mancha Oriental (ha)</b>	<b>Consumo riego (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo total (hm<sup>3</sup>)</b>
Cebada	16.401	2.430	40
Trigo	16.046	3.360	54
Avena y otros	1.734	2.600	5
Colza	124	2.790	0
Adormidera	3.241	2.670	9
Guisante y otros	1.413	2.040	3
Ajo	5.732	2.890	17
Guisante verdeo	1.160	2.040	2
Veza	672	1.500	1
Retirada	9.402	0	0
<b>Total Cultivos Invierno</b>	<b>55.923</b>		<b>130</b>
Remolacha	3.050	7.950	24
Girasol	1.650	4.280	7
Alfalfa	11.021	8.010	88
Maíz	20.155	6.580	133
Cebolla	6.568	5.450	36
Maíz dulce	2.005	5.310	11
Patata	1.149	6.800	8
Kenaf	95	4.990	0
Olivo, vid y almendro	3.948	1.500	6
Judía	441	2.780	1
Otros	2.535	3.500	9
<b>Total Cultivos Verano</b>	<b>52.616</b>		<b>323</b>
<b>Total Cultivos</b>	<b>108.539</b>		<b>453</b>

Esta diversificación se ha producido en un doble sentido:

- Dentro de los cultivos que reciben subvención de la Política Agraria Comunitaria (PAC), una disminución de los cultivos de verano y un aumento de los de invierno.
- En el conjunto de los cultivos una disminución de aquellos que reciben subvención de la PAC y un aumento de los que no la reciben. Dentro de estos últimos crecen de manera significativa los cultivos hortícolas y leñosos.

En el año 2003 más de quince cultivos superaron las mil hectáreas de superficie cultivada, siendo el maíz el único que alcanzó las veinte mil. La cebada es otro de los grandes cultivos de la zona, superando las dieciséis mil hectáreas. La superficie dedicada al trigo, sin embargo, es muy fluctuante (ITAP, 2004). En 2001 la superficie dedicada a este cultivo fue de nueve mil seiscientos hectáreas (ITAP, 2002). La retirada de tierras, obligatoria y voluntaria, supera las nueve mil hectáreas, siendo el tercer "cultivo" en superficie.

Esta es a grandes rasgos la situación actual de la explotación del Acuífero, en el que a pesar del éxito de algunas medidas tomadas en los últimos años, merced sobre todo a las

políticas desarrolladas por la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO), su sostenibilidad da la impresión de estar seriamente comprometida. Lograr equilibrar la Unidad es el desafío más importante con que se enfrentan en los próximos años tanto la administración hidráulica como los propios regantes.

### **1.3.3 La gestión de los recursos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental. La Junta Central de Regantes de La Mancha Oriental y el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete.**

*La Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO).*

En el año 1994, coincidiendo con la sequía más severa constatada en nuestro ámbito, nació la JCRMO. Ese año en la estación meteorológica de Las Tiesas se recogieron 150 mm de precipitación. La creación de la Junta, a partir de los colectivos que la fueron propiciando, se llevó a cabo formalmente en 1995 en su asamblea constituyente y posteriormente con la aprobación de sus estatutos por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) (Martín de Santa Olalla, 2001).

Jurídicamente se trata de una Corporación de Derecho Público adscrita a la CHJ siendo obligatoria la pertenencia a la misma para todos los usuarios de aguas subterráneas del Acuífero 08.29.

Los objetivos de la JCRMO son dos fundamentalmente. Por un lado gestionar los aprovechamientos hídricos, dentro de su ámbito en colaboración con la CHJ, de forma que se logre un uso sostenible de dichos recursos. Por otro, representar y defender los intereses colectivos de sus integrantes ante las autoridades públicas y privadas en lo que al uso del agua se refiere. Estas tareas están estructuradas en cuatro grandes grupos (Martín de Santa Olalla, 2001).

La primera actuación atañe al desarrollo de los trabajos que conducen a un conocimiento tan amplio como sea posible de los usos del agua en el Acuífero, siendo la principal herramienta el Inventario de Regadíos.

El segundo bloque de trabajos tiene por objetivo limitar los consumos de cada explotación al máximo admisible. Este objetivo se intenta lograr a través del Plan de explotación del Acuífero que establece anualmente la JCRMO. Se trata de una medida de autorregulación que los propios regantes se otorgan y que es aprobado en la asamblea anual que tiene lugar antes del comienzo de cada campaña. Una vez asignado a cada usuario el volumen de agua que puede utilizar en su explotación, éste establece el Plan de explotación aplicable a su superficie de regadío y lo presenta a la JCRMO para su visado.

Las herramientas utilizadas en esta segunda tarea parten, por un lado, del análisis de la situación del Acuífero a partir de la evolución de sus niveles piezométricos, que se utilizan para evaluar la oferta disponible; por otro, de las necesidades de agua de los cultivos establecidas por el Servicio de Asesoramiento de Riegos (SAR) y finalmente, de los datos aportados por el propio regante sobre la distribución de cultivos en su explotación.

El tercer bloque pretende definir conjuntos de parcelas catastrales en los que la gestión del agua se realiza de forma unitaria dado que disponen de las necesarias infraestructuras en común. Estos conjuntos de parcelas son denominados Unidades de Gestión Hídrica (UGH). La figura 9 muestra un ejemplo de UGH.

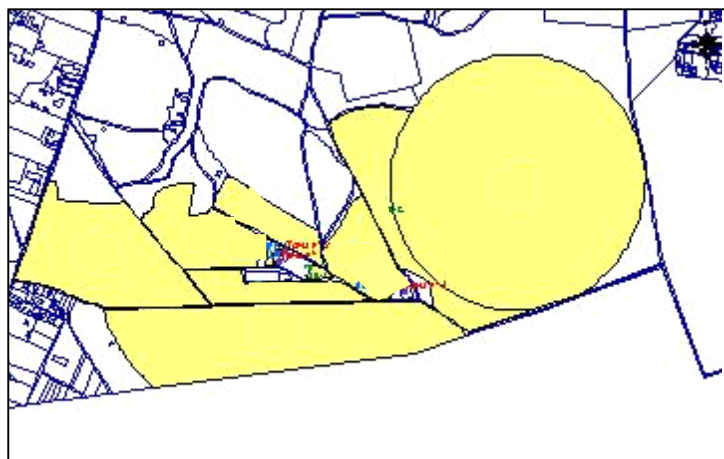


Fig. 9. Ejemplo de una Unidad de Gestión Hídrica (UGH) (JCRMO, 1999).

Estas UGH pueden pertenecer a uno o varios propietarios y, evidentemente, un mismo propietario puede estar incluido en una o varias UGH. A cada una de estas unidades se les asigna un volumen de agua que es el máximo que puede utilizar en su Plan de explotación.

Para ello se realizó un seguimiento de las superficies de regadío y tipo de cultivo que ha existido en tres periodos diferentes: antes de 1986, fecha de la entrada en vigor de la Ley de Aguas; en el periodo 1986-1997, que comprende el espacio transcurrido entre aquella fecha y la de la aprobación del Plan Hidrológico del Júcar; y por fin aquellas superficies en donde el regadío ha aparecido con posterioridad al año 1997. A cada una de estas superficies se les ha asignado un volumen de agua por hectárea. Las superficies puestas en riego con posterioridad a 1997 sólo pueden mantenerse en uso en tanto en cuanto puedan estar ligadas a un regadío anterior y puedan considerarse ampliación de regadío sin incremento de volumen. En este caso su dotación por hectárea es nula. Si no sucede así, son clausuradas por la CHJ.

Los instrumentos que se han utilizado en este bloque han sido el inventario de regadíos y de explotación (Catastro Rural Digitalizado) y de forma muy especial los datos obtenidos por teledetección sobre los cultivos que se regaban en cada periodo.

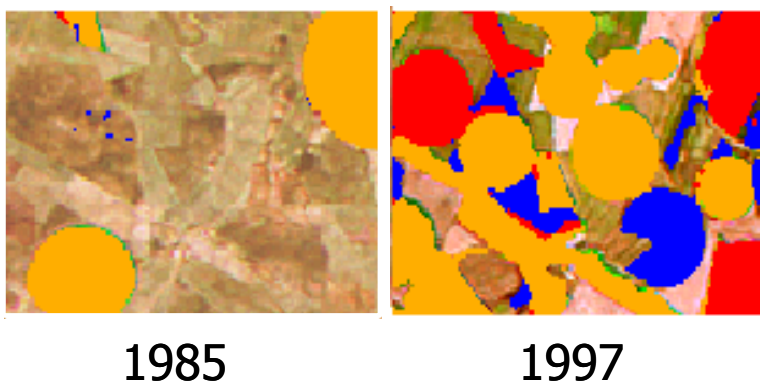


Fig. 10. Ejemplo de evolución de la superficie regada obtenida por teledetección (JCRMO, 1999).

Todos los procesos de gestión anteriormente descritos, no tendrían ninguna validez si no se establecieran los adecuados mecanismos de control que aseguraran el correcto uso del recurso asignado.



Este control se lleva a cabo tanto por la propia CHJ, fundamentalmente a través de su servicio de guardería, como por la JCRMO por medio del Jurado de Riegos.

La labor de vigilancia se realiza a dos niveles:

- Por parte de la JCRMO el cumplimiento del Plan de explotación.
- Por parte de la CHJ que únicamente riegue quién tenga derecho a hacerlo.

El Plan de explotación se comprueba en primer lugar en gabinete, donde suele aparecer un porcentaje normalmente pequeño de presuntos incumplidores.

Desde la campaña 2001 la JCRMO dispone de información de teledetección en tiempo real, es decir, de las imágenes de los cultivos adecuadamente clasificados antes de que éstos hayan sido recolectados. Esta circunstancia permite, todavía en gabinete, comprobar la adecuación entre la declaración del regante ante la Junta y lo que realmente ha cultivado. Asimismo, permite detectar si existen regadíos en parcelas que no disfrutan del correspondiente derecho de uso del agua.

La información proporcionada por la teledetección sobre posibles incumplimientos debe ser comprobada en campo antes de que se efectúe la recolección, lo cual exige actuar con rapidez. Es conveniente señalar que en este momento el grado de cumplimiento del regante es alto, alrededor del 90%. La figura 11 muestra un ejemplo de cómo se desarrolla esta inspección en campo.

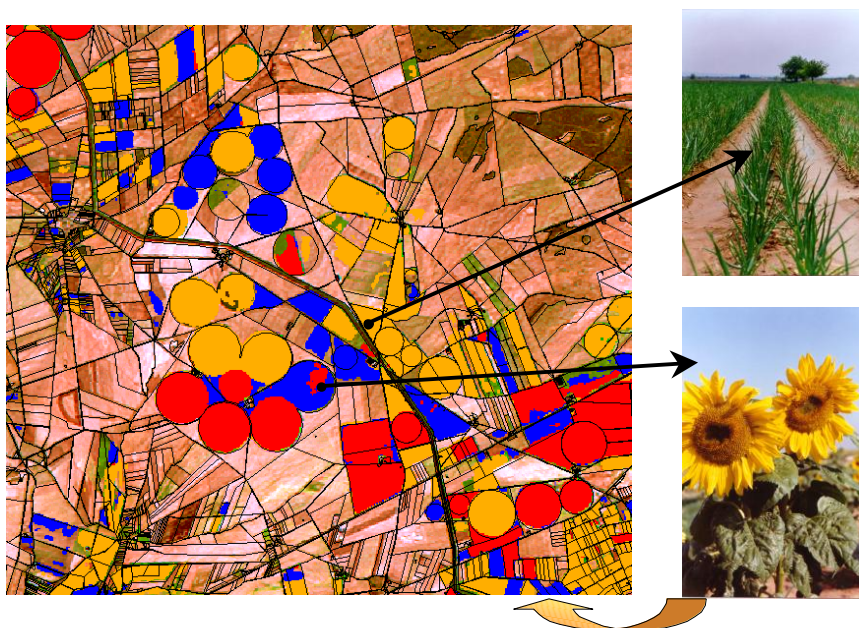


Fig. 11. Comprobación en campo de la información obtenida por teledetección (JCRMO, 1999).

Si se comprueba, en el caso de los incumplidores, la coincidencia entre los datos de la teledetección y la información obtenida en el campo, se inicia el expediente sancionador por parte del Jurado de Riegos o de la propia CHJ.

Otra tarea que lleva a cabo la JCRMO es la sustitución de bombeos de aguas subterráneas por aguas superficiales. El PHJ prevé que esta sustitución alcance la cifra de 80 hm<sup>3</sup> en el conjunto del Acuífero, existiendo la posibilidad de aumentar esta cantidad con parte de los restantes 65 hm<sup>3</sup> destinados, además, a la redotación de regadíos y creación de otros



nuevos (PHJ, 1999). De este volumen se estima que 32 hm<sup>3</sup> puedan destinarse a la sustitución de bombeos (CHJ, 2004b).

A la fecha de la redacción de esta Tesis Doctoral la sustitución anual de bombeos es de unos 30 hm<sup>3</sup> (CHJ, 2004b) que es el volumen máximo que las infraestructuras actuales permiten. La sustitución se ha realizado en la zona de los Llanos de Albacete, concretamente en los regadíos de iniciativa pública situados próximos al Acueducto Tajo-Segura, el cual se ha empleado como canal de transporte para este fin. En el futuro y en la medida que se disponga de las infraestructuras adecuadas se irá ampliando este volumen hasta alcanzar la cifra asignada.

#### *El Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete (SAR).*

El SAR fue creado en 1988 fruto de un convenio entre la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y el Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP). Su objetivo fundamental es el uso sostenible de los recursos hídricos de la UHMO mediante la consecución de los siguientes objetivos parciales (Montoro *et al.*, 2002):

- Seguimiento y control de los recursos renovables y demanda de agua en la Unidad.
- Mantenimiento de la red de estaciones meteorológicas del SAR.
- Mantenimiento y gestión de la estación lisimétrica experimental de las Tiesas.
- Cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos de la zona e información a los regantes de las necesidades de riego.
- Asesoramiento agronómico a los agricultores de la zona.
- Colaboración con la JCRMO para asegurar el cumplimiento de los Planes de explotación individual.

La metodología utilizada para lograr estos objetivos queda resumida en la figura 12.

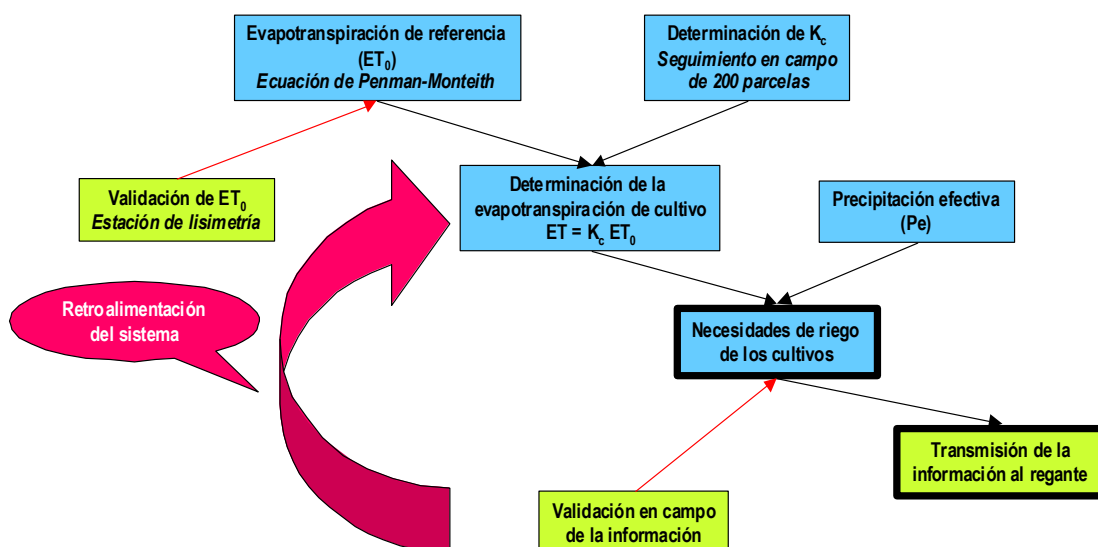


Fig. 12. Metodología utilizada por el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete.

Mediante la medida de las precipitaciones, los volúmenes de aguas superficiales que abastecen a la Unidad y la estimación de la recarga del Acuífero, se calculan los volúmenes

renovables. La demanda puede ser estimada de forma bastante precisa mediante el seguimiento de los cultivos, a través de la teledetección y visitas de campo, al ser conocidas sus necesidades hídricas.

El SAR cuenta con una importante red de estaciones agrometeorológicas distribuidas de forma estratégica a lo largo de toda la Unidad. Por otro lado, existe una estación base que mide diferentes parámetros como humedad relativa, velocidad del viento, temperatura del aire, diferentes tipos de radiación, temperatura flujo termal y humedad del suelo a diferentes profundidades, presión atmosférica, evaporación y precipitación. Toda esta información es utilizada para el cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y de los diferentes cultivos ( $ET_c$ ) mediante la metodología clásica de la FAO (Doorenbos y Kassam, 1986; Doorenbos y Pruitt, 1974), posteriormente actualizado por Allen *et al.* (1998).

El ITAP dispone de una finca experimental donde se llevan a cabo numerosos proyectos de investigación en colaboración con otras instituciones, especialmente con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, perteneciente a la UCLM. En dicha finca existe una estación de lisimetría de pesada continua, formada por tres lisímetros, una estación meteorológica Campbell, notablemente mejorada, un campo de ensayo de Riego Deficitario Controlado (RDC) y unas parcelas complementarias para colección de variedades. Esta estación se utiliza para la validación de la  $ET_0$ . La figura 13 presenta un esquema de estos elementos.

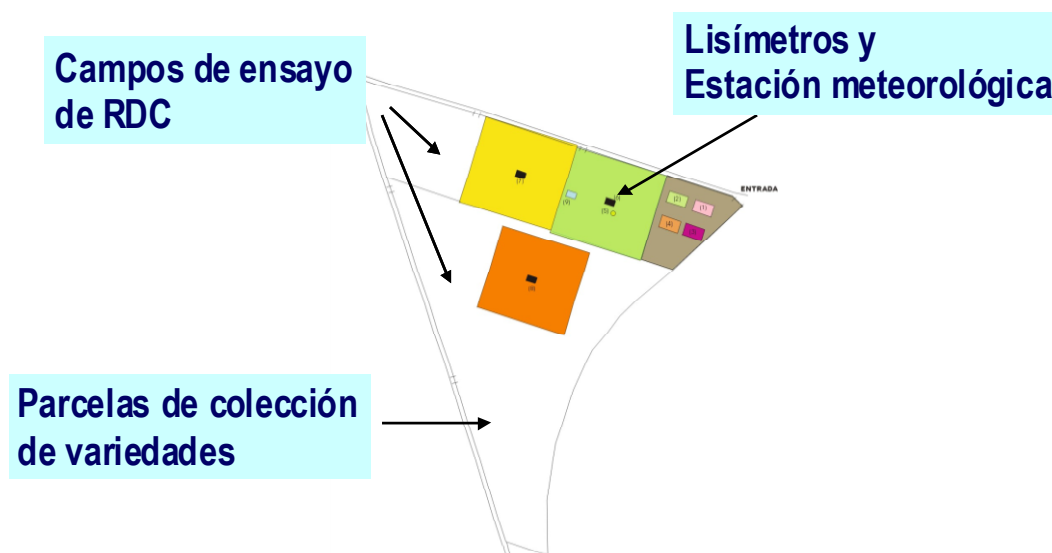


Fig. 13. Estación de lisimetría en la finca Las Tiesas.

Un lisímetro está dedicado al cultivo de Festuca, utilizándose como referencia para el cálculo de la  $ET_0$ , otro a un cultivo herbáceo que rota cada año y un tercero al cultivo de la viña. Cada uno de estos lisímetros consta de un conjunto de sensores cuyos datos recoge un Datalogger CR10X en el caso de los herbáceos y CR500 en el de la viña. Los datos de estos datalogger pasan a un ordenador de control situado en la propia parcela experimental y desde allí al Servidor FTP del ITAP (Martín de Santa Olalla, 2001).

Desde 1994 se realiza el seguimiento de cultivos en campo para comprobar si los regantes siguen las recomendaciones ofrecidas por el SAR y para asesorar a los agricultores sobre el manejo del riego. Durante los últimos años la superficie estudiada y asesorada por el

SAR ha pasado de las 3.000 ha en 1994 a cerca de las 26.000 ha de la campaña 2001 (Montoro *et al.*, 2002).

Finalmente, desde 1994, año de creación de la JCRMO, el SAR colabora con esta asociación para asegurar el cumplimiento de los Planes de explotación individual. Mediante la actualización anual que el SAR realiza sobre las necesidades de riego de los cultivos de la zona, se ha elaborado una información muy valiosa para conocer si los Planes de explotación propuestos por los agricultores son compatibles con el volumen de agua asignado (Martín de Santa Olalla, 2001).

#### 1.4. LA PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS EN LA RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DE GESTIÓN DEL AGUA.

Según Batchelor (1999) la gestión de cualquier recurso natural, puesto que se trata de bienes que afectan al conjunto de la población actual y futura y que interaccionan con el medio que les rodea, debe cumplir una serie de requisitos:

- Que se haga de forma **integral** contemplando la existencia y características de los restantes recursos naturales existentes en la zona, como es el suelo, el clima y de forma muy especial la vegetación natural o cultivada.
- Que se haga de forma **equitativa** en el que cada uno se trata “según sus méritos o deméritos”.
- Que se haga de forma **sostenible**, tanto económica como medioambientalmente, de tal modo que el uso actual pueda mantenerse en el tiempo sin comprometer el disfrute de las generaciones futuras.
- Que se haga de forma **eficiente**, obteniendo el mayor provecho por unidad de recurso empleado (Sinclair *et al.*, 1994; Martín de Santa Olalla y De Juan, 2001).
- Que se haga de forma **integrada**, involucrando en el proceso de gestión a la mayor parte de los usuarios afectados (Aragónés *et al.*, 1996).

Este último aspecto cuenta con experiencias positivas y también con importantes fracasos tanto dentro como fuera de nuestro país (Campbell, 1994 a y b; Chandler, 1994; Lindskog y Tengberg, 1994; Howard *et al.*, 1995; Blackmore, 1995; Humphries y Robinson, 1995; Maaren y Dent, 1995). La experiencia muestra que existen algunas etapas que deben superarse para lograr este objetivo:

- Identificación de los principales grupos de usuarios pertenecientes a sectores tanto públicos como privados.
- Identificación de sus representantes.
- Organización de reuniones en las que participen estos grupos donde se trate de resolver las diferencias existentes entre ellos y alcanzar algún tipo de acuerdo.
- Incorporar la información y las conclusiones obtenidas en la política de gestión.

Actualmente es posible encontrar algunos trabajos sobre cómo pueden superarse estas dificultades (Department of the Environment, 1994a; Petts, 1997; Environment Agency, 1998), aunque los fundamentos teóricos que en ellos aparecen rara vez pueden aplicarse sin una previa

adaptación a cada caso concreto. El principal objetivo es lograr la confianza de los usuarios así como la certeza de que sus opiniones serán realmente tenidas en cuenta y que su participación será decisiva a la hora de planificar la gestión. Pretty (1994) ha establecido una tipología para este tipo de participación que se resume en la tabla 5.

Tabla 5. Niveles de participación de los usuarios (Pretty, 1994).

Tipología	Características de cada nivel
<b>1. Participación pasiva</b>	No opina. Acata las decisiones de otros.
<b>2. Participa dando información</b>	Da información pero no decide.
<b>3. Participa siendo consultado</b>	Su opinión es tenida en cuenta pero no decide.
<b>4. Participa a cambio de incentivos materiales</b>	Participa y recibe algún tipo de incentivo por ello.
<b>5. Participación funcional</b>	Grupos de usuarios se reúnen para discutir las decisiones de otros.
<b>6. Participación interactiva</b>	Tienen plena capacidad de participación en alguna de las decisiones a adoptar.
<b>7. Participación independiente</b>	Toman iniciativas autónomas al margen de instituciones externas.

Evidentemente la participación de los usuarios requiere que éstos estén adecuadamente organizados y dispongan de una formación o un asesoramiento proporcional a la envergadura del problema a resolver.

La participación de los usuarios en la gestión de los recursos hídricos pretende conseguir que éstos se impliquen en las decisiones adoptadas, ya que éstas les afectarán directamente. Además, al participar personas con intereses diferentes se hace necesario alcanzar algunos acuerdos para lograr el máximo nivel de aceptación de las decisiones adoptadas. De esta manera, se pretende que los acuerdos alcanzados satisfagan, si no a todas, al menos a la mayor parte de los usuarios. Igualmente, de esta manera se logra una visión más global del uso del recurso, teniendo en cuenta características locales que difícilmente podrían ser conocidas por gestores que no pertenecieran a ese sector o vivieran lejos de esa zona.

En el caso de España, la participación de los usuarios en la gestión de los recursos hídricos, especialmente ligados a la agricultura de regadío, tienen una larga tradición que se remonta a la época de la dominación romana (Del Campo García, 1996). Este sistema de gestión se ha mantenido en el tiempo llegando hasta nuestros días en forma de comunidades de regantes, estando perfectamente determinadas sus competencias por la Ley de Aguas de 1985 y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) (RD849/1986 de 11 de Abril), entre otros.

Aunque los regantes no representan a todo el conjunto de la población, si es cierto que son el colectivo más afectado por las decisiones que puedan adoptarse en materia de aguas, ya que utilizan alrededor del 80% de la que anualmente se usa en España. Como consecuencia, su participación es más que necesaria en cualquier foro donde se pretenda llevar a cabo una gestión de este recurso. Otras asociaciones que deberían participar son: ayuntamientos, grupos ecologistas, compañías hidroeléctricas, etc, y todas aquellas que, de alguna manera, puedan verse influenciadas por las decisiones adoptadas en la gestión del agua.

## 1.5. LAS REDES BAYESIANAS. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.

### 1.5.1. Los sistemas expertos.

Según Stevens (1984) *“Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo”*. Actualmente, combinando la anterior definición junto con la de otros autores (Castillo y Álvarez, 1991; Durkin, 1994), Castillo *et al.* (1997) proponen la siguiente *“Un sistema experto puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada”*.

Por lo tanto, un sistema experto como tal, debería ser capaz de realizar funciones de memorización, procesar datos, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, transferir información a las personas u otros sistemas expertos y tomar decisiones justificadas.

El desarrollo de esta tecnología se ha incrementado a lo largo de la última década, aplicándose en numerosos campos (Quinlan, 1987 y 1989). Entre todos ellos la economía, la industria y la medicina siguen siendo donde más se utilizan (Castillo *et al.*, 1997).

Generalmente, aunque la adquisición o desarrollo de un sistema experto precisa de un elevado desembolso de dinero, esfuerzo o una combinación de ambos, tiene la ventaja de que se rentabiliza rápidamente como consecuencia de la precisión de los resultados y del poco tiempo necesario para generarlos.

La utilización de sistemas expertos queda justificada en las siguientes situaciones (Castillo *et al.*, 1997):

1. Con la ayuda de un sistema experto, personal con poca formación puede resolver problemas que requieran un conocimiento más profundo. Esta circunstancia es aplicable en situaciones en las que se dispone de pocos expertos humanos. Además, el número de personas con acceso al conocimiento aumenta con el uso de sistemas expertos.
2. El conocimiento de varias personas expertas puede combinarse, dando lugar a sistemas más fiables que fusionan el saber colectivo.
3. Los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que una persona experta. Por ello, los sistemas son muy valiosos en situaciones en las que el tiempo de respuesta es crítico.
4. En algunos casos, la dificultad del problema impide al experto humano resolverlo. En otros, la solución ofrecida por ellos no es fiable. Debido a la capacidad de los ordenadores de procesar un elevadísimo número de operaciones complejas de forma rápida y aproximada, los sistemas expertos suministran respuestas veloces y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden.
5. Los sistemas expertos se pueden emplear para realizar operaciones monótonas, aburridas e incómodas para las personas. En cierto modo, estos sistemas pueden ser la única solución en situaciones en las que la tarea desborda al ser humano.
6. Los ahorros obtenidos mediante el uso de sistemas expertos pueden ser considerables.

A continuación se definen esquemáticamente las diferentes etapas que deben abordarse para el diseño e implementación de un sistema experto (Weiss y Kulikowski, 1984):

1. Planteamiento del problema. El objetivo principal de un sistema experto es responder a preguntas y resolver problemas. Si el sistema está mal definido, éste suministrará respuestas erróneas.
2. Encontrar expertos humanos que puedan resolver el problema. En algunos casos, las bases de datos pueden actuar como expertos.
3. Diseño de un sistema experto. Esta fase implica todas aquellas relaciones entre las personas que van a trabajar con el sistema, el conocimiento que éste alberga y los resultados que genera.
4. Elección de la herramienta a utilizar. Debe decidirse si aplicar un sistema ya existente que sea compatible con el caso en estudio o construir uno a medida.
5. Desarrollo y prueba de un prototipo. El prototipo debe dar resultados satisfactorios, en caso contrario se repetirán las etapas anteriores hasta conseguirlo.
6. Refinamiento y generalización. En esta etapa se corrigen los fallos y se incluyen nuevas posibilidades no incorporadas en el diseño inicial.
7. Mantenimiento y puesta al día. El usuario plantea problemas o defectos del prototipo, corrige errores, actualiza el producto con nuevos avances, etc.

Todas estas etapas influyen en la calidad del sistema experto resultante, que siempre debe ser evaluado en función de las aportaciones de los usuarios (Castillo *et al.*, 1997).

En cuanto a la clasificación de los distintos tipos de sistemas expertos, estos dependen del problema que pretenda resolverse, diferenciándose entre deterministas y estocásticos.

Los problemas deterministas, es decir, aquellos en los que no existe incertidumbre, pueden ser formulados usando un conjunto de reglas que relacionen varios objetos bien definidos. Los sistemas expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como sistemas basados en reglas, porque sacan sus conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico.

En el caso de los problemas estocásticos es necesario introducir algunos medios para tratar la incertidumbre. Durante las últimas décadas fueron propuestas algunas medidas de incertidumbre. Algunos ejemplos son los factores de certeza (Buchanan y Shortliffe, 1984), la lógica difusa (Zadeh, 1983; Buckley *et al.*, 1986) y la teoría de la evidencia (Shafer, 1976).

Otra medida intuitiva de incertidumbre es la probabilidad, en la que la distribución conjunta de una serie de variables se usa para describir las relaciones de dependencia entre ellas, y se sacan conclusiones usando fórmulas muy conocidas de la teoría de la probabilidad.

Los sistemas expertos que utilizan la probabilidad como medida de incertidumbre se conocen como sistemas expertos probabilísticos y la estrategia de razonamiento que usan se conoce como razonamiento probabilístico o inferencia probabilística.

En el comienzo de los sistemas expertos de tipo probabilístico surgieron varios obstáculos, debido a las dificultades encontradas para definir la distribución de la probabilidad conjunta de las variables. Este hecho ralentizó su desarrollo. Con la introducción de los modelos de redes probabilísticas, estos obstáculos se han superado y los sistemas expertos probabilísticos han vuelto de forma espectacular durante las dos últimas décadas. Estos modelos, que incluyen las redes de Markov y las Bayesianas, se basan en una representación gráfica de las relaciones entre las variables. Esta representación conduce no sólo a formas más eficientes de definir la distribución conjunta de la probabilidad sino también a una propagación de incertidumbre muy

eficiente que permite sacar conclusiones. Algunos ejemplos de software utilizado para el desarrollo de sistemas expertos basados en estas teorías son el programa HUGIN (Andersen *et al.*, 1989) y X-pert Nets (Castillo *et al.*, 1997).

### 1.5.2. Sistemas expertos basados en la probabilidad. Las redes bayesianas.

La mayoría de las situaciones en las que puede ser interesante desarrollar un sistema experto contienen algún tipo de incertidumbre. La aparición de las redes probabilísticas ha propiciado que la probabilidad se haya convertido en la más intuitiva y aceptada de las medidas de incertidumbre (Castillo *et al.*, 1997). Este hecho ya fue apoyado por Lindley (1987): *“La única descripción satisfactoria de la incertidumbre es la probabilidad. Esto quiere decir que toda afirmación incierta debe estar en forma de una probabilidad, que varias incertidumbres deben ser combinadas usando las reglas de la probabilidad, y que el cálculo de probabilidades es adecuado para manejar situaciones que implican incertidumbre. En particular, las descripciones alternativas de la incertidumbre son innecesarias”*.

Una definición gráfica de las redes bayesianas es la ofrecida por Cain (2001). *“Una red bayesiana consiste en una serie de nodos, que representan variables aleatorias, los cuales interaccionan unos con otros. Estas interacciones son expresadas como conexiones entre variables, debiendo resultar estructuras acíclicas”*.

Un nodo que represente a una variable B estará conectado a un número de nodos “padre”  $A_1, A_2, \dots, A_n$  de los cuales depende. En este caso la variable B será una variable “hijo”. Estas conexiones están expresadas como dependencias probabilísticas, las cuales son cuantificadas mediante un conjunto de tablas de probabilidad condicional. Para cada variable, la tabla indica la probabilidad de que ésta se encuentre en un estado particular, conocidos los estados de sus padres. Cuanta más información esté incluida en estas tablas menor será el grado de incertidumbre para la probabilidad de que una variable se encuentre en un estado particular. Para variables sin padres, es decir, variables independientes, se define una distribución incondicional (Jensen, 2001).

En general, las probabilidades de los estados de las variables pueden obtenerse a partir de muestreos y ensayos, aunque también pueden utilizarse otros métodos. Uno de los más frecuentes es el tratamiento estadístico de series históricas. Estas probabilidades se pueden estimar mediante el análisis de las mismas utilizando herramientas o software específico (Hugin Expert A/S, 2003). En aquellas situaciones en que no se disponga de información fiable, las redes bayesianas permiten que sean expertos en la materia quienes asignen la probabilidad de los estados de las variables.

La construcción de cualquier red bayesiana sigue un procedimiento bien definido. Anteriormente se ha comentado que una red bayesiana es un conjunto de variables interconectadas a las que se les asigna una serie de estados y una probabilidad para cada uno de ellos. El programa informático se encarga de operar con toda esa información y ofrecer unos resultados. A continuación se recogen las fases que es necesario completar:

- Identificación de las variables que afectan al sistema.

El primer paso consiste en elaborar una lista de las variables que realmente afectan al proceso que se quiere modelizar. Las variables no tienen por qué representar a un único elemento del proceso, pueden identificar a un grupo de factores que estén relacionados. Esta técnica facilita situaciones en las que es difícil obtener la

información de ciertos parámetros o cuando se desconoce su actuación por separado.

- Establecimiento de las relaciones entre esas variables.

Una vez identificadas las variables es necesario constituir los nexos de unión entre ellas, diferenciando las variables dependientes de las independientes. Este proceso finaliza con la construcción de un esquema en el que aparecen todas las variables relacionadas mediante flechas, tal y como se representa en el programa informático.

- Asignación a cada variable de sus estados y probabilidades.

Este es el último paso antes de introducir la información en el programa informático. Durante esta fase se deben definir los estados de cada variable, es decir, los posibles valores que puede adquirir y la probabilidad de que se encuentre en cada uno de ellos. Los estados pueden ser un único valor numérico, un intervalo, una distribución probabilística o simplemente una definición. Las probabilidades asignadas se obtienen de diversas fuentes: muestreos, ensayos, bases de datos, series históricas..., e incluso opiniones de usuarios y expertos.

Para la construcción de una red bayesiana es necesario, además de conseguir la información, identificar las variables, relacionarlas entre sí, asignarles a cada una de ellas sus estados y probabilidades, y disponer de una herramienta que sea capaz de trabajar con toda esa información y ofrecer unos resultados.

Los avances ocurridos en el mundo de la informática durante los últimos años, especialmente el aumento de la velocidad de procesamiento de datos así como la reducción de los precios de los componentes informáticos, han permitido el desarrollo de programas específicos necesarios para la construcción y manejo de redes bayesianas complejas. Actualmente, en el mercado existen varios programas de este tipo siendo uno de ellos el denominado "Hugin Researcher" (Hugin Expert A/S, 2003). Este programa, en su versión 6.1, es el que se ha utilizado para la construcción de la red bayesiana presentada en esta Tesis, habiendo sido elaborado por la compañía danesa Hugin Expert, vinculada a la Universidad de Aalborg (Dinamarca).

Una vez completadas las tres fases anteriormente descritas e introducida la información en el programa informático es necesario validar sus resultados por parte de los usuarios y expertos. La participación de estos grupos posee una especial relevancia. A este apartado se hace referencia más adelante.

### **1.5.3. Aplicación de las redes bayesianas a la gestión integrada de los recursos medioambientales, con especial referencia a los recursos hídricos.**

Un gran número de herramientas utilizadas para el desarrollo de políticas de gestión se basan en una de las dos técnicas siguientes: análisis multi-criterio (Barbosa *et al.*, 1996; Moss *et al.*, 1996; Karavitis, 1999; Scoccimarro *et al.*, 1999) o técnicas de optimización multi-objetivo (Booker, 1995; Ward y Lynch, 1996; DeMarchi *et al.*, 1999; Hickey y Díaz, 1999). Ambas herramientas son de gran utilidad cuando los problemas están claramente estructurados y pueden ser cuantificados con facilidad. En particular, los análisis multi-criterio utilizan datos subjetivos obtenidos de los usuarios.



Sin embargo, los problemas ambientales raramente suelen estar bien estructurados, particularmente cuando son descritos por los usuarios (Simonovic, 1996). Las redes bayesianas son capaces de construir una red en la que los usuarios pueden desarrollar la estructura ambiental que ellos perciben e investigar las interacciones y relaciones entre las diferentes variables. Esta transparencia anima a los usuarios a participar en el proceso de modelización, mejorando la relación entre sus inquietudes e intereses (Simonovic y Fahmy, 1999).

La otra gran ventaja que ofrecen las redes bayesianas es la forma de tratar la incertidumbre que presentan los sistemas. Mientras los análisis sensitivos pueden utilizarse para cuantificar la incertidumbre asociada a los resultados de los análisis multi-criterio y optimización multi-objetivo, nunca serán tan transparentes o directas como las aproximaciones realizadas por las redes bayesianas. La utilización de métodos matemáticos demasiado complicados en el tratamiento de la incertidumbre podría llegar a desanimar a los gestores responsables de implantar las políticas de desarrollo.

Las redes bayesianas han sido utilizadas con éxito durante muchos años en diversos campos como la economía, la medicina y la industria (Quinlan, 1987 y 1989; Charniack, 1991; Henrion *et al.*, 1991; Heckerman *et al.*, 1995; Jensen, 1996; Castillo *et al.*, 1997). Sin embargo, su utilización para resolver problemas relacionados con el medioambiente es relativamente reciente (Walley *et al.*, 1992; Varis, 1995; Kuikka y Varis, 1997; Varis y Kuikka, 1997). Un buen ejemplo sería Stassopoulou *et al.* (1998), quién utilizó las redes bayesianas para calcular los riesgos de incendios forestales en el marco de un proyecto financiado por la UE (EV5V 0025) ó Cain (2001) para gestionar los recursos hídricos de una región remolachera en Sri Lanka.

Los estudios ambientales llevados a cabo con anterioridad no incluían un abanico amplio de variables ni un número elevado de éstas, por lo que su utilización fue restringida a problemas concretos. Este hecho estaba condicionado en parte por las limitaciones de velocidad y capacidad de memoria de los ordenadores. Las redes bayesianas son capaces de trabajar con un alto número de datos interrelacionados pertenecientes a sistemas complejos, aunque esto sólo ha sido posible gracias al rápido desarrollo en los últimos años de los componentes informáticos.

Por otro lado, desarrollar un conjunto de indicadores cuantificables dentro de una red bayesiana puede permitir que el sistema experto determine nuevas opciones de gestión tal y como describieron Bayfield y McGowan (1995), Crabtree y Bayfield (1998) y Custance y Hillier (1998). Como indicadores se utilizará únicamente un seleccionado grupo de variables clave. Estas variables pueden ser de tipo económico, social o ambiental. Normalmente aquellas variables que integran el impacto de un elevado número de factores son las que se designan como indicadores. Para estas variables puede definirse un valor límite que supondría el momento en el que, para unas condiciones determinadas, el sistema, o parte de éste, se encuentra en una situación no deseada o viceversa.

En la última década varias iniciativas han tratado de desarrollar un conjunto de indicadores con la finalidad de ser utilizados en la gestión de los recursos hídricos (Department of the Enviroment, 1994b; UK Round Table on sustainable development, 1997; Organisation for Economic Cooperation and Development, 1998). Sin embargo, hasta la fecha no se ha conseguido elaborar una lista suficientemente completa de todos aquellos que podrían ser empleados. La aplicación de las redes bayesianas en este contexto puede ser de gran utilidad dado que es más sencillo identificar a aquellas variables que cumplen los requisitos para ser indicadores.

## **1.6. EL PROYECTO MERIT.**

### **1.6.1. Generalidades del Proyecto.**

Esta Tesis Doctoral se ha realizado dentro del marco del Proyecto europeo *“Management of the Environment and Resources Using Integrated Techniques”* (MERIT) (EVK1-CT-2000-00085). La innovación que supone la aplicación de las redes bayesianas en la gestión de los recursos hídricos, con especial referencia a que se trata de recursos superficiales y subterráneos, permite esta circunstancia. A continuación se describen, brevemente, las características del Proyecto y sus objetivos.

#### *Objetivos científicos.*

El proyecto europeo MERIT ha generado una herramienta práctica que ayuda a implementar políticas integradas de gestión de los recursos hídricos. La metodología es genérica y aplicable a cualquier escala en toda Europa. Consta de 3 elementos principales:

- Una estructura que involucra a los colectivos afectados en la construcción y análisis de una red bayesiana.
- Un modelo apoyado en la teoría probabilística.
- Un conjunto de indicadores cuantificables que son algunas variables seleccionadas de entre las que componen la red bayesiana.

El Proyecto pretende mejorar la gestión de las cuencas hídricas y conseguir una utilización de los recursos económicamente óptima, socialmente justa y ambientalmente sostenible.

#### *Metodología de trabajo.*

##### **a. Redes Bayesianas.**

Esta metodología se utiliza recientemente para resolver problemas medioambientales, ya que éstos presentan una estructura compleja, con altos grados de incertidumbre y con elevadas dificultades en la toma de datos (Simonovic y Fahmy, 1999).

Una red bayesiana consiste en una serie de nudos, que representan variables aleatorias, que interaccionan unos con otros (Jensen, 1996). Las variables dentro de una red bayesiana están relacionadas con otras, por lo que la variación en el estado de una de ellas influye en el estado de todas las que se encuentran conectadas con ella. La probabilidad de que una variable se encuentre en un estado particular se expresa como una tabla de probabilidad condicional. Estas tablas pueden ser obtenidas de conjuntos de datos, como resultado de modelos complejos o de las opiniones de expertos.

##### **b. Técnicas para involucrar a las comunidades afectadas.**

La elaboración de las redes bayesianas necesita incluir las opiniones de los colectivos afectados. Los representantes de estos grupos son consultados para identificar sus problemas y las soluciones que proponen. Después se discute con ellos el modelo propuesto y más adelante se trata de lograr acuerdos entre grupos con intereses contrapuestos (Petts, 1997).

##### **c. Indicadores.**

Las redes bayesianas deben incluir un conjunto de indicadores cuantificables. Serán indicadores aquellas variables que integren el efecto de un determinado número de factores relacionados (caudal ecológico, calidad del agua...) (Crabtree y Bayfield, 1998), por lo que

conociendo el estado de estos indicadores puede determinarse el estado de los factores de los que actúa como indicador.

d. Áreas de estudio.

- *Cuenca del Wye (Reino Unido)*: Esta cuenca se encuentra en la parte sur de Inglaterra, siendo el Wye un afluente del Támesis. Su extensión es de 100 km<sup>2</sup>. En los últimos años, las extracciones de aguas subterráneas para abastecimiento urbano han reducido el caudal del río provocando el descenso de la fauna acuática, la reducción de la calidad del agua, la pérdida de atractivo turístico y desvalorización de las propiedades en la ribera del río. El objetivo es el de asegurar el suministro de agua de calidad a una población creciente, manteniendo un caudal suficiente en el río tanto para el mantenimiento de la fauna, flora y humedales como para un uso recreacional.
- *Región de Abruzzo (Italia)*: Esta región se encuentra en la parte central de la península itálica junto al Adriático. Su extensión es de 10.000 km<sup>2</sup>. La zona es predominantemente montañosa, existiendo numerosos ríos de elevado caudal que desembocan en el mar (Vomano, Aterno-Pescara, Sangro). El principal aprovechamiento que se hace de estas aguas es la generación de energía eléctrica, compitiendo contra otros usos como son el riego y el turismo. El flujo natural de las aguas es modificado por las canalizaciones que la conducen hasta las centrales hidroeléctricas, provocando un impacto negativo sobre el ecosistema local. Parte del agua utilizada en la generación de energía eléctrica se utiliza posteriormente en la agricultura. Este sector sería gravemente afectado si se redujera parcialmente el volumen asignado para esta actividad a favor de incrementar los caudales naturales o su utilización recreacional. El objetivo es satisfacer las necesidades de todos los sectores implicados mejorando el ecosistema de la zona.
- *Cuenca del noreste de Zealand (Dinamarca)*: Esta cuenca se encuentra situada al noroeste de la ciudad de Copenhague, siendo por esta razón la cuenca más densamente poblada de Dinamarca. Las aguas subterráneas de esta cuenca abastecen a esta ciudad y a otros muchos núcleos urbanos periféricos. Su extensión es de 2.800 km<sup>2</sup>. El 60% de su superficie está cultivada y sólo el 10% se encuentra en estado natural. Las extracciones de agua subterránea para abastecer a la población, a la industria y a la agricultura superan la capacidad de recarga de los recursos subterráneos. La utilización de plaguicidas y fertilizantes en la agricultura, así como algunos residuos químicos industriales, están reduciendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El objetivo es lograr la sostenibilidad del sistema tanto cualitativa como cuantitativamente.
- *Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (España)*: Situada en el sureste de Castilla-La Mancha, ocupa una extensión de 8.500 km<sup>2</sup>. Esta Unidad está formada por el río Júcar y otros de menor identidad (Cabriel, Jardín...), así como por el Acuífero 08.29. Se trata de una zona eminentemente agrícola en la que existen alrededor de 105.000 ha de regadío. Los regantes de la zona se encuentran agrupados en una asociación denominada Junta Central de Regantes de La Mancha Oriental, la cual gestiona la utilización de los recursos en función de la disponibilidad anual. Las elevadas extracciones de aguas subterráneas para regadíos, están provocando el descenso de los niveles piezométricos del Acuífero. Este hecho está afectando

negativamente al caudal de los ríos y a los hábitats que de ellos dependen. El objetivo es lograr equilibrar las extracciones con la recarga natural de la Unidad.

#### **1.6.2. El equipo de trabajo de la UCLM en el Proyecto MERIT.**

El grupo investigador ha estado constituido en su mayoría por miembros del Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) pertenecientes tanto a la sección de Agronomía del Riego (Sección 1) como a la de Gestión de los Recursos Hídricos (Sección 4). Posee una gran experiencia en trabajos sobre Ingeniería, Agronomía y Gestión del agua que en algunos casos supera los veinte años.

Los trabajos sobre los que mayor tradición existe se refieren a medición y cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, funciones de producción en relación con el agua, así como diferentes técnicas de programación de riegos. En 1991 se puso en marcha una línea de trabajo sobre determinación de la evapotranspiración mediante técnicas de teledetección a través de imágenes obtenidas por el sensor AVHRR del satélite NOAA, combinándolas en una fase posterior con imágenes de los satélites Landsat. Esta técnica, aplicada a zonas piloto de diferentes proyectos, se ha extendido actualmente al conjunto del Acuífero 08.29 Mancha Oriental. A partir del año 1998 el equipo de investigación en colaboración con la sección de Teledetección y SIG del IDR inició una línea de trabajo sobre “Evolución de las superficies de regadío mediante teledetección en el ámbito del Acuífero Mancha Oriental”. Esta línea de trabajo ha puesto a punto una técnica validada por los propios usuarios a través de la JCRMO. Esta técnica permite la discriminación de cultivos y aprovechamientos tanto en regadío como en secano. La herramienta diseñada es hoy en día el soporte de numerosos trabajos de investigación relacionados con la gestión de los recursos hídricos.

La trayectoria investigadora del equipo ha sido financiada por diferentes proyectos y contratos y ha dado lugar a varias tesis doctorales, otras en curso de realización y distintas comunicaciones y ponencias en Congresos, tanto nacionales como internacionales, así como a numerosas publicaciones.

Entre los trabajos realizados pueden destacarse tanto aquellos que han sido financiados por la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) como los logrados en convocatorias nacionales de la antigua Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) o del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Los primeros se iniciaron con los Proyectos EFEDA I (CT-90-0030) y EFEDA II (EV5V-CT 93-0272) en el quinquenio 1991-1995, que tenían como objetivo estudiar los procesos de desertificación en zonas amenazadas tal como sucede en el caso de Castilla-La Mancha.

Como continuación de estos trabajos han surgido diferentes estudios en colaboración con Centros de Investigación de la UE que tienen como objetivo profundizar en aspectos puntuales abordados durante el EFEDA. Algunos de ellos ya han finalizado y otros se encuentran en curso de realización. Entre los primeros destaca el Proyecto “*Climate and Land Degradation*” (CLD) (ENV4-CT98-0696) que investigó la sensibilidad del clima a los cambios que se producen en el uso de la cubierta vegetal, y fue coordinado por el Dr. Richard Harding del Instituto de Hidrogeología de Wallingford en el Reino Unido.

El Proyecto que ha dado lugar a la presente Tesis Doctoral “*Management of the Environment and Resources Using Integrated Techniques*” (MERIT) (EVK1-CT-2000-00085), ha

sido financiado por la CCE y coordinado por el Dr. John Bromley del Instituto de Hidrología de Wallingford, Reino Unido.

Igualmente, este grupo de investigadores ha colaborado con la Agencia Espacial Europea (ESA) y con la Universidad de Valencia en el Proyecto *“Land Irrigation Support Service”* (Lisse) (ESA/ESTEC Contract No.14236/00/NL/DC), cuyo objetivo era el diseño de sensores específicos para la discriminación y seguimiento de cultivos, estando apoyado en experiencias anteriormente realizadas por este mismo equipo.

Entre los proyectos financiados por la CICYT debe destacarse en primer lugar el denominado *“Diseño de un sistema de gestión integral del Acuífero 08.29 Mancha Oriental”* (HID-96-1373) cuyo objetivo era el de poner a disposición de los usuarios un conjunto de herramientas para la gestión de dicho Acuífero. Su desarrollo puede considerarse como plenamente satisfactorio y dio lugar a diferentes publicaciones en revistas científicas.

En la convocatoria FEDER de 1997 fueron dos proyectos los financiados: *“Diseño de un sistema de gestión hidrogeológico del Acuífero 08.29 Mancha Oriental”* (Proyecto reformado) (1FD97-1373) y *“Utilización de la lisimetría en el Servicio de Asesoramiento de Riegos”* (1FD97-1709). En ambos proyectos el logro alcanzado de sus objetivos fue muy alto.

En Octubre de 2001 el Ministerio de Ciencia y Tecnología aprobó el Proyecto denominado *“Seguimiento de la humedad del suelo mediante técnicas de radiometría de campo, lisimetría y batería de sondas”* (SHUSU) (REN2001-0784/HID). Este proyecto, que finaliza en diciembre de 2004, fue en cierto modo una continuación del Proyecto *“Utilización de la lisimetría en el Servicio de Asesoramiento de Riegos”*.



## **OBJETIVOS**





## **2. OBJETIVOS.**

El objetivo de la presente Tesis Doctoral es modelizar el uso y la gestión integrada de los recursos hídricos de la UHMO, generando una herramienta para el análisis de la situación actual y la búsqueda de soluciones sostenibles. Asimismo, se pretende estudiar la viabilidad de las redes bayesianas en el tratamiento de la incertidumbre en los complejos procesos de decisión relacionados con la explotación de los recursos naturales.

Para alcanzar estos objetivos se han propuesto los siguientes objetivos parciales:

### **Objetivo 1.**

Construir una red bayesiana que modelice la gestión de los recursos hídricos de la UHMO, dentro de la Cuenca Hidrográfica del Júcar. Este modelo debe servir como herramienta de ayuda en los procesos de toma de decisiones.

### **Objetivo 2.**

Lograr involucrar a los usuarios y expertos en las fases de diseño del modelo y de validación de los resultados. La participación de las principales entidades implicadas en la gestión del agua aumentará, sin duda, las probabilidades de que el modelo sea utilizado por ellas en el futuro.

La utilización de esta herramienta por parte de los responsables de la gestión estará condicionada por el grado de confianza que depositen en la misma los colectivos afectados por los resultados que ofrezca el modelo. Por este motivo, el papel de las instituciones encargadas de la transferencia de resultados es fundamental para alcanzar la máxima difusión entre los usuarios.

### **Objetivo 3.**

Aplicar el modelo en el proceso de toma de decisiones para la búsqueda de soluciones a la actual situación de insostenibilidad del Acuífero Mancha Oriental. De esta manera se pretende, además, sentar las bases para la construcción de nuevas redes bayesianas, tanto en el ámbito nacional como internacional, enfocadas a la gestión de recursos hídricos, con elevada dependencia de aguas subterráneas y/o cuyo mayor consumidor sea la agricultura.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**



### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA MANCHA ORIENTAL.

##### 3.1.1. Los recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO).

El Ministerio de Medio Ambiente gestiona los recursos hídricos del Estado mediante Confederaciones Hidrográficas. La Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) está formada por 9 sistemas, siendo el número 5 el Sistema Júcar. A su vez, cada sistema está dividido en unidades hidrogeológicas. La Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental (UHMO) pertenece al Sistema Júcar y es la número 29 del total de 52 que componen el ámbito de gestión de esta Confederación.

La figura 14 muestra, entre otras, las diferentes unidades hidrogeológicas que forman el Sistema Júcar y en particular la UHMO.

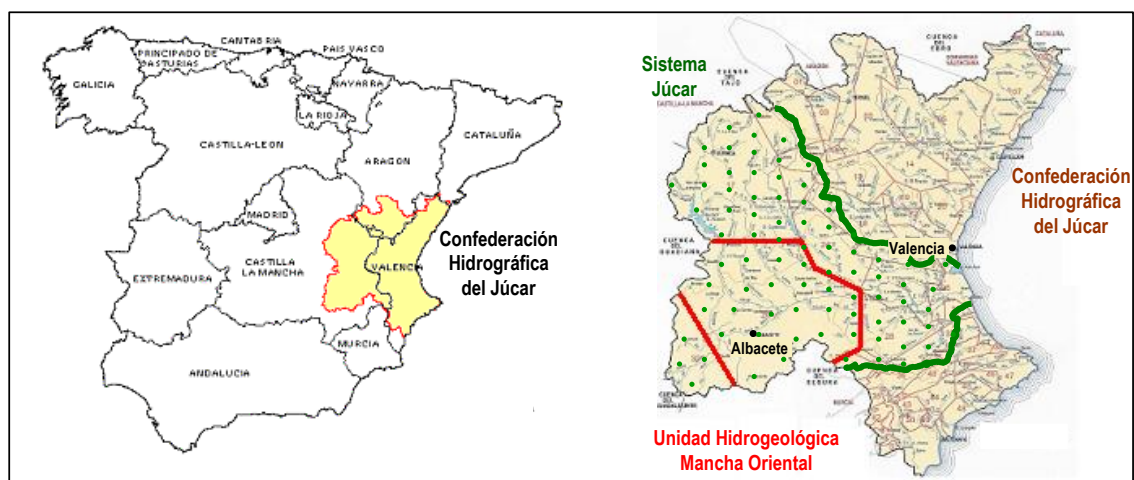


Fig. 14. Ámbitos de gestión de la CHJ, Sistema Júcar y UHMO (CHJ, 2004).

El Sistema Júcar comprende la cuenca propia del río Júcar, que incluye la de sus afluentes, la zona abastecida por el Canal Júcar – Turia y las cuencas litorales situadas entre la Gola de El Saler y el límite de los términos municipales de Cullera y Tabernes de Valldigna, estando incluida la cuenca endorreica de Pozohondo. Este Sistema está regulado por cuatro grandes embalses: Alarcón, Contreras y Tous en el río Júcar y Benageber en el río Turia, así como por otros de menor envergadura destinados al aprovechamiento hidroeléctrico. Los dos primeros se encuentran situados en el límite superior de la UHMO (figura 15), perteneciendo a la cuenca del Júcar y del Cabriel, respectivamente. Ambos son de regulación hiperanual, debiendo disponer de recursos para varios años, y están concebidos como embalses de regulación, es decir, que almacenan agua los años lluviosos para utilizarla durante los de sequía. La capacidad del embalse de Alarcón es de 1.112 hm<sup>3</sup>, mientras que la del de Contreras es 852'4 hm<sup>3</sup>. La recarga anual de ambos es muy variable, considerándose como cifras medias alrededor de 450 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> en el caso de Alarcón y de 180 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> en el caso de Contreras (MMA, 1997).

La UHMO está constituida por el río Júcar, el río Cabriel, el Acuífero de la Mancha Oriental y por un conjunto de ríos menores que en la mayoría de los casos no desembocan directamente en el Júcar, sino que se infiltran en el terreno recargando el Acuífero. Por lo tanto, las principales aportaciones que recibe el río Júcar, dentro de la UHMO, provienen del río Cabriel, su afluente más importante, y por cesiones del Acuífero en el tramo comprendido entre los embalses de Alarcón y El Molinar, durante un recorrido aproximado de 80 km.



Fig. 15. Elementos principales de la UHMO (CHJ, 2004).

En cuanto al Acuífero, éste se recarga mediante las aportaciones procedentes de la infiltración de las aguas del río Júcar, de los ríos Lezuza, Jardín y Valdemembra, así como de la lluvia, los retornos de los regadíos y los de origen urbano e industrial. Existen numerosos trabajos en los que se estima la recarga media anual del mismo (Fernández Mejuto, 2002), sin embargo, el Plan Hidrológico del Júcar (PHJ) en su artículo 24 (PHJ, 1999) indica que el volumen máximo de extracciones para regadíos no debe ser superior a  $320 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  brutos, sin considerar los bombeos para el abastecimiento de núcleos urbanos e industriales debido a su escasa magnitud.

Los desembalses establecidos para el mantenimiento del caudal ecológico del río Júcar aguas abajo de Alarcón son de  $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , además de asegurar, en el río Cabriel, un caudal ecológico de  $0.4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  aguas abajo de Contreras, en el río Cabriel (PHJ, 1999).

Las características agroclimáticas de la UHMO, según la clasificación de Papadakis, son, clima Mediterráneo Templado (MeTE), invierno tipo Avena Fresco (av), verano Maíz (M), régimen térmico Templado cálido (TE) y humedad Mediterráneo seco (Me). Según el índice de clasificación de la UNESCO, expresado como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, se trata de un clima semiárido (figura 16).

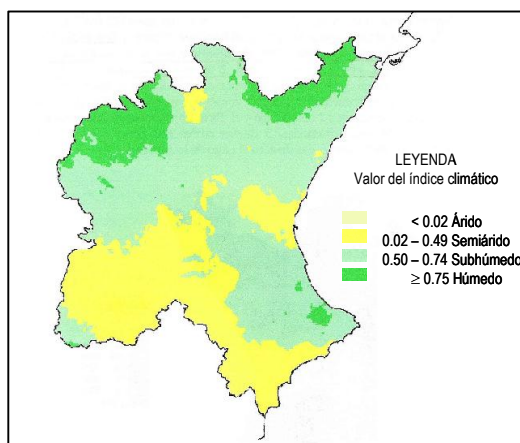


Fig. 16. Índice de humedad de la UNESCO en la CHJ (Estrela, 2003).

La amplia extensión de la zona de estudio hace que existan dos zonas claramente diferenciadas en cuanto a la pluviometría, tal y como puede apreciarse en la figura 17, estando el volumen de las precipitaciones comprendido entre  $300$  y  $500 \text{ mm año}^{-1}$ .

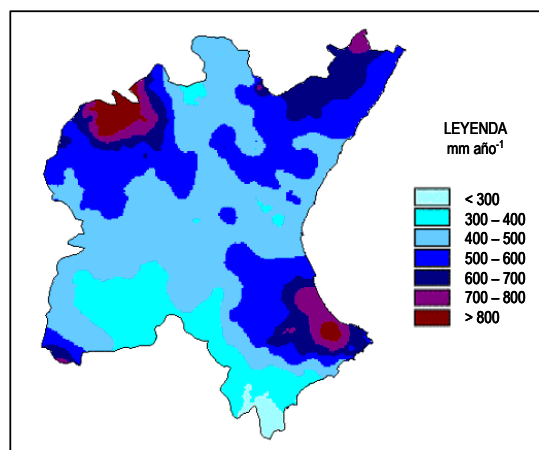


Fig. 17. Precipitaciones medias sobre la CHJ (Estrela, 2003).

El conjunto de los recursos hídricos de la UHMO es utilizado para diferentes usos. Es necesario tener en cuenta que no es posible consumir todos los recursos disponibles en esta Unidad ya que parte de los mismos debe cubrir las necesidades de las siguientes unidades hidrogeológicas hasta la desembocadura del Júcar en Cullera (Valencia).

La distribución de los recursos hídricos del Sistema Júcar para los diferentes usos viene recogido en el PHJ (PHJ, 1999). En referencia a la UHMO, este documento recoge las siguientes asignaciones:

- Los regadíos situados en el ámbito del Acuífero de la Mancha Oriental reciben una asignación de aguas subterráneas de  $275 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  netos, equivalentes a una extracción bruta de  $320 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  (artículo 24. B, asignaciones).
- La sustitución de bombeos del Acuífero de la Mancha Oriental se fija en un máximo de  $80 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ . Esta sustitución implica la clausura de los pozos afectados. Además, se establece una reserva de  $65 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , vinculada a esta sustitución de bombeos, para consolidación de regadíos y el posible desarrollo de nuevos regadíos en la zona (artículo 24. C, reservas).
- Se establece una reserva de aguas superficiales de  $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , es decir,  $31'5 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , para el abastecimiento urbano e industrial de Albacete y su área de influencia (artículo 24. C, reservas).
- Los recursos subterráneos y superficiales existentes en el Sistema Júcar, y no considerados explícitamente en el PHJ, quedan asignados a sus actuales usos urbanos, industriales y agrícolas (artículo 24. B, asignaciones).

En el caso particular de la UHMO, no es posible mantener la sostenibilidad del Acuífero con el actual nivel de extracciones (figura 18). La sustitución de bombeos por aguas superficiales, tal y como viene recogido en el PHJ, trata de invertir esta situación. De los  $80 \text{ hm}^3$  considerados únicamente para ese cometido, así como la parte correspondiente de los  $65 \text{ hm}^3$  con los que se pretende además consolidar regadíos existentes y desarrollar otros nuevos, en 2003 fueron utilizados únicamente  $24 \text{ hm}^3$ , como consecuencia de la insuficiente infraestructura existente en el ámbito del Acuífero. Desde principios de 2004 se disponen de  $30 \text{ hm}^3$  siempre que existan los recursos necesarios (CHJ, 2004b; JCRMO, 2004).

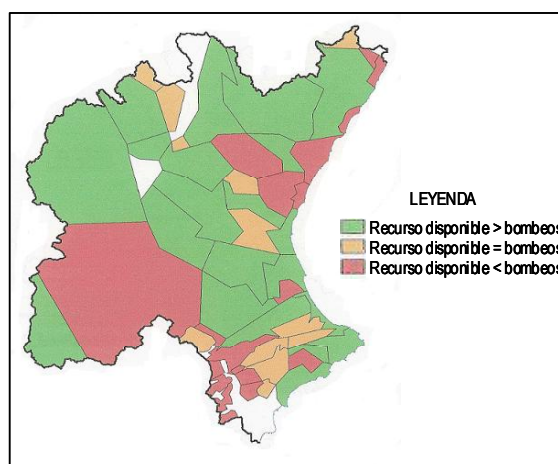


Fig. 18. Nivel de bombeos frente a recursos disponibles en la CHJ (Estrela, 2003).

Esta descripción está orientada a la mejor comprensión de las diferentes variables que componen el modelo diseñado en este trabajo. Por este motivo se hace mención expresa de aquellas características que se han traducido en una variable o grupo de ellas, omitiendo otros aspectos interesantes pero que no son relevantes en el funcionamiento de la UHMO y que, por lo tanto, no aparecen reflejados en el modelo.

A continuación se detallan las características urbanas, industriales y agrícolas del ámbito territorial correspondiente a la UHMO.

### 3.1.2. Desarrollo urbano e industrial.

El principal núcleo de población situado dentro de la UHMO, es la ciudad de Albacete con 152.155 habitantes (INE “Instituto Nacional de Estadística”, 2003a). En la UHMO también existen otros municipios de importancia como La Roda, Quintanar del Rey o Casas Ibáñez, todos ellos con un tamaño de población inferior a los 15.000 habitantes (INE, 2003a) sin embargo, la reducida densidad de población de la zona hace que el número total de habitantes se sitúe sobre los 275.000 (Martín de Santa Olalla *et al.*, 1999; IDR “Instituto de Desarrollo Regional”, 2002).

Como puede observarse, algo más del 40% de la población vive en núcleos rurales, los cuales se abastecen de aguas procedentes del Acuífero. En el caso particular de Albacete y su área de influencia, hasta el año 2003 el origen del agua era subterránea, obteniéndose mediante siete sondeos que proporcionaban una media de 40.000 m<sup>3</sup> día<sup>-1</sup>, es decir, 14'6 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (Aquagest, 2003b). Desde mediados de ese año el abastecimiento se realiza con aguas del Júcar, a través del Trasvase Tajo-Segura, haciendo uso de la reserva de hasta 31'5 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> que prevé el PHJ (PHJ, 1999). Este hecho implica la reducción del volumen de agua extraído del Acuífero.

Por otro lado, el consumo por habitante y día es superior cuanto mayor sea el núcleo de población, debido a que el consumo y la calidad de vida están directamente relacionados y a que en esos municipios se desarrolla una mayor actividad industrial. Es necesario tener en cuenta que, en la zona, es habitual que los polígonos industriales se encuentren conectados a la red urbana, lo que implica que el consumo por habitante también incluye el consumo industrial. En este caso, el principal polígono industrial es el de Campollano, en Albacete, existiendo otros de



menor relevancia, entre ellos el de Romica (Albacete), El Salvador (La Roda) o Camporroso (Chinchilla). Con estos antecedentes, en la actualidad el consumo medio en el ámbito de la UHMO es del orden de 170 l hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Aguagest, 2003a).

Las aguas sucias procedentes de Albacete, tras un proceso de depuración, son vertidas al canal de María Cristina. Este canal desemboca directamente en el río Júcar, sin embargo, debido al aprovechamiento de este agua por agricultores de la rivera del mismo y por el elevado volumen que se infiltra en el terreno, rara vez estas aguas llegan a alcanzar el río.

Es necesario incidir en el hecho de que la actividad industrial en la zona no es de elevada importancia, en lo que se refiere al consumo de agua. Por este motivo se ha decidido simplificar el modelo considerando conjuntamente ambos usos. Esta simplificación adquiere mayor consistencia debido a que, como puede comprobarse, menos del 10% del volumen de agua consumida en la UHMO es para uso urbano e industrial.

### 3.1.3. Desarrollo agrícola.

La relevancia del sector agrario en la UHMO radica no sólo en que se trata de una actividad económica de elevado peso específico, sino en que además es el mayor demandante de agua, con un consumo superior al 90% del total.

A lo largo de este apartado se abordan aquellos factores que, de alguna manera, están relacionados con el consumo de agua en el medio agrario y que se han utilizado en la construcción del modelo de gestión.

La demanda de agua en la UHMO ha ido aumentando progresivamente en los últimos 30 años. Hasta 1975 eran predominantes los cultivos de secano, a partir de ese momento se produce la expansión de los regadíos adquiriendo cada vez más importancia cultivos con mayores necesidades hídricas. Este hecho fue debido a que el nivel de renta obtenido con los cultivos de regadío quintuplica la conseguida con los de secano (Bernabéu y Serna, 2002). En el capítulo de Introducción de esta Memoria se ha tratado con mayor profundidad la evolución de los regadíos en la UHMO, por lo que se omite aquí su repetición. La tabla 6 muestra la superficie dedicada a cultivos de regadío durante el año 2002. Estos datos son los que se han utilizado en la construcción del modelo.

Tabla 6. Distribución de los cultivos de regadío en el ámbito territorial de la UHMO durante 2002 (ITAP, 2003a).

Cultivo	Superficie (ha)	Cultivo	Superficie (ha)
Maíz	20.631	Patata	1.173
Cebada	17.219	Veza forraje	1.062
Trigo	14.613	Guisante proteaginoso	988
Alfalfa	10.446	Guisante verdeo	897
Cebolla	5.869	Avena	729
Olivo, vid y almendro	4.758	Judía	535
Ajo	4.666	Kenaf	339
Remolacha	4.388	Colza	157
Adormidera	3.339	Otros	744
Maíz dulce	1.601	Retirada	9.754
Girasol	1.591		

Otro factor que condiciona el consumo de agua es la superficie que dedican las explotaciones agrarias al riego. Como puede apreciarse en la tabla 7, las explotaciones de regadío con superficies de riego superiores a 100 ha suponen el 32 % del total. Este dato indica que una parte muy importante del agua total consumida se realiza en explotaciones de grandes dimensiones, las cuales suelen disponer de sistemas de riego modernos y eficientes. Hay que indicar que dentro de este grupo se encuentran los regadíos colectivos de iniciativa pública, organizados en Sociedades Agrarias de Transformación (SAT).

Tabla 7. Superficie de regadío de las explotaciones en la UHMO (JCRMO, 1999).

Intervalo de superficie (ha)	% sobre explotaciones de regadío en la UHMO
≤ 10	21
10 – 50	29
50 – 100	18
100 – 250	16
250 – 500	11
> 500	5

Los sistemas de riego utilizados en la zona vienen recogidos en la tabla 8. Esta tabla muestra el porcentaje de superficie regada por cada uno de los sistemas de riego. La Universidad de Castilla-La Mancha ha desarrollado distintas campañas de evaluación de los sistemas de riego existentes en la zona. Entre los resultados obtenidos puede destacarse que, en general, los sistemas pivot trabajan con una uniformidad media, medida a través del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU), de alrededor del 87% (Tarjuelo *et al.*, 1999), que puede considerarse alta. Según López Fuster y Montoro Rodríguez (2004) el conjunto de los modernos equipos de riego instalados en la Mancha Oriental riegan con un CU ponderado del 83%. La tendencia actual es ir reduciendo la superficie regada mediante riego por superficie e incrementar la de riego localizado.

Tabla 8. Distribución porcentual de la superficie regada por sistemas de riego en la UHMO (JCRMO, 1999).

Sistema de riego	Superficie regada %
Aspersión pivot	39
Aspersión cobertura	33
Aspersión semi-fija	4
Localizado	1
Superficie	12
Regadío eventual	11

Las inversiones en mejora y modernización de regadíos, que puedan desarrollarse en el futuro en el ámbito de la UHMO, estarán condicionadas especialmente por las subvenciones aportadas por los organismos públicos y por el coste del dinero, es decir, los intereses que deben pagar los agricultores a la hora de pedir un préstamo.

El Plan Nacional de Regadíos tiene previsto una actuación sobre 120.835 ha en Castilla-La Mancha, de las cuales 91.925 ha serán de mejora y consolidación de regadíos. Esto supone una inversión de 408 millones de euros hasta el año 2008, de los que el 65% lo aportarán el Estado y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (MAPA “Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación”, 2002).

Por otro lado, en el momento de redactar esta Memoria, los contratantes de préstamos bancarios disfrutaban de un bajo interés, hecho que favorece la inversión de los empresarios agrarios en sus explotaciones. Actualmente, el objetivo del Banco Central Europeo es mantener los tipos de interés en el 2% (BCE, 2004).

Para reforzar aún más la situación anterior, los diferentes organismos públicos regionales, nacionales y comunitarios están desarrollando numerosos programas de investigación (Plan Nacional de I+D+i 2004-2007; VI Programa Marco de la Comisión Europea 2003-2007) dentro de los cuales se destinan importantes partidas al desarrollo agrario y a un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos. Durante el año 2002 las inversiones dedicadas a I+D en Castilla-La Mancha supusieron 105 millones de euros, de los cuales 16'6 millones fueron destinados al sector agrícola (INE, 2003b).

El consumo de agua está muy relacionado con la renta agraria ya que, como se ha comentado con anterioridad, en general cuanto mayores son las necesidades hídricas de un cultivo, mayor es su margen bruto. Existen excepciones a la anterior afirmación, pero con frecuencia éstas implican otras limitaciones como puede ser una elevada especialización por parte de los agricultores o un mayor riesgo. La renta agraria está condicionada por numerosos factores de carácter productivo y de índole social, habiéndose estimado que la renta media en Castilla-La Mancha es de 30.300 euros por ocupado (Bernabéu y Serna, 2002). Dentro de los factores de carácter productivo se pueden destacar el precio de venta de los cultivos, los gastos fijos y variables y las ayudas procedentes de la Política Agraria Comunitaria (PAC). Así, en el año 2002, de acuerdo con los datos disponibles, para el conjunto de la UHMO los ingresos obtenidos por la venta de las cosechas fue de 220 millones de euros, los gastos en insumos supusieron 99 millones de euros y las 65.700 ha de cultivos COP (cereales, oleaginosas y proteaginosas, incluyendo la retirada de tierras correspondiente) generaron alrededor de 21 millones de euros como pagos compensatorios de cultivos herbáceos. El gasto en agua, es decir, lo que cuesta poner el agua a disposición de los cultivos independientemente de si se trata de agua superficial o subterránea, se ha considerado separado del resto de factores de producción y supone alrededor de 38 millones de euros. En cuanto a los gastos fijos de las explotaciones, debido a la elevada variabilidad existente como consecuencia de los diferentes tamaños de las explotaciones, sistemas de explotación, etc, se ha considerado como valor medio 300 € ha<sup>-1</sup>, es decir, alrededor de 31'5 millones de euros para el conjunto de la UHMO (ITAP, 2003a). Finalmente, existen otros condicionantes de carácter social destacando entre todos ellos la edad de los agricultores. El progresivo abandono del medio rural, y la menor incorporación de jóvenes al sector agrario está provocando un envejecimiento de la edad media de los trabajadores del campo. Este hecho puede desencadenar un descenso de la rentabilidad de las explotaciones, como consecuencia de una menor capacidad para adaptarse a las nuevas exigencias del mercado y realizar inversiones en innovaciones.

Alcanzar la sostenibilidad de la UHMO no sería posible sin los adecuados mecanismos de control en el uso de los recursos. El seguimiento del volumen de agua que anualmente se destina a riego lo realiza la CHJ a través de la JCRMO. Esta institución es la responsable de la gestión sostenible de los recursos hídricos, de la vigilancia y control del uso del agua en el regadío, así como de sancionar las infracciones cometidas.

Anualmente, la JCRMO asigna a cada agricultor un volumen de agua para riego. Este volumen depende de numerosos factores, siendo el más importante los derechos del propio agricultor. Estos derechos están basados, fundamentalmente, en la antigüedad de sus regadíos. En función de los mismos y de las decisiones que anualmente adoptan la CHJ y la JCRMO en materia de explotación de los recursos hídricos del Sistema Júcar, se asigna el volumen de riego

a cada agricultor. A partir de este volumen, cada regante debe elaborar un Plan de explotación, el cual debe ser aprobado por la JCRMO. En este documento el agricultor refleja los cultivos que desea cultivar y las parcelas donde se ubicarán. Para cada cultivo, la JCRMO dispone de una tabla de necesidades de riego por hectárea, elaborada por el SAR de Albacete y actualizada cada campaña, de tal modo que el resultado de sumar los cultivos que aparecen en el Plan de explotación, multiplicados por la superficie a ocupar y por sus necesidades hídricas, debe dar como resultado una cifra igual o menor al volumen de agua asignado. La experiencia demuestra que, generalmente, los Planes de explotación suelen ser ligeramente inferiores a este volumen (Martín de Santa Olalla, 2001). Para lograr que efectivamente los agricultores cumplan con el Plan de explotación, la JCRMO dispone de mecanismos legales y técnicos.

La JCRMO dispone de unos estatutos en los que, entre otros aspectos, se establecen las previsiones correspondientes a las infracciones y sanciones que pueden ser impuestas por el Jurado de Riegos. A este Jurado le corresponde conocer las cuestiones de hecho y litigios que se susciten entre los regantes, así como imponer las sanciones reglamentarias y fijar las indemnizaciones que se deban satisfacer a los perjudicados (SIAR “Servicio Integral de Asesoramiento al Regante”, 2004).

Dentro de las herramientas de que dispone la JCRMO para comprobar el adecuado cumplimiento del Plan de explotación es preciso destacar la utilización de la teledetección. La Universidad de Castilla-La Mancha, y más concretamente la Sección de Teledetección del Instituto de Desarrollo Regional, ha puesto a punto un método para clasificar cultivos mediante el tratamiento informático de imágenes de satélite. A través de un Sistema de Información Geográfica se georreferencian las imágenes tratadas y se combinan con el Catastro Rural Digitalizado. De esta manera es factible determinar el tipo de cultivo presente en una parcela en particular, y por tanto, si un agricultor cumple con su Plan de explotación (Martín de Santa Olalla *et al.*, 2003). En caso de detectar un posible incumplimiento, la JCRMO dispone de técnicos que inspeccionan en campo las parcelas que no se ajustan al Plan de explotación presentado por el regante. Si se comprobara la infracción se pondrían en marcha los mecanismos legales sancionadores. Obviamente, para que esta técnica sea operativa, es necesario disponer de las imágenes y de sus resultados antes cosechar el cultivo.

### **3.2. LA OPINIÓN DE LOS USUARIOS Y EXPERTOS.**

#### **3.2.1. La participación de los usuarios y expertos en la detección de los problemas existentes en la gestión del agua en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.**

La Unión Europea, dentro de la Directiva Marco sobre el agua, establece que la gestión de los recursos hídricos de las cuencas europeas se realice de forma integral e integrada. Gestión integrada significa que ésta debe tener en cuenta las opiniones de todas aquellas personas interesadas, bien por motivos económicos, políticos, sociales, culturales, etc, en las decisiones que puedan adoptar los organismos encargados de gestionar los recursos. En este trabajo a estos colectivos se les ha denominado usuarios, como una traducción aproximada de la palabra inglesa “stakeholders”. Si no se consigue este objetivo, implantar satisfactoriamente el modelo de gestión deseado se reduce, ya que los usuarios se consideran alejados de los canales de decisión y no se sienten partícipes de las decisiones adoptadas.

Dentro del marco del Proyecto MERIT se ha cuidado especialmente que durante las fases de diseño, desarrollo y validación de la red bayesiana, participaran de forma activa grupos

representativos de cada uno de los sectores de la sociedad implicados en el uso del agua, así como expertos conocedores de las características propias de la UHMO. Estas personas han realizado un papel fundamental en el desarrollo del modelo, aportando información muy localizada que hubiera sido imposible obtener por otros procedimientos. Además, durante la fase de validación de la herramienta, un seleccionado grupo de usuarios y expertos tuvo la oportunidad de realizar comentarios y sugerencias en las reuniones que periódicamente se llevaron a cabo con este fin.

### **3.2.2. Selección de usuarios y expertos.**

El punto de partida en el proceso de participación de los usuarios es la adecuada identificación de las principales entidades relacionadas con el uso del recurso y sus representantes. Para alcanzar este objetivo se han utilizado técnicas de identificación (Department of the Environment, 1994a; Pretty, 1994; Petts, 1997; Environment Agency, 1998). Estas técnicas permitieron determinar que agrupaciones estarían potencialmente interesadas en participar en las futuras reuniones y grupos de trabajo y, entre éstas, a aquellas que podrían ofrecer información relevante para el desarrollo del Proyecto. Los requisitos que debían cumplir sus representantes eran vivir, trabajar o tener algún tipo de conexión con la zona, estar interesados en participar en las reuniones y grupos de trabajo, tener una cierta autoridad dentro del grupo representado, poseer un buen conocimiento de la problemática de la zona y ser capaces de valorar las consecuencias de las decisiones que pudieran adoptarse. En el caso de los expertos, obviamente se valoraron sus conocimientos y su interés en colaborar.

Para facilitar esta tarea, dentro del Proyecto MERIT ha participado un equipo de expertos en técnicas de comunicación entre grupos, perteneciente a la Universidad de Birmingham (Reino Unido). El cometido de este equipo ha sido facilitar la identificación de los usuarios, lograr un elevado índice de participación de los mismos e intervenir en las reuniones con el fin de lograr consensos entre los asistentes, ya fueran usuarios, gestores o investigadores.

A la hora de seleccionar a los usuarios, la Universidad de Birmingham proponía que el equipo investigador respondiese a una serie de preguntas acerca de los mismos. En función de las respuestas se optaría por incluir al usuario como posible candidato o se desecharía. Estas preguntas fueron las siguientes:

- ¿Quién es el usuario?
- ¿Por qué se ha considerado apropiada su participación?
- ¿Cuáles son sus expectativas acerca de la participación del usuario en el desarrollo del modelo?
- ¿Considera que el usuario entiende que su participación es beneficiosa para el Proyecto?
- ¿Qué grado de participación se le asignará al usuario en el desarrollo del modelo?

Una vez contestadas a estas preguntas se seleccionaron a los usuarios que aparecen en la tabla 9. Estas mismas preguntas sirvieron para decidir el papel que sería asignado a cada uno de ellos a lo largo del Proyecto.

Como puede observarse, se intentó que estuvieran representados todos los sectores sociales, públicos y privados, así como aquellas instituciones interesadas en los usos que puedan aplicarse al agua. La presencia de un elevado número de asociaciones relacionadas con

el uso del agua en la agricultura, queda justificada como consecuencia de ser este sector el principal consumidor de agua de la UHMO, con un porcentaje superior al 90%. Los expertos seleccionados han realizado importantes trabajos de investigación relacionados con la UHMO o han participado activamente en la gestión del agua en la misma.

Tabla 9. Relación de usuarios y expertos seleccionados para participar en el Proyecto.

<b>Administraciones Públicas</b>	- Ministerio de Medio Ambiente (Confederación Hidrográfica del Júcar)
	- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
	- Diputación de Albacete
<b>Gestores del Agua</b>	- Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO)
	- Aquagest (Compañía gestora del agua en la ciudad de Albacete)
	- Comunidad de regantes “Príncipe de España”
	- Comunidad de regantes “Balazote – La Herrera”
<b>Ecologistas</b>	- Comunidades de regantes de Cuenca
	- Greenpeace
<b>Sindicatos Agrarios</b>	- Ecologistas en acción
	- ASAJA (Asociación de Jóvenes Agricultores)
	- USUJ (Unión Sindical de Usuarios del Júcar)
<b>Otros colectivos</b>	- UPA (Unión de Pequeños Agricultores)
	- Iberdrola (Compañía eléctrica)
<b>Expertos</b>	- Fundación Marcelino Botín
	- D. Francisco Belmonte Alfaro (Ex - presidente de la JCRMO)
	- D. José Antonio Fernández Sánchez (Instituto Geológico y Minero)
	- D. Miguel Fernández Mejuto (Hidrogeólogo)

Es necesario indicar que la trayectoria profesional de varios miembros del equipo investigador, así como el hecho de tratarse de personas altamente vinculadas con el mundo agrario, ha facilitado las tareas anteriormente descritas. En muchos de los casos, las personas contactadas eran conocidas por alguno o algunos de los integrantes del equipo.

Tras la identificación y selección de los usuarios, de sus representantes y de los expertos, se llevó a cabo una primera toma de contacto individualizada en la que fueron explicados los objetivos del Proyecto y la metodología de trabajo a seguir.

### 3.2.3. Información aportada por usuarios y expertos.

Tras las tareas de identificación y selección de usuarios, el equipo investigador, asesorado por el equipo de la Universidad de Birmingham, elaboró un cuestionario con la finalidad de recoger información característica del encuestado (usuario o experto), su capacidad

para tomar decisiones, la información que disponía de la UHMO, datos referentes a su actividad así como las opiniones que considerase más relevantes para mejorar la gestión de los recursos. La figura 19 muestra la portada del mismo.



Figura 19. Cuestionario para usuarios y expertos.

El cuestionario estaba dividido en diferentes apartados: Caracterización del usuario; Valoración del uso de los recursos; Grado de satisfacción actual del uso del recurso; Grado de implicación de los usuarios; Problemática técnica y económica; Problemática legal, social, económica y medioambiental; Análisis de posibles soluciones a diferentes problemas (cantidad, calidad, eficiencia, medioambiental, social,...) y algunos otros en los que los encuestados podían añadir diferentes consideraciones que estimasen no estaban contempladas en el mismo. Este documento está recogido en su totalidad en el Anexo I.

El cuestionario, junto con un tríptico que presentaba y resumía las características del Proyecto MERIT, fue enviado a las personas e instituciones que aparecen en la tabla 9. La información obtenida con este procedimiento se utilizó durante la fase de construcción de la red preliminar. Una vez confeccionada ésta, el siguiente paso era mostrar la red bayesiana y sus resultados a los usuarios y expertos para comenzar la fase de validación de la herramienta.

Con este fin se organizaron una serie de reuniones siguiendo la metodología propuesta por la Universidad de Birmingham. En la tabla 10 aparecen de forma esquemática las directrices para la preparación y el desarrollo de las reuniones con los usuarios y expertos.

Tabla 10. Metodología para la preparación y desarrollo de reuniones con usuarios y expertos.

Preparación de la reunión	Desarrollo de la reunión
Definir los objetivos	Presentación de los participantes
Seleccionar a los asistentes	Lograr un clima de confianza
Planificar el desarrollo de la reunión	Presentación del tema de reunión
Preparación del material	Fijar los objetivos de la reunión

El análisis de las respuestas a las preguntas sobre los usuarios y expertos durante la fase de identificación y selección de los mismos, dio como resultado que para un mejor desarrollo del Proyecto era conveniente diferenciar las asignaciones entre colectivos. De esta manera, se decidió que a todos los usuarios y colectivos seleccionados se les enviara el cuestionario, pero que no todos ellos participaran en las reuniones de elaboración y validación de la herramienta. En consecuencia, a estas reuniones fueron invitados los miembros de las principales entidades dedicadas a la gestión de los recursos hídricos de la UHMO, es decir, la CHJ y la JCRMO, además del ITAP. Este Instituto participó como entidad dedicada a la transferencia de tecnología y en calidad de expertos.

La finalidad de estas reuniones era doble. Por un lado comprobar si estas entidades estarían interesadas en utilizar la herramienta en el futuro y, por otro, analizar la estructura, contenido y resultados ofrecidos por el modelo. Los comentarios y sugerencias realizados por los participantes durante las reuniones, debían servir para modificar la red hasta alcanzar una versión que fuera aceptada por los mismos. Esta aceptación supondría que, en su opinión, tanto el diseño como los resultados ofrecidos por el modelo son adecuados.

### 3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA.

#### 3.3.1. El proceso de construcción de la red.

La construcción de cualquier red bayesiana sigue un procedimiento bien definido (Cain, 2001; Jensen, 2001). A continuación se recogen las fases que se han llevado a cabo y una explicación particularizada para este trabajo.

- Identificación de las variables que afectan al sistema.

El primer paso consiste en elaborar una lista de las variables que realmente afectan al proceso que se quiere modelizar. Las variables no tienen por qué representar a un único elemento del proceso, pudiendo identificar a un grupo de factores relacionados. Esta técnica facilita soluciones en casos en los que es difícil obtener información de ciertos parámetros o cuando se desconoce la incidencia de alguno de ellos de forma independiente.

En el caso de la UHMO el equipo investigador elaboró, en reuniones periódicas, un primer documento sobre cuales podrían ser las variables que intervienen de forma relevante en la Unidad. La identificación de estas variables se basó principalmente en la experiencia de los miembros del equipo y en la información contenida en los cuestionarios de usuarios y expertos.



- Establecimiento de las relaciones entre esas variables.

Una vez identificadas las variables es necesario establecer los nexos de unión entre ellas, diferenciando las variables dependientes de las independientes. Este proceso finaliza con la construcción de un esquema en el que aparecen todas las variables relacionadas mediante flechas, tal y como se representa en el programa informático.

Al igual que en el fase previa, a lo largo de numerosas reuniones se establecieron las relaciones entre las variables seleccionadas. Hay que decir que tanto este paso como el anterior fueron combinándose en el tiempo, pues la interpretación del significado de algunas variables se fue modificando según avanzaba la construcción del esquema.

- Asignación a cada variable de sus estados y probabilidades.

Se trata del último paso antes de introducir la información en el programa informático. Durante esta fase es necesario definir los estados de cada variable, es decir, los posibles valores que puede adquirir y la probabilidad de que se encuentre en cada uno de ellos. Los estados pueden ser un único valor numérico, un intervalo, una distribución probabilística o simplemente una definición. Las probabilidades asignadas se obtienen de diversas fuentes: muestreos, ensayos, bases de datos, series históricas..., e incluso opiniones de usuarios y expertos.

La información recogida de los cuestionarios fue de gran ayuda durante esta fase, especialmente en la definición de los estados de tipo subjetivo, pues en ellos aparecían las opiniones personales de los usuarios y expertos. Esta fase es la que ha provocado las principales discusiones durante el periodo de validación de los resultados, debido a que tanto los estados asignados a cada variable, como el acierto en la probabilidad atribuida, influyen notablemente en el resultado.

Una vez completadas estas fases, la información obtenida puede introducirse en el programa informático y validar sus resultados. Obviamente, no es necesario tener terminado el esquema de la red bayesiana para importar la información al programa. En nuestro caso, según se avanzaba en la construcción de los diferentes grupos en los que se han reunido las variables, éstos se iban introduciendo en el programa para analizar su funcionamiento. De igual modo, a lo largo del trabajo se realizaron numerosas modificaciones referentes a la relación entre las variables y a sus estados y probabilidades.

### **3.3.2. Estructura general. Etapas y principios que condicionan su diseño.**

Debido a que el principal problema al que se enfrenta la UHMO es la sobreexplotación de su Acuífero, este modelo sólo considera aspectos cuantitativos, dejando a un lado la calidad de las aguas. Por lo tanto, a la hora de definir la sostenibilidad de la Unidad únicamente se han tenido en cuenta los volúmenes de agua consumidos frente a los disponibles. De esta manera, se considera que la Unidad es sostenible cuando los volúmenes de agua a la salida son superiores a  $500 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , que es la mínima cantidad que debe quedar disponible para las siguientes unidades hidrogeológicas. Este volumen coincide con el volumen medio desembalsado desde el embalse de Tous para cubrir dichas necesidades (CHJ, 2004b). Actualmente este requisito se cumple, sin embargo, debido al elevado volumen extraído para la agricultura, la explotación del Acuífero es insostenible. Por lo tanto, alcanzar la sostenibilidad de la Unidad

debe implicar lograr la del Acuífero. Para ello es necesario, según el PHJ (PHJ, 1999), que los bombeos para regadíos no superen los 320 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> brutos.

En consecuencia, desde el principio del Proyecto MERIT el equipo investigador consideró que la mejor forma de abordar el diseño de la red bayesiana era estableciendo un balance entre el volumen de agua que anualmente llega a la UHMO, “entradas”, y el que queda disponible para las siguientes unidades hidrogeológicas, “salidas”. La diferencia entre ambos volúmenes es debida a los consumos realizados por los distintos sectores a los que abastece. Es preciso indicar que esta Unidad tiene un balance negativo, es decir, el volumen de las salidas es inferior que el de las entradas.

No ha sido posible introducir en el modelo la opción de trabajar con los volúmenes de agua almacenados en la Unidad, tanto en los embalses de Alarcón y Contreras como en el Acuífero de la Mancha Oriental, debido a una de las limitaciones que presentan las redes bayesianas. Por definición, las redes son acíclicas (Cain, 2001; Jensen, 2001), por lo que no es posible jugar con el tiempo ya que el volumen a la salida de la UHMO para un año concreto no puede tenerse en cuenta al principio del siguiente. La única manera de solucionar parcialmente este problema sería conectando redes bayesianas idénticas sucesivamente.

Por otro lado, las redes bayesianas ofrecen sus resultados como distribuciones de probabilidad, por lo que, al igual que para definir los estados de una variable puede utilizarse una serie histórica, que no es más que una distribución de valores en el tiempo, de igual modo los resultados referentes a volúmenes de agua pueden asemejarse a una de estas series. Esta característica es la que se ha utilizado para incorporar el tiempo en los resultados.

La estructura del modelo presenta cinco grupos de variables bien diferenciados. Por un lado están las entradas de agua a la UHMO y el volumen a la salida. Por otro, los sectores usuarios del agua que han sido agrupados en tres: restricciones ecológicas, consumo urbano e industrial y consumo agrícola de regadío, estando este último dividido en cinco subgrupos. Cada uno de estos grupos representa un volumen de agua, afectando positiva o negativamente al resultado. Más adelante se explican con mayor detalle los grupos y las variables que los forman.

Las variables que aparecen en el modelo están conectadas con una o más variables mediante flechas entrantes y/o salientes. El sentido de las flechas indica cual es la variable influyente y cual la influida. Aquellas a las que no llega ninguna flecha, sólo presentan flechas salientes, son variables independientes o variables “padre”, siendo el resto dependientes o variables “hijo”. Siguiendo el sentido de las flechas no debe ser posible volver a una variable por la que se haya pasado anteriormente, es decir, formar un ciclo, pues en ese caso no se cumpliría la condición de acíclicas. Por lo tanto, la influencia de todas las variables del modelo debe terminar en una o varias variables resultado.

Con estos requisitos, se diseñó la estructura de una primera red, la cual fue modificada en diferentes ocasiones a lo largo de los tres años de duración del Proyecto. Las causas de las modificaciones fueron muy diversas, pero en general estaban relacionadas con la incorporación de nuevos matices a lo largo de las reuniones mantenidas entre los miembros del equipo investigador por un lado, y los usuarios y expertos por otro.

### **3.3.3. Las fuentes de conocimiento: usuarios, expertos e información documental.**

La elaboración de una red bayesiana de estas características implica realizar una importante labor de recopilación bibliográfica. Más aún, como consecuencia de la elevada

repercusión que un recurso como el agua tiene sobre la sociedad es necesario disponer de información que no es posible encontrar en publicaciones. Se trata de documentos de uso interno, no editados, de los principales organismos de gestión o asociaciones de usuarios, así como inquietudes particulares o colectivas que reflejan la opinión de ciertos sectores de la población.

En el apartado “3.2. La opinión de los usuarios y expertos”, se ha tratado con más profundidad este punto, sin embargo, parece conveniente volver a incidir en el mismo dentro del apartado dedicado a la construcción de la red bayesiana. La información utilizada durante este proceso queda resumida a continuación:

- Cuestionario para usuarios y expertos: El objetivo era obtener una visión precisa de los sectores implicados en el uso y gestión del agua.
- Reuniones con usuarios y expertos: Los representantes de los principales sectores relacionados con el uso y gestión del agua, fueron invitados a participar en estas reuniones para que dieran su opinión acerca del modelo y aportaran todo tipo de sugerencias para mejorarlo.
- Bibliografía: En el capítulo “6. Referencias bibliográficas” es posible consultar todos los documentos y publicaciones empleados para llevar a cabo este trabajo. De entre todos ellos, son de especial relevancia aquellos elaborados o relacionados con la CHJ, especialmente el PHJ (PHJ, 1999), así como los trabajos realizados por la JCRMO y el ITAP (Anuarios técnicos).
- Equipo investigador: La dilatada experiencia de la mayoría de los integrantes del equipo en temas relacionados con la gestión del agua en la agricultura, ha facilitado que la búsqueda de información estuviera bien dirigida, que la puesta en contacto con los expertos adecuados fuera más sencilla, al haber trabajado anteriormente con la mayoría de ellos, y que en las reuniones periódicas mantenidas entre los mismos hubiese diferentes puntos de vista sobre como abordar los problemas que sucesivamente fueron apareciendo.

En los siguientes apartados se explica como se ha utilizado esta información para la elaboración de la estructura general y las diferentes variables que forman el modelo.

#### **3.3.4. Las variables que inciden en el uso de los recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.**

En cualquier sistema ambiental, o de cualquier otro tipo, es relativamente sencillo identificar a la mayoría de las variables que lo componen, incluso establecer cuales son independientes y cuales están condicionadas por otras. La identificación de las variables de nuestra Unidad se ha realizado a partir de los conocimientos del equipo investigador, expertos en la gestión de recursos hídricos en la agricultura, y de las opiniones, recogidas en cuestionarios y reuniones, de usuarios y expertos.

La red correspondiente a la UHMO está formada por un total de 56 variables distribuidas en 5 grandes grupos. Estos grupos son las entradas de agua a la Unidad, el consumo ecológico, el consumo urbano, el consumo agrícola y el volumen de agua a la salida de la misma. A su vez, el consumo agrícola está formado por cinco subgrupos. Esta configuración se debe a que el principal consumidor es la agricultura, superior al 90% del consumo total, y a que ésta tiene una

elevada importancia para la economía de la zona. En consecuencia, es necesario estudiar con más detalle cada uno de los factores que pueden influir en el consumo final de agua para riego.

El nombre asignado a cada uno de los grupos y subgrupos, excepto al grupo 5, coincide con el nombre asignado a la última de las variables del mismo.

A continuación se muestran las diferentes variables consideradas en el modelo. Para evitar que el lector deba consultar varios apartados de este trabajo, en el “3.3.6. Explicación detallada de las variables” aparece toda la información agrupada de cada una de las variables.

### **Grupo 1. Volumen de entradas.**

Indica el volumen de agua almacenado en la UHMO el año previo al de simulación.

- 1.1. Recarga.
- 1.2. Aportaciones anuales de aguas superficiales.
- 1.3. Volumen de entradas.

### **Grupo 2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas.**

Es la cantidad de agua disponible tras restarle a las entradas de la UHMO el volumen que anualmente debe destinarse para que en los ríos Júcar y Cabriel, drenajes naturales de la Unidad, siempre exista al menos el caudal ecológico.

- 2.1. Restricciones ecológicas.
- 2.2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas.

### **Grupo 3. Volumen disponible tras consumo urbano.**

Es la cantidad de agua disponible una vez descontado el volumen necesario para cubrir el consumo urbano. Dentro del consumo urbano está incluido el consumo industrial, debido a que, en nuestro caso, éste se encuentra conectado a la red de agua municipal.

- 3.1. Consumo por habitante.
- 3.2. Número de habitantes.
- 3.3. Consumo urbano.
- 3.4. Volumen disponible tras consumo urbano.

### **Grupo 4. Consumo agrícola.**

Este grupo está formado por cinco subgrupos. La combinación de todos ellos intenta estimar el volumen de agua extraído de la UHMO para ser consumido por los cultivos de regadío.

#### *Subgrupo 4.1. Eficiencia global de riego.*

La finalidad de este conjunto de variables es la de estimar la eficiencia global en la aportación de agua a los cultivos, condicionada principalmente por la propia eficiencia de los sistemas de riego instalados y por el manejo de los mismos por parte de los regantes. Este grupo de variables pretende poner de manifiesto las variaciones en la eficiencia global de riego, afectando directamente al volumen de riego necesario para cubrir las necesidades de los cultivos.

- 4.1.1. Subvenciones al capital.

- 4.1.2. Coste del dinero.
- 4.1.3. Disponibilidad de capital.
- 4.1.4. Investigación + Desarrollo + Innovación.
- 4.1.5. Manejo del riego.
- 4.1.6. Sistemas de riego.
- 4.1.7. Eficiencia global de riego.

*Subgrupo 4.2. Disponibilidad máxima de agua de riego.*

Este grupo de variables representa el volumen de agua que anualmente se pone a disposición de los regantes en función de las decisiones políticas adoptadas. Estas decisiones se basan tanto en aspectos físicos, principalmente la cantidad de agua disponible para ese año, como en aspectos legales, que son los derechos en materia de agua para riego correspondientes a la zona.

- 4.2.1. Asignaciones del Plan Hidrológico del Júcar.
- 4.2.2. Restricciones a las asignaciones.
- 4.2.3. Aportaciones del Plan Hidrológico del Júcar.
- 4.2.4. Aportaciones de las Concesiones.
- 4.2.5. Volumen total de aguas superficiales.
- 4.2.6. Precio del agua superficial.
- 4.2.7. Volumen utilizable de aguas superficiales.
- 4.2.8. Plan de extracciones del Acuífero.
- 4.2.9. Disponibilidad máxima de agua de riego.

*Subgrupo 4.3. Renta agraria.*

En el caso que nos ocupa, la renta agraria está claramente relacionada con la cantidad de agua utilizada para riego. Puede afirmarse que, en general, cuanto mayor es el agua disponible en la explotación, mayor es el margen bruto que se obtendrá en la misma. Si los agricultores no alcanzan un nivel de renta suficiente con el volumen de agua asignado, optarán por otros cultivos más consumidores de agua, lo que implica aumentar las extracciones para el conjunto de la UHMO y alejarse de la sostenibilidad.

- 4.3.1. Ingresos.
- 4.3.2. Margen Bruto 1.
- 4.3.3. Gastos variables.
- 4.3.4. Margen Bruto 2.
- 4.3.5. Coste del agua.
- 4.3.6. Margen Bruto 3.
- 4.3.7. Costes fijos.
- 4.3.8. Margen Bruto 4.
- 4.3.9. Ayudas de la Política Agraria Comunitaria.

- 4.3.10. Margen Bruto 5.
- 4.3.11. Venta de agua.
- 4.3.12. Margen Bruto 6.
- 4.3.13. Condicionantes socioeconómicos.
- 4.3.14. Renta agraria.
- 4.3.15. Renta agraria (presenta los estados de la variable 4.3.14 en otras unidades).

*Subgrupo 4.4. Grado de control de los planes de explotación.*

Anualmente, a cada agricultor se le asigna un volumen de agua para riego con el que debe elaborar su Plan de explotación. Para que el plan sea aprobado éste no puede superar el volumen de agua previamente asignado. Con el fin de evitar que un agricultor incumpla su Plan, la JCRMO dispone de una serie de herramientas técnicas y legales enfocadas a controlar su cumplimiento así como a detectar y castigar a los infractores. Este conjunto de variables pretende estimar el grado de control que realmente se tiene sobre los Planes de explotación. Cuanto menor sea este control, mayor será el número de infractores potenciales y, en consecuencia, mayores los volúmenes de agua extraídos de la UHMO de forma ilícita.

- 4.4.1. Condicionantes técnicos.
- 4.4.2. Condicionantes legales.
- 4.4.3. Capacidad sancionadora.
- 4.4.4. Voluntad sancionadora.
- 4.4.5. Grado de control de los planes de explotación.

*Subgrupo 4.5. Consumo de regadíos.*

Los cuatro conjuntos de variables anteriores influyen sobre éste determinando la cantidad real de agua que se prevé sea extraída de la UHMO para ser consumida por los cultivos.

- 4.5.1. Sumatorio de los planes de explotación.
- 4.5.2. Distribución de cultivos.
- 4.5.3. Grado de cumplimiento de los planes de explotación.
- 4.5.4. Consumo potencial de agua de riego.
- 4.5.5. Volumen de agua aportado por la lluvia.
- 4.5.6. Volumen de agua aportado en el riego.
- 4.5.7. Consumo de regadíos.

**Grupo 5. Variables resultado.**

La suma de los consumos urbanos y agrícolas debe ser inferior al volumen de entradas para que el volumen a la salida de la UHMO sea, al menos, igual a las restricciones ecológicas, garantizándose de esta manera su sostenibilidad medioambiental. Las restricciones ecológicas no son consuntivas, por lo que este volumen debe estar de nuevo disponible a la salida. Sin embargo, para conseguir la sostenibilidad integral son necesarias dos condiciones. Por un lado, las extracciones de agua subterránea deben ser como máximo iguales al nivel de recarga del

Acuífero, con el fin de evitar la sobreexplotación del mismo. Por otro, el volumen disponible en la salida debe ser suficiente para cubrir las necesidades de las siguientes unidades hidrogeológicas, ya que las aguas superficiales de esta Unidad no desembocan en el mar sino en el embalse de Embarcaderos, perteneciente a la Unidad 27, Caroch Norte, en la provincia de Valencia.

5.1. Volumen a la salida de la Unidad.

5.2. Volumen a la salida de la Unidad (agrupa los estados de la variable 5.1 en dos niveles, por encima y por debajo de un volumen límite).

5.3. Volumen extraído del Acuífero.

5.4. Volumen extraído del Acuífero (agrupa los estados de la variable 5.4 en dos niveles, por encima y por debajo de un volumen límite).

La figura 20 muestra esquemáticamente la relación entre los distintos grupos de variables.

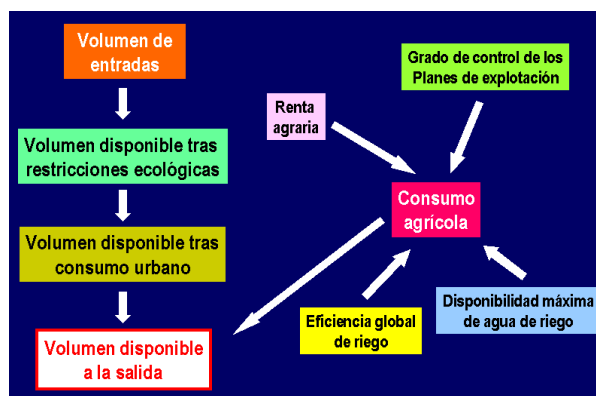


Fig. 20. Grupos de variables establecidos para la UHMO.

### 3.3.5. Consideraciones previas a la explicación detallada de las variables.

En el siguiente apartado se detallan cada una de las variables que componen el modelo. Debido a una serie de condicionantes, relacionados especialmente con limitaciones del programa informático o de los equipos, es posible que llame la atención la forma en la que se han definido ciertos aspectos de algunas variables. En este apartado se pretende aclarar estas circunstancias y otras de carácter general.

Empezando por estas últimas, la explicación de cada variable sigue una estructura similar. Primero aparece una descripción del significado de la variable seguida, en algunos casos, de otro tipo de información complementaria. Al final de cada variable se muestra una tabla en la que se especifican sus estados, las unidades de medida de los valores de los mismos, las probabilidades asignadas a cada uno de esos estados y la fuente de donde se ha obtenido la información.

Los estados de las variables son muy dispares, tanto en número como en tipo. Así, mientras algunas variables tienen sólo dos estados, otras superan los veinte. De igual modo, los estados pueden ser un valor numérico, un intervalo o una etiqueta. Para reducir espacio, en el caso de las variables con un número elevado de estados, éstos se han representado en dos

columnas separadas por una línea. En otros casos, junto a los valores numéricos puede aparecer una pequeña explicación que clarifique el significado de los mismos.

Las mayoría de las unidades de medida pertenecen al Sistema Métrico Decimal, aunque también aparecen unidades de tiempo, porcentajes, etc, o simplemente coeficientes de multiplicación sin unidades.

Las probabilidades asignadas a cada uno de los estados sólo aparecen en el caso de las variables “padre” o independientes. Esto es debido a que algunas variables dependientes tienen asignados más de diez mil valores probabilísticos. Estas variables están relacionadas matemáticamente con otras, lo que permite que sea el mismo programa informático quien calcule las probabilidades de sus estados. Cuando es el caso, previamente a la tabla aparece dicha expresión matemática. En el Anexo III, están recogidos los cuadros de probabilidades de todas las variables.

Finalmente, en la tabla aparece la fuente de donde se ha obtenido la información para la elaboración de esa variable. Es necesario indicar que algunas variables intermedias son simples variables de transición, aunque no por ello prescindibles, elaboradas durante la construcción del modelo.

Las propias limitaciones del programa informático han condicionado en cierta medida la forma en la que aparecen redactadas las variables. Una de estas limitaciones ha provocado que algunas variables presenten estados prácticamente imposibles en la realidad, como por ejemplo que el valor de la renta agraria sea desmesuradamente negativo. Esto es debido a que las variables definidas por funciones matemáticas deben presentar todos los estados que las ecuaciones puedan calcular.

Otra limitación se refiere a las características técnicas de los actuales equipos informáticos. En el caso del Subgrupo 4.3. Renta agraria, no ha sido posible hacer coincidir todas las variables que influyen sobre el margen bruto en una sola variable, ya que de esta manera se ralentiza enormemente la capacidad de cálculo del equipo. El tiempo de computación para la propagación de la evidencia crece exponencialmente con el número de padres (Díez, 2003). Para solucionar este problema la variable margen bruto se ha desglosado en seis variables intermedias, evitando de esta manera que el equipo trabajara simultáneamente con una cantidad muy alta de combinaciones.

### **3.3.6. Explicación detallada de las variables.**

En este apartado viene recogida la descripción de cada una de las variables del modelo.

Puede lograrse una mejor comprensión del texto si el análisis de las variables se realiza consultando el esquema de la red bayesiana que aparece en el Anexo II.

## **GRUPO 1. Volumen de entradas.**

### **1.1. Recarga del Acuífero (REC).**

Volumen de agua que anualmente recarga al Acuífero, independientemente de su origen. La procedencia de este agua es la siguiente:

- Ganancias a partir del límite norte del Acuífero.
- Lluvias.



- Aportes externos superficiales que se infiltran en el Acuífero y agua procedente de los ríos Lezuza y Jardín, fundamentalmente.
- No están incluidos los aportes de agua procedentes de la percolación del agua de riego, ni los del río Júcar. Esto es debido a que el agua procedente de los regadíos se ha considerado aparte (ver variable 4.5.7.) y a que el volumen que circula por el Júcar se ha tenido en cuenta a la entrada de la UHMO.

Las probabilidades se han obtenido de Fernández Mejuto (2002).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
290 – 320		0'205	
320 – 350	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	0'590	(Fernández Mejuto, 2002)
350 – 380		0'205	Opinión de Experto

## 1.2. Aportaciones anuales de aguas superficiales (ASUP).

Volumen de agua que anualmente almacenan los embalses de Alarcón y Contreras. La información se ha obtenido de las series históricas facilitadas por la CHJ (CHJ, 2004b), y los datos recogidos en “Situación actual y posibilidades de aprovechamiento del río Júcar” (MMA, 1997).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
300 – 400		0'075	
400 – 500		0'025	
500 – 600		0'100	
600 – 700		0'150	
700 – 800		0'100	
800 – 900	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	0'150	(MMA, 1997)
900 – 1000		0'150	(CHJ, 2004b)
1.000 – 1.100		0'075	
1.100 – 1.200		0'050	
1.200 – 1.300		0'050	
1.300 – 1.400		0'025	
1.400 – 1.500		0'050	

## 1.3. Volumen de entradas (VENT).

Volumen de agua disponible en la UHMO, sin necesidad de recurrir a sus reservas, al comienzo del año hidrológico. Es el resultado de sumar las variables 1.1. y 1.2.

$$\text{VENT} = \text{REC} + \text{ASUP}$$

Estados		Unidades	Probabilidades	Fuente de información
500 – 600	1.200 – 1.300	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	Elaboración propia
600 – 700	1.300 – 1.400			
700 – 800	1.400 – 1.500			
800 – 900	1.500 – 1.600			
900 – 1.000	1.600 – 1.700			
1.000 – 1.100	1.700 – 1.800			
1.100 – 1.200	1.800 – 1.900			

## GRUPO 2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas.

### 2.1. Restricciones ecológicas (RECO).

Volumen de agua que es necesario desembalsar anualmente para que por el cauce de los ríos Júcar y Cabriel circulen al menos sus caudales ecológicos. El PHJ (PHJ, 1999) ha establecido que el agua desembalsada para mantener dicho caudal en el río Júcar, aguas abajo de Alarcón, debe ser de 2 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, mientras que para el río Cabriel, aguas debajo de Contreras, se establece un caudal ecológico de 0'4 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

Se han considerado dos estados, uno de ellos es el volumen que anualmente se desembalsa y el otro un intervalo que alcanza el doble de esa cifra. Esto es debido a que algunas de las personas encuestadas consideran que los actuales caudales ecológicos son insuficientes para las necesidades del río y su entorno, sugiriendo la posibilidad de duplicar ese volumen.

Estados		Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Actual	76	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	0'700	(PHJ, 1999)
Propuesto	76 – 151		0'300	Cuestionarios

### 2.2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas (VTRECO).

Volumen de agua disponible en la UHMO, sin recurrir a sus reservas, al comenzar el año hidrológico y una vez restado el volumen necesario para cumplir con las restricciones ecológicas.

$$VTRECO = VENT - RECO$$

Estados		Unidades	Probabilidades	Fuente de información
300 – 400	1.100 – 1.200	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	Elaboración propia
400 – 500	1.200 – 1.300			
500 – 600	1.300 – 1.400			
600 – 700	1.400 – 1.500			
700 – 800	1.500 – 1.600			
800 – 900	1.600 – 1.700			
900 – 1.000	1.700 – 1.800			
1.000 – 1.100	1.800 – 1.900			

### GRUPO 3. Volumen disponible tras consumo urbano.

#### 3.1. Consumo por habitante (CHAB).

Volumen de agua facturada (hogares, industrias, jardines y limpieza) dividida por el número de habitantes, sin tener en cuenta las pérdidas en la red. Se trata, por tanto, de un consumo bruto.

Los estados de las variables representan la situación actual y la posibilidad de que el consumo aumente, alrededor de un 20%, como consecuencia del progresivo incremento en el nivel de vida urbano y agrícola.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Actual	150 – 190	l hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	(Aguagest, 2003a) Opinión de experto
	Superior	190 – 230		

#### 3.2. Número de habitantes (HAB).

Número de personas censadas en los núcleos urbanos situados en el ámbito territorial de la UHMO.

Los estados de la variable indican la población actual, superior a 275.000 habitantes, y la posibilidad de que ésta pueda aumentar por encima del 10%.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Actual	260 – 280	1.000 hab	(INE, 2003a)
	Superior	280 – 300		

#### 3.3. Consumo urbano (CURB).

La bibliografía considera que sólo el 20% del agua facturada es realmente consumida (MMA, 1998a), debido sobre todo a procesos de evaporación, retornando el resto a los cauces y acuíferos.

Operando con las variables 3.1. y 3.2., y teniendo en cuenta el dato anterior, se obtiene el consumo urbano neto anual repartido en tres niveles diferentes de consumo.

$$\text{CURB} = \text{HAB} \times \text{CHAB} \times 365 \times 10^{-9} \times 0,2$$

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Bajo	2'75 – 3'50	Anexo III	(MMA, 1998a)
	Medio	3'50 – 4'25		
	Alto	4'25 – 5'00		

#### 3.4. Volumen disponible tras consumo urbano (VTCURB).

Volumen de agua disponible en la UHMO, sin necesidad de recurrir a sus reservas, al comienzo del año hidrológico, una vez que se ha restado el volumen necesario para satisfacer las restricciones ecológicas y las necesidades urbanas.

$$VTCURB = VTRECO - CURB$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
200 – 300	1.100 – 1.200		
300 – 400	1.200 – 1.300		
400 – 500	1.300 – 1.400		
500 – 600	1.400 – 1.500		
600 – 700	1.500 – 1.600	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III
700 – 800	1.600 – 1.700		Elaboración propia
800 – 900	1.700 – 1.800		
900 – 1000	1.800 – 1.900		
1.000 – 1.100			

#### GRUPO 4. Consumo agrícola.

##### SUBGRUPO 4.1. Eficiencia global de riego.

##### 4.1.1 Subvenciones al capital (SUBV).

Subvenciones directas al capital, destinadas al sector agrario, procedentes de diferentes organismos públicos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Bajo ≤ 35		0'450	
Medio 35 – 45	% sobre inversión total	0'500	(JCCM, 2001)
Alto ≥ 45		0'050	(MAPA, 2002)

##### 4.1.2 Coste del dinero (CDIN).

Coste financiero del dinero, considerando la existencia de créditos a bajo interés.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Bajo ≤ EU+ 0,5	% de interés, considerado en base al Euribor (fijado en el tiempo)	0'050	
Medio EU+ ]0'5 , 1[		0'650	(BCE, 2004)
Alto ≥ EU+ 1		0'050	(convenios JCCM-entidades de crédito)

##### 4.1.3 Disponibilidad económica (DISP).

Como resultado de la política de subvenciones y del coste del capital, esta variable muestra la capacidad económica que tienen los agricultores para asumir compromisos de pago en inversiones en regadío.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Alta	Capacidad de asumir gastos		
	Media	Asumir gastos mantenimiento	-	Anexo III
	Baja	Incapacidad de asumir gastos		Elaboración propia

#### 4.1.4 Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+i).

Porcentaje del presupuesto total de proyectos agrarios de investigación dedicado a proyectos relacionados con la mejora tecnológica del regadío.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Alto $\geq$	30	0'050	(CE, 2002) (CICYT, 2003) (INE, 2003b)
	Medio	20 – 30	0'600	VI Programa Marco CE 2003-2007 Plan Nacional de I+D+i 2004-2007
	Bajo $\leq$	20	0'350	Proyectos en ejecución, informes ITAP, memorias UCLM

#### 4.1.5 Manejo del riego (MANE).

La correcta utilización de los sistemas de riego puede afectar considerablemente a la eficiencia global de riego en el conjunto de la UHMO. El manejo incide sobre las pérdidas por evaporación y arrastre durante la aplicación del agua en la parcela, dependiendo de factores como el momento de riego o del volumen total aportado. La programación de riegos y el seguimiento de las necesidades de los cultivos favorecen la optimización en el uso del agua.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Mejor	Eficiencia: 0'90 – 0'95			(Tarjuelo <i>et al.</i> , 1999)
Actual	Eficiencia: 0'80 – 0'90	-	Anexo III	(ITAP, 2003b) (Martín de Santa Olalla <i>et al.</i> , 2004)
Peor	Eficiencia: 0'60 – 0'80			Opiniones de expertos

#### 4.1.6 Sistemas de riego (SIST).

Representa la fracción de la eficiencia global de riego, que a su vez es una parte de la eficiencia de aplicación, debida a la uniformidad de la distribución, caracterizada por el CU, y a las pérdidas en las conducciones, tanto en la captación y en la red de distribución como en la parcela.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Mejor	Eficiencia: 0'90 – 0'95			(Tarjuelo <i>et al.</i> , 1999)
Actual	Eficiencia: 0'80 – 0'90	-	Anexo III	(ITAP, 2003b) Opiniones de expertos
Peor	Eficiencia: < 0'60 – 0'80			

#### 4.1.7 Eficiencia global de riego (EFIC).

Eficiencia global de riego para el conjunto de la UHMO. Se ha tomado como referencia la situación en el año 2002. En el caso de que el valor medio de la eficiencia global disminuyera, como consecuencia de un progresivo abandono en el mantenimiento de los sistemas de riego, un peor manejo de los mismos o una sustitución gradual de los actuales por otros menos eficientes, se ha considerado que esa situación equivaldría a una reducción del volumen disponible para riego del 10%. En una situación de mejora de la eficiencia, el mismo volumen de agua equivaldría a otro un 5% superior. Por lo tanto, esta variable actúa modificando los cultivos que es posible cultivar para un mismo volumen de agua, o alterando el volumen de agua para riego (mayor o menor) manteniendo constante la distribución de cultivos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Limitación superior a la actual	0'9	Anexo III	Elaboración propia
Limitación semejante a la actual	1		
Limitación inferior a la actual	1'05		

### SUBGRUPO 4.2. Disponibilidad máxima de agua de riego.

#### 4.2.1. Asignaciones del Plan Hidrológico del Júcar (ASPHJ).

Asignaciones de agua superficial previstas en el PHJ (PHJ, 1999) a medio plazo. La distribución es la siguiente: 80 hm<sup>3</sup> para sustitución de bombeos exclusivamente y 65 hm<sup>3</sup> para sustitución de bombeos, redotación de regadíos existentes y nuevos regadíos. Los primeros 80 hm<sup>3</sup> son de utilización inmediata, una vez finalizadas las infraestructuras que hagan posible su aprovechamiento, mientras que de los 65 hm<sup>3</sup> restantes, se ha considerado que 37 hm<sup>3</sup> (CHJ, 2004b) se destinarán a la sustitución de bombeos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 20	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	(PHJ, 1999; 2004b) Elaboración propia
20 – 40			
40 – 60			
60 – 80			
80 – 100			
100 – 117			

#### 4.2.2. Restricciones a las asignaciones (RASPHJ).

Posibilidad de que el agua asignada por el PHJ pueda ser efectivamente utilizada cualquiera que sea la causa. Dentro de las limitaciones a las que hace referencia esta variable están la construcción de las infraestructuras necesarias y la posibilidad de que algún año no exista el recurso en cantidad suficiente.

Las unidades están expresadas en tanto por ciento de agua utilizada respecto a la total asignada.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 40		0'050	
40 – 80	%	0'150	Elaboración propia
80 – 100		0'800	

#### 4.2.3. Aportaciones del Plan Hidrológico del Júcar (APPHJ).

Considerando las dos variables anteriores, ésta indica el volumen de agua superficial asignada por el PHJ que realmente es utilizable.

$$\text{APPHJ} = \text{ASPHJ} \times \text{RASPHJ}$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 20			
20 – 40			
40 – 60	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	Elaboración propia
60 – 80			
80 – 100			
100 – 117			

#### 4.2.4. Aportaciones de las concesiones (APCON).

Volumen de agua que realmente está disponible fruto de las concesiones existentes y de la disponibilidad hídrica. Para el año 2004 el volumen de las concesiones superaba ligeramente los 40 hm<sup>3</sup> (JCRMO, 2004).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 10		0'010	
10 – 20		0'040	
20 – 30	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	0'050	(JCRMO, 2004)
30 – 40		0'100	
40 – 50		0'800	

#### 4.2.5. Volumen de agua superficial disponible (VTOT).

Volumen total de agua superficial que puede ser utilizada por los agricultores para regadío. Es la suma de los volúmenes de agua superficial procedentes de las asignaciones del PHJ y de las Concesiones.

$$\text{VSUP} = \text{APPHJ} + \text{APCON}$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 20	80 – 100	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III
20 – 40	100 – 120		
40 – 60	120 – 140		
60 – 80	140 – 167		

#### 4.2.6. Precio del agua superficial (PRSUP).

Precio que tiene que pagar el regante por utilizar un m<sup>3</sup> de agua superficial. Si el precio de las aguas superficiales supera a los costes de extracción, los regantes dejarían de utilizar ésta y volverían a bombear agua de sus pozos. Por lo tanto, en este caso un aumento del precio del agua superficial implicaría que se pondría a disposición de los cultivos el mismo volumen de agua, pero su procedencia sería del Acuífero, fracasando la sustitución de bombeos.

El equipo investigador, a partir de las contestaciones recogidas en las encuestas, ha concluido que un precio bajo (< 0'06 € m<sup>-3</sup>) posibilita que se utilice el 100% del agua superficial, un precio medio (0'06 – 0'10 € m<sup>-3</sup>) el 70% y un precio alto (> 0'10 € m<sup>-3</sup>) el 40%.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Alto > 0'10 € m <sup>-3</sup>	0'4	0'050	(De Juan <i>et al.</i> , 2003) (Ortega <i>et al.</i> , 2004) Cuestionarios
Medio 0'06-0'10 € m <sup>-3</sup>	0'7	0'150	
Bajo < 0'06 € m <sup>-3</sup>	1	0'800	

#### 4.2.7. Disponibilidad de agua superficial para riego (AGSUP).

Volumen de agua superficial utilizado para riego una vez tenido en cuenta su precio.

$$AGSUP = VTOT \times PRSUP$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 20	80 – 100	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III
20 – 40	100 – 120		
40 – 60	120 – 140		
60 – 80	140 – 167		

#### 4.2.8. Plan anual de extracciones de aguas subterráneas (PLAN).

Cantidad máxima de agua subterránea que anualmente se permite bombear del Acuífero. Es fruto de acuerdos entre la CHJ y la JCRMO. El volumen aprobado está condicionado por el volumen disponible de aguas superficiales, ya que la asignación de aguas superficiales implica sustitución de bombeos y es prioritaria en su uso.



El volumen de extracciones actual se encuentra entre los dos últimos estados, dependiendo del año. El resto de valores pretende suponer una progresiva sustitución de bombeos hasta que las extracciones brutas no superen los 320 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, límite fijado por el artículo 24 del PHJ (PHJ, 1999). Los dos primeros indicarían la voluntad, por parte de los responsables de la gestión, de recuperar las reservas del Acuífero.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
280 – 300	360 – 380	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III (PHJ, 1999)
300 – 320	380 – 400		
320 – 340	400 – 420		
340 – 360			

#### 4.2.9. Disponibilidad máxima de agua de riego (AGRIE).

Máximo volumen de agua, superficial y subterránea, que puede ser utilizada por los regantes para sus regadíos. Se ha considerado que el máximo volumen sea 460 hm<sup>3</sup>, cifra ligeramente superior a la actual, ya que no es probable que con los problemas existentes de sobreexplotación del Acuífero se incremente la disponibilidad de agua para riego.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
280 – 300	380 – 400	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III Elaboración propia
300 – 320	400 – 420		
320 – 340	420 – 440		
340 – 360	440 – 460		
360 – 380			

### SUBGRUPO 4.3. Renta agraria.

#### 4.3.1. Ingresos (VING).

Variación, en tanto por ciento, del total de ingresos que reciben los agricultores como consecuencia de la venta de sus cosechas.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Disminuyan	(-5) – 0	0'050	Elaboración propia
Aumenten	0 – 5	0'700	
Aumenten	5 – 10	0'250	

#### 4.3.2. Margen bruto 1 (MB1).

En la red aparece una serie de márgenes brutos numerados, hasta alcanzar la renta agraria, debido a las limitaciones de los equipos informáticos para trabajar con un elevado número de variables simultáneamente. Por lo tanto, esas variables no pueden considerarse estrictamente como un margen bruto, pues lo son todas en su conjunto.

Este primer margen bruto se obtiene multiplicando los ingresos por la variación porcentual de los mismos. Los ingresos están condicionados por el precio de venta de las cosechas.

Antes de proseguir con esta variable es interesante analizar la número 4.5.1. “Sumatorio de los planes individuales de explotación” (SPEI), donde se indica como se calculan los ingresos, los gastos en insumos y el consumo de agua para un grupo representativo de distribuciones de cultivos.

A continuación viene recogida la metodología empleada para calcular los ingresos obtenidos para cualquier volumen de agua de riego disponible.

Con los valores de ingresos y gastos calculados para las siete distribuciones de cultivos consideradas (ver variable 4.5.1.) se han ajustado dos rectas de regresión, una para cada serie de datos (figura 21).

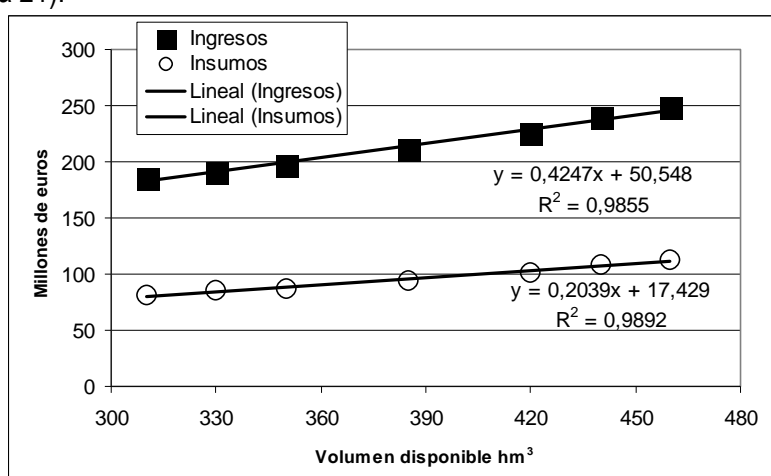


Fig. 21. Estimación de ingresos y gastos en función de la disponibilidad de agua para riego.

El objetivo es estimar los ingresos obtenidos y los gastos generados para cualquier distribución de cultivos, o lo que es lo mismo, para cualquier volumen de agua de riego disponible. Con el fin de comparar la evolución de los ingresos y de los gastos en función de este volumen, ambas rectas se han representado en la misma figura. De este modo, se puede apreciar como la pendiente de la recta “Ingresos” es mayor que la de “Insumos”, incrementándose la distancia entre ambas cuanto mayor es el volumen de agua disponible. Este hecho implica que el margen bruto obtenido con distribuciones de cultivo más consumidoras es mayor, tal y como era de esperar.

Una vez conocida la ecuación que relaciona los ingresos con el volumen de agua disponible para riego es posible calcular MB1.

$$\text{Ingresos} = 0'4247 \times \text{SPEI} + 50'548$$

Por lo tanto,

$$\text{MB1} = (0'4247 \times \text{SPEI} + 50'548) \times (100 + \text{VING}) / 100$$

Siendo SPEI el Sumatorio de los planes de explotación (volumen de agua disponible para riego).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
140 – 160	220 – 240	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup> Anexo III	(De Juan <i>et al.</i> , 2003) (ITAP, 2003a) Cuestionarios Elaboración propia
160 – 180	240 – 260		
180 – 200	260 – 280		
200 – 220	280 – 300		

#### 4.3.3. Gastos variables (VGVA).

Variación, en tanto por ciento, del gasto bruto total en insumos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Disminuyan	(-5) – 0	0'050	Elaboración propia
Aumenten	0 – 5	0'700	
Aumenten	5 – 10	0'250	

#### 4.3.4. Margen bruto 2 (MB2).

Este margen bruto se obtiene restando a MB1 los gastos en insumos multiplicados por la variación porcentual de los mismos. El resultado está condicionado por las variaciones en el precio de los insumos.

A partir de la ecuación que relaciona los gastos en función del volumen de agua disponible para riego (figura 20) puede calcularse MB2.

$$\text{Gastos} = 0'2039 \times \text{SPEI} + 17'429$$

Por lo tanto,

$$\text{MB2} = (0'2039 \times \text{SPEI} + 17'429) \times (100 + \text{VGVA}) / 100$$

Siendo SPEI el Sumatorio de los planes de explotación (volumen de agua disponible para riego).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0 – 20	120 – 140	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup> Anexo III	(ITAP, 2003a) Elaboración propia
20 – 40	140 – 160		
40 – 60	160 – 180		
60 – 80	180 – 200		
80 – 100	200 – 220		
100 – 120	220 – 240		

#### 4.3.5. Coste del agua (COAG).

Coste medio que debe asumir un agricultor para poner a disposición de los cultivos un m<sup>3</sup> de agua, independientemente del origen de ésta (subterráneas y superficiales).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
0'05 – 0'07		0'250	
0'07 – 0'10	€ m <sup>3</sup>	0'600	Cuestionarios
0'10 – 0'12		0'150	Elaboración propia

#### 4.3.6. Margen bruto 3 (MB3).

Este margen bruto es el resultado de restarle a MB2 el coste del agua de riego.

$$MB3 = MB2 - COAG$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-60) – (-40)	100 – 120		
(-40) – (-20)	120 – 140		
(-20) – 0	140 – 160		
0 – 20	160 – 180	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	Anexo III
20 – 40	180 – 200		
40 – 60	200 – 220		
60 – 80	220 – 240		
80 – 100			

#### 4.3.7. Costes fijos (CFIJ).

Los costes fijos de las explotaciones de regadío de la UHMO se han estimado en 300 € ha<sup>-1</sup>. Al multiplicar esa cantidad por 105.000 ha se obtiene 31'5 millones de euros. Los otros dos estados consideran una disminución o un aumento del 10% de ese valor.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
28'35		0'050	
31'50	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	0'850	Elaboración propia
34'65		0'100	

#### 4.3.8. Margen bruto 4 (MB4).

Este margen bruto es el resultado de restarle a MB3 los costes fijos.

$$MB4 = MB3 - CFIJ$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-100) – (-80)	60 – 80		
(-80) – (-60)	80 – 100		
(-60) – (-40)	100 – 120		
(-40) – (-20)	120 – 140	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	Anexo III
(-20) – 0	140 – 160		
0 – 20	160 – 180		
20 – 40	180 – 200		
40 – 60	200 – 220		

#### 4.3.9. Subvenciones PAC (PAC).

Cantidad de dinero que anualmente reciben los agricultores de regadío de la UHMO procedente de la U.E como consecuencia de la aplicación de la Política Agraria Comunitaria (PAC).

Para calcular los estados de esta variable se ha tomado como referencia el año 2002. En ese año se cultivaron 65.700 ha de cultivos COP. Para esta superficie las ayudas supusieron aproximadamente 21 millones de euros. Se han considerado tres situaciones, que aumenten las ayudas hasta un 10%, que disminuyan en la misma proporción o incluso que disminuyan entre un 10 y un 20 %.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Disminuya 10 - 20%	16'8 – 18'9	0'450	
Disminuya 0 - 10%	18'9 – 21	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	(ITAP, 2003a) Elaboración propia
Aumente 0 - 10%	21 – 23'1	0'050	

#### 4.3.10. Margen bruto 5 (MB5).

Este margen bruto es el resultado de sumarle a MB4 las ayudas PAC.

$$MB5 = MB4 + PAC$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-100) – (-80)	80 – 100		
(-80) – (-60)	100 – 120		
(-60) – (-40)	120 – 140		
(-40) – (-20)	140 – 160		
(-20) – 0	160 – 180	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	Anexo III
0 – 20	180 – 200		
20 – 40	200 – 220		
40 – 60	220 – 240		
60 – 80	240 – 260		

#### 4.3.11. Venta de agua (VA).

La venta de agua en las condiciones actuales es posible aunque de momento no se realiza. En caso de que ésta se produzca, se ha considerado que la renta aumenta en un 10% si su destino es explotaciones situadas en el Acuífero, ya que la comprarían aquellas capaces de generar mayores márgenes brutos, y disminuiría un 10% si el agua se utilizara en explotaciones ubicadas fuera del Acuífero, ya que ese margen bruto se generaría en el exterior.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
No	1	0'80	Elaboración propia
Si, dentro	1'1	0'15	
Si, fuera	0'9	0'05	

#### 4.3.12. Margen bruto 6 (MB6).

Este margen bruto es el resultado de multiplicar MB5 por el coeficiente de VA.

$$MB6 = MB5 \times VA$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-120) – (-100)	100 – 120	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	Anexo III
(-100) – (-80)	120 – 140		
(-80) – (-60)	140 – 160		
(-60) – (-40)	160 – 180		
(-40) – (-20)	180 – 200		
(-20) – 0	200 – 220		
0 – 20	220 – 240		
20 – 40	240 – 260		
40 – 60	260 – 280		
60 – 80	280 – 300		
80 – 100			

#### 4.3.13. Condicionantes socioeconómicos (CS).

Determina la mayor o menor capacidad que tienen los agricultores de la zona de producir ingresos en función de la distribución de edades del conjunto. Se ha considerado que a mayor edad menor capacidad.

Los dos estados que presenta la variable son la distribución de edades actual y otra en la que aumenta la proporción de agricultores mayores de 55 años, disminuyendo la de 35-55 años. En esta situación se estima en un 10% la reducción del margen bruto.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Envejecida	0'9	0'30	Cuestionarios Elaboración propia
45% > 55 años			
45% 35-55 años			
10% < 35 años	1	0'70	
Actual			
20% > 55 años			
70% 35-55 años			
10% < 35 años			

#### 4.3.14. Renta agraria (RA).

Renta estimada para el conjunto del Acuífero teniendo en cuenta las condiciones anteriores.

Es el resultado de multiplicar MB5 por el coeficiente de CS.

$$RA = MB5 \times CS$$

Estados		Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-120) – (-100)	100 – 120	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	Anexo III	Elaboración propia
(-100) – (-80)	120 – 140			
(-80) – (-60)	140 – 160			
(-60) – (-40)	160 – 180			
(-40) – (-20)	180 – 200			
(-20) – 0	200 – 220			
0 – 20	220 – 240			
20 – 40	240 – 260			
40 – 60	260 – 280			
60 – 80	280 – 300			
80 – 100				

#### 4.3.15. Renta agraria (RENTA).

Esta variable es igual a la anterior pero muestra los resultados en euros por hectárea, que son las unidades con las que se suele expresar este término.

Es el resultado de dividir RA entre 105.000 ha.

$$RENTA = RA / 105.000$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-1.200) – 0	1.400 – 1.600		
0 – 200	1.600 – 1.800		
200 – 400	1.800 – 2.000		
400 – 600	2.000 – 2.200	€ ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III
600 – 800	2.200 – 2.400		
800 – 1.000	2.400 – 2.600		
1.000 – 1.200	2.600 – 2.800		
1.200 – 1.400	2.800 – 3.000		

#### **SUBGRUPO 4.4. Grado de control de los planes de explotación.**

##### **4.4.1. Condicionantes técnicos (CTEC).**

Capacidad, por parte de la CHJ y de la JCRMO, de disponer y utilizar herramientas que posibiliten el control de la ejecución correcta del conjunto de Planes de explotación individuales. Ejemplos de estos instrumentos de control son los caudalímetros, visitas de control en campo, seguimiento de los cultivos mediante teledetección, etc...

Un estado alto correspondería a una situación en la que es posible realizar el seguimiento de más del 90% de los Planes de explotación. Un estado intermedio aquel en el que sólo es posible el seguimiento del 70% de los planes y un estado bajo por debajo de este valor.

Las unidades de esta variable es un intervalo entre 1 y 100. El máximo valor significa que es posible el seguimiento de todos los Planes de explotación.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Bajo	0 – 40	Escala de valores 0 – 100	(JCRMO, 1999) Cuestionarios
Medio	40 – 80		
Alto	80 – 100		

##### **4.4.2. Condicionantes legales (CLEG).**

Instrumentos legales puestos a disposición de la CHJ y de la JCRMO para poder actuar en caso de incumplimiento de los Planes de explotación individuales, utilizando su potestad sancionadora. Son instrumentos legales entre otros: el documento que recoge los derechos individuales de los regantes, puesto que define y acota cada derecho, los expedientes sancionadores abiertos por la CHJ, el Jurado de riegos, etc...

Un estado alto correspondería a una situación en la que está constituida la JCRMO, aprobados sus estatutos y operativo el Jurado de riegos. Una situación intermedia sería aquella en la que el Jurado de riegos todavía no estuviera en condiciones de actuar, y una baja cuando sólo se hubiera constituido la JCRMO.

Las unidades de esta variable es un intervalo entre 1 y 100. El máximo valor significa que son operativas todas las herramientas legales.



	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Bajo	0 – 40	0'200	(SIAR, 2004) Elaboración propia
	Medio	40 – 80	0'300	
	Alto	80 – 100	0'500	

#### 4.4.3. Capacidad sancionadora (CSAN).

Esta variable indica la capacidad real que tienen tanto la CHJ como la JCRMO de sancionar las situaciones de incumplimiento del Plan de explotación o de abuso del derecho individual de riego.

Las unidades de esta variable es un intervalo de 0 a 200. El valor asignado es una combinación de las dos variables anteriores. En este caso, un nivel de 200 puntos corresponde a una situación en la que se puede detectar al 100% de los infractores y se dispone de base legal para sancionarlos. Por otro lado, un nivel medio indicaría aquella situación en la que debido a deficiencias técnicas o legales sólo puede sancionarse al 70 – 90 % de los infractores. El estado más bajo correspondería a aquella situación en la que no se pudiera alcanzar ese porcentaje.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Bajo	0 – 70	Anexo III	Elaboración propia
	Medio	70 – 140		
	Alto	140 – 200		

#### 4.4.4. Voluntad sancionadora (VSAN).

Esta variable expresa la voluntad de querer sancionar cuando existen motivos para ello. Por diversas razones puede considerarse que no es oportuno sancionar una situación concreta, siendo conveniente dejarlo como amonestación.

Las unidades de esta variable es una escala de valores que oscila entre 0 y 100. El máximo valor implica que se sanciona siempre que exista motivo para ello.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Bajo	0 – 40	0'100	JCRMO
	Medio	40 – 80	0'400	
	Alto	80 – 100	0'500	

#### 4.4.5. Grado de control de los planes de explotación (GCON).

Esta variable expresa la capacidad real, no potencial, que tanto la CHJ como la JCRMO tienen de controlar los planes de explotación y, como consecuencia de ello, los volúmenes de agua utilizados para riego.

Las unidades de esta variable es un intervalo entre 0 y 300. El máximo valor implica que son controlados todos los planes de explotación y, por lo tanto, se conoce la cantidad de agua utilizada para riego. Un estado medio significa que puede controlarse entre el 70 y el 90% de los planes de explotación y un estado bajo supone que se controlan menos del 70%.

	Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
	Bajo	0 – 100		
	Medio	100 – 200	Intervalo 0 – 300	Anexo III
	Alto	200 – 300		

#### SUBGRUPO 4.5. Consumo de regadíos.

##### 4.5.1. Sumatorio de los planes de explotación individuales (SPEI).

Anualmente todos los regantes de la JCRMO deben elaborar un Plan de explotación. Esta variable debería mostrar, en función del volumen total de agua disponible para riego, la distribución de cultivos más probable que coincide con la suma de todos los Planes de explotación para un año. Sin embargo, como consecuencia de las restricciones del programa informático, los estados de la variable son intervalos de volúmenes de agua, correspondiendo a cada uno de ellos una distribución de cultivos. Por este motivo se ha incluido la variable “CULTIVOS”, que muestra la información tal y como debería aparecer en “SPEI”.

Como puede apreciarse en la red bayesiana (Anexo II) la variable “SPEI” está condicionada por el volumen de agua para riego (AGRIE) y por la eficiencia global de riego (EFIC).

$$\text{SPEI} = \text{EFIC} \times \text{AGRIE}$$

Para elaborar esta variable se han reunido todos los cultivos de regadío en siete grupos diferentes en función de sus necesidades de riego y de su margen bruto (tabla 11).

Tabla 11. Agrupación de los cultivos pertenecientes a la UHMO en función de sus necesidades de riego y de su margen bruto.

	Elevadas necesidades de riego	Reducidas necesidades de riego
<b>MB &gt; 1000 € ha<sup>-1</sup></b>	<b>Grupo 1:</b> Remolacha, Cebolla, Patata	<b>Grupo 4:</b> Ajo, Adormidera
<b>MB 700-1000 € ha<sup>-1</sup></b>	<b>Grupo 2:</b> Maíz, Alfalfa	<b>Grupo 5:</b> Cebada, Trigo, Leñosos
<b>MB &lt; 700 € ha<sup>-1</sup></b>	<b>Grupo 3:</b> Girasol, Kenaf	<b>Grupo 6:</b> Avena, Colza, Guisante, Veza, Judía
		<b>Grupo 7:</b> Retirada

Una vez agrupados los cultivos se calculó para cada uno de ellos un valor medio ponderado de ingresos, gasto en insumos y necesidades de riego (tabla 12).

Tabla 12. Ingresos, insumos y necesidades de riego medios para los diferentes grupos de cultivos.

	Ingresos € ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Insumos € ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Necesidades de riego m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
<b>Grupo 1</b>	4.365	1.925	6.523
<b>Grupo 2</b>	2.229	1.075	7.111
<b>Grupo 3</b>	1.017	419	4.489
<b>Grupo 4</b>	4.961	2.346	2.675
<b>Grupo 5</b>	1.384	613	2.625
<b>Grupo 6</b>	891	347	2.284
<b>Grupo 7</b>	300	0	0

Finalmente se establecieron las restricciones que sirvieron de base en la formulación de las ecuaciones necesarias para el cálculo de la programación lineal. Las restricciones se redactaron en función de la información recogida en sucesivos anuarios técnicos del ITAP (ITAP, 2002; 2003a; 2003b; 2004) y la opinión de los miembros del equipo investigador. El objetivo de esta programación fue obtener la distribución de cultivos que, cumpliendo con las condiciones impuestas, obtuviese el mayor margen bruto. En el Anexo IV vienen recogidas las restricciones justificadas y las ecuaciones correspondientes a las siete situaciones consideradas en la programación lineal. La tabla 13 muestra de forma resumida las restricciones adoptadas.

Tabla 13. Restricciones para el cálculo del margen bruto y de la superficie cultivada de cada grupo de cultivos, en función del volumen de agua disponible para riego.

		Dotación hm³						
Variable modificada		310	330	350	385	420	440	460
Superficie cultivada ha	Grupo 1				>8.500	<22.000		
	Grupo 2	>12.000	>15.000	>18.000	>21.000		>24.000	
	Grupo 3	>1.500	>2.000	>2.500	>3.000		3.500	
	Grupo 4				8.000			
	Grupo 5	>50.000	>47.000	>44.000	>41.000	>38.000	>35.000	>32.000
	Grupo 6	>2.500	>3.000	>3.500	>4.000		4.500	
	Grupo 7				>8.000	<30.000		

La programación lineal ha ofrecido los resultados recogidos en la tabla 14. Como puede observarse, salvo los cultivos de los Grupos 1 y 7, el resto toman como valor el mínimo posible que les permiten las restricciones asignadas. En el caso de los Grupos 2 y 5, en la situación de máxima dotación de agua superan el límite fijado. La superficie dedicada a cultivos del Grupo 1 aumenta a medida que lo hace la disponibilidad de agua, reduciéndose la superficie del Grupo 7.

Tabla 14. Superficie cultivada por cada grupo de cultivos y margen bruto obtenido, en función del volumen de agua disponible para riego.

		Dotación hm <sup>3</sup>						
		310	330	350	385	420	440	460
Superficie cultivada ha	Grupo 1	9.133	9.617	10.100	12.884	15.667	19.940	22.000
	Grupo 2	12.000	15.000	18.000	21.000	24.000	24.000	25.464
	Grupo 3	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	3.500	3.500
	Grupo 4	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
	Grupo 5	50.000	47.000	44.000	41.000	38.000	35.000	33.536
	Grupo 6	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	4.500	4.500
	Grupo 7	21.867	20.383	18.900	15.116	11.333	10.060	8.000
Millones de €	Gasto en insumos	82'00	85'11	87'74	94'68	101'62	107'94	112'48
	Ingresos brutos	185'45	191'63	196'71	211'02	225'34	239'40	248'90
	Margen Bruto	103'45	106'51	108'97	116'35	123'72	131'45	136'42

Con estos resultados es posible calcular el gasto en insumos y los ingresos obtenidos para cada una de las distribuciones de cultivos en función del volumen de agua disponible para riego. Esta información relaciona el margen bruto de los cultivos con el volumen de agua disponible (figura 21).

Finalmente, la variable consta de 14 estados, es decir, 14 distribuciones de cultivos correspondientes a 14 intervalos de volúmenes de agua para riego.

Estados		Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Distribución 1	240 – 260			
Distribución 2	260 – 280			
Distribución 3	280 – 300			
Distribución 4	300 – 320			
Distribución 5	320 – 340			
Distribución 6	340 – 360			
Distribución 7	360 – 380	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	(ITAP, 2002; 2003a y b; 2004) (JCRMO, 1999; 2004) Elaboración propia
Distribución 8	380 – 400			
Distribución 9	400 – 420			
Distribución 10	420 – 440			
Distribución 11	440 – 460			
Distribución 12	460 – 480			
Distribución 13	480 – 500			
Distribución 14	500 – 520			

#### 4.5.2. Distribución de cultivos (CULTIVOS).

Esta variable muestra la misma información que la variable anterior, pero en forma de distribución de cultivos. De esta manera, el agua disponible para riego se convierte en combinaciones de cultivos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
Distribución 1			
Distribución 2			
Distribución 3			
Distribución 4			
Distribución 5			
Distribución 6			
Distribución 7			
Distribución 8	-	Anexo III	Elaboración propia
Distribución 9			
Distribución 10			
Distribución 11			
Distribución 12			
Distribución 13			
Distribución 14			

#### 4.5.3. Grado de cumplimiento de los planes de explotación (CUMP).

El Plan de explotación de cada agricultor debe ser aprobado por la JCRMO, sin embargo este documento no deja de ser una declaración de intenciones, es decir, el agricultor tiene plena capacidad para cumplir o no con lo recogido en el mismo.

Esta variable indica el volumen de agua que anualmente se extrae de forma ilegal de la UHMO en función del porcentaje de cumplidores, es decir, del tanto por ciento de regantes que en la práctica desarrollan lo recogido en su Plan de explotación.

Simplificando la realidad, se ha considerado que una persona se convierte en incumplidora por dos motivos. Bien porque la renta obtenida no alcanza sus expectativas y/o porque los mecanismos de control no son suficientes y, por lo tanto, es difícil que sea sancionado por su incumplimiento. En consecuencia, esta variable está condicionada por la renta agraria y por la capacidad de control de los planes de explotación (tabla 15).

Una vez conocido el porcentaje de cumplidores, puede estimarse el volumen de agua que se extrae ilegalmente de la UHMO. En una situación sin incumplidores, o inferiores al 10% del total, este volumen sería 0. Con un nivel de cumplimiento inferior al 30% la situación sería incontrolable, estimándose en ese momento un consumo de 100 hm<sup>3</sup> superior al volumen disponible para riego. Sin embargo, esta cantidad no podría sumarse en todas las situaciones, ya que el máximo volumen de agua que puede extraerse del Acuífero se estima en 490 hm<sup>3</sup>. Esto se debe a que existen ciertas limitaciones, especialmente debidas a las características de las estaciones de bombeo y a las infraestructuras actuales, que condicionan el volumen máximo que puede ponerse a disposición de los cultivos mediante el riego. Para la situación intermedia, se ha

considerado que el incremento en el uso de agua para regadío sería de 50 hm<sup>3</sup>. La tabla 16 recoge estas estimaciones.

Tabla 15. Porcentaje de cumplidores en función del nivel de renta y de la capacidad de control.

Renta € 10 <sup>6</sup>	Control	Cumplidores %
< 60	Bajo	< 70
< 60	Medio	70 – 90
< 60	Alto	90 – 100
60 – 100	Bajo	< 70
60 – 100	Medio	90 – 100
60 – 100	Alto	90 – 100
> 100	Bajo	70 – 90
> 100	Medio	90 – 100
> 100	Alto	90 – 100

Tabla 16. Volumen de agua extraído ilegalmente de la UHMO en función del porcentaje de cumplidores.

Cumplidores %	Volumen de agua hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>
< 70	+ 100
70 – 90	+ 50
90 – 100	0

Con esta última tabla se ha completado el cuadro de probabilidades de la variable.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
100			(JCRMO, 1999)
50	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	Cuestionarios
0			Elaboración propia

#### 4.5.4. Consumo potencial de agua de riego (CPAG).

Resultado de sumar a la disponibilidad de agua para riego el volumen extraído ilegalmente de la UHMO, cuando esto ocurra.

$$\text{CPAG} = \text{AGRIE} + \text{CUMP}$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
280 – 300	400 – 420		
300 – 320	420 – 440		
320 – 340	440 – 460		
340 – 360	460 – 480	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III
360 – 380	480 – 500		Elaboración propia
380 – 400	500 – 560		

#### 4.5.5. Volumen de agua aportado por la lluvia (LLUV).

Influencia de las condiciones climáticas, especialmente la lluvia, en el consumo final de agua por los regadíos. Obviamente, en años lluviosos el agricultor reducirá los aportes de riego mientras que en años secos los aumentará. Esto no supone una vulneración de los planes de explotación ya que el agricultor se compromete a cultivar ciertas especies, no a utilizar un cierto volumen de agua. Por este motivo, cuando se estudia un año concreto es necesario tener en cuenta las condiciones climáticas del mismo.

Se han considerado tres estados. Cuando se trate de un año seco se incrementa el consumo inicialmente previsto en un 15%, en un año normal se mantiene constante y en un año húmedo se reduce en un 5%. Las probabilidades se han obtenido de la serie histórica de precipitaciones sobre el ámbito de la UHMO calculada por la CHJ desde 1940 hasta 2002 (CHJ, 2004b).

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
< 360 mm año <sup>-1</sup>	1'15	0'349	(CHJ, 2004b)
360 – 440 mm año <sup>-1</sup>	1	0'334	
> 440 mm año <sup>-1</sup>	0'95	0'317	

#### 4.5.6. Volumen de agua aportado en el riego (RIEG).

Volumen de agua puesto a disposición de los cultivos mediante el riego. Se considera que este volumen, junto con el aportado por la lluvia, es el necesario para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos de regadío existentes sobre el Acuífero.

$$\text{RIEG} = \text{CPAG} \times \text{LLUV}$$

Como se ha comentado anteriormente, el volumen máximo que puede aportarse en las condiciones actuales es 490 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Por limitaciones del programa informático es necesario incluir un estado por encima de 490 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> que alcance los 700 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, aunque en la práctica este estado tiene probabilidad nula.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
260 – 280	400 – 420	Anexo III	Elaboración propia
280 – 300	420 – 440		
300 – 320	440 – 460		
320 – 340	460 – 480		
340 – 360	480 – 500		
360 – 380	500 – 700		
380 – 400			

#### 4.5.7. Consumo de regadíos (REGA).

Representa el volumen final de agua procedente del riego consumido por los cultivos situados sobre el Acuífero.

Del artículo 24 del PHJ se desprende que el 15% de este volumen regresa al Acuífero por lixiviación (PHJ, 1999) por lo que los volúmenes de agua consumidos son en realidad el 85% de las extracciones.

$$\text{REGA} = 0.85 \times \text{RIEG}$$

El último estado aparece como consecuencia de lo explicado en la variable anterior.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
200 – 220	320 – 340	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III (PHJ, 1999)
220 – 240	340 – 360		
240 – 260	360 – 380		
260 – 280	400 – 420		
280 – 300	420 – 700		
300 – 320			

## GRUPO 5. VARIABLES RESULTADO.

### 5.1. Volumen a la salida de la UHMO (SALIDA).

Volumen de agua, suma de la superficial y subterránea, disponible a la salida de la UHMO sin tener en cuenta las reservas. Dado que el uso ecológico se considera no consuntivo, ese volumen de agua estará de nuevo disponible para las siguientes unidades hidrogeológicas en la salida.

$$\text{SALIDA} = \text{VTCURB} + \text{RECO} - \text{REGA}$$

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
(-1.000) – (-300)	900 – 1000	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III Elaboración propia
(-300) – (-200)	1.000 – 1.100		
(-200) – (-100)	1.100 – 1.200		
(-100) – 0	1.200 – 1.300		
100 – 200	1.300 – 1.400		
200 – 300	1.400 – 1.500		
300 – 400	1.500 – 1.600		
400 – 500	1.600 – 1.700		
500 – 600	1.700 – 1.800		
600 – 700	1.800 – 1.900		
700 – 800	1.900 – 2.000		
800 – 900	2.000 – 3.000		

### 5.2. Volumen a la salida de la UHMO (SALIDA2).

Tanto esta variable como la anterior son iguales, diferenciándose únicamente en la forma de presentar los resultados. En este caso, la variable muestra la probabilidad de estar por encima o por debajo de 500 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, es decir, el mínimo volumen de agua que debe quedar



disponible para la siguiente unidad hidrogeológica. Este volumen es el que anualmente se desembalsa de media desde el embalse de Tous para satisfacer la demanda aguas abajo (CHJ, 2004b). Por lo tanto, si a la salida de la UHMO el volumen disponible, sin tener en cuenta las reservas, es superior a esa cifra y se han satisfecho las necesidades ecológicas, urbanas, industriales y agrícolas, puede afirmarse que se realiza un uso sostenible de los recursos, al menos en términos cuantitativos, de la UHMO en su conjunto. Sin embargo, es necesario que el volumen extraído del Acuífero sea inferior a la recarga para que esta afirmación sea del todo cierta.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
< 500	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	(CHJ, 2004b)
> 500			

### 5.3. Volumen extraído del Acuífero (ACUIF).

Muestra el volumen bruto anual de agua bombeado del Acuífero para regadíos. Una vez conocido el volumen total de riego, el extraído del Acuífero se obtiene restando a ese volumen el aportado por las aguas superficiales.

$$ACUIF = RIEG - AGSUP$$

No se han tenido en cuenta las extracciones para uso no agrícola, ya que el PHJ únicamente limita el volumen total bombeado para regadíos, desestimando los que tienen como objetivo los aprovechamientos urbanos e industriales. De todos modos, gracias al reciente abastecimiento de la ciudad de Albacete, desde 2003, con aguas superficiales procedentes del Trasvase Tajo-Segura, se ha eliminado al principal consumidor para usos no agrícolas.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
60 – 80	280 – 300	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Elaboración propia
80 – 100	320 – 340		
100 – 120	340 – 360		
120 – 140	360 – 380		
140 – 160	380 – 400		
160 – 180	400 – 420		
180 – 200	420 – 440		
200 – 220	440 – 460		
220 – 240	460 – 480		
240 – 260	480 – 500		
260 – 280	500 – 700		

### 5.4. Volumen extraído del Acuífero (ACUIF2).

Tanto esta variable como la anterior son iguales, diferenciándose únicamente en la forma de presentar los resultados. En este caso, la variable muestra la probabilidad de estar por encima o por debajo de 320 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, es decir, las máximas extracciones permitidas por la CHJ

para los regadíos situados en el ámbito territorial de la UHMO (art. 24, PHJ) que se suponen suficientes para alcanzar la sostenibilidad del Acuífero en términos cuantitativos.

Estados	Unidades	Probabilidades	Fuente de información
< 320	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Anexo III	(PHJ, 1999)
> 320			

### 3.4. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DE LAS REDES BAYESIANAS.

#### 3.4.1. Método probabilístico clásico.

Los métodos de razonamiento incierto están incluidos dentro de dos grandes grupos: los métodos cualitativos y los métodos numéricos (Díez, 2003). En los primeros, cuando no existe información suficiente se adoptan suposiciones, modificándolas al conseguir nueva información, no pudiendo cuantificar los distintos grados de certeza o incertidumbre de la hipótesis. Dentro de los segundos está incluido el tratamiento probabilístico, el cual utiliza la probabilidad como medida de la incertidumbre.

Los métodos probabilísticos clásicos presentan una serie de inconvenientes que hicieron que éstos dejaran de utilizarse dentro de la Inteligencia Artificial, sin embargo, la aparición en la década de los años ochenta de las redes bayesianas, basadas en el Teorema de Bayes, permitió que los métodos probabilísticos volvieran a tener un papel relevante (Jensen, 2001; Díez, 2003).

#### **Definiciones básicas sobre probabilidad.**

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, una variable es, entre otras acepciones, *una magnitud cuyos valores están determinados por las leyes de la probabilidad*. A continuación se definen otros conceptos que aparecen a lo largo de este apartado y del siguiente.

**Variable aleatoria:** Aquella que toma valores que, a priori, no son conocidos con certeza.

**Valores exclusivos:** Aquellos que son incompatibles entre sí.

**Valores exhaustivos:** Aquellos que cubren todos los valores que puede adoptar la variable.

Siguiendo la nomenclatura adoptada por diversos autores, cada variable se representa mediante una letra mayúscula  $X$ , los valores de las variables con letras minúsculas  $x$ , los conjuntos de variables con una línea sobre una letra mayúscula  $\bar{X}$  y los conjuntos de valores de las variables “n-tupla” con una línea sobre una letra minúscula  $\bar{x}$ . Para evitar confusiones con otros apartados de este trabajo, es preciso aclarar que los valores de las variables son los estados de las mismas.

**Probabilidad conjunta.** Dado un conjunto de variables discretas  $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$ , definimos la probabilidad conjunta como una aplicación que a cada n-tupla  $\bar{x} = (x_1, \dots, x_n)$  le asigna un número real no negativo de modo que:

$$\sum_{\bar{x}} P(\bar{x}) = \sum_{x_1} \cdots \sum_{x_n} P(x_1, \dots, x_n) = 1 \quad (1)$$

**Probabilidad marginal.** Dada una distribución de probabilidad conjunta  $P(x_1, \dots, x_n)$ , la probabilidad marginal para un subconjunto de variables  $\bar{X}' = \{X'_1, \dots, X'_n\} \subset \bar{X}$  viene dada por :

$$P(\bar{x}') = P(x'_1, \dots, x'_n) = \sum_{x_i | X_i \notin \bar{X}'} P(x_1, \dots, x_n) \quad (2)$$

Proposición. Dada una distribución de probabilidad conjunta para  $X$ , toda distribución de probabilidad marginal obtenida a partir de ella para un subconjunto  $X' \subset X$  es a su vez una distribución conjunta para  $X'$ .

Corolario. La suma de las probabilidades de los valores de cada variable debe ser la unidad.

$$\sum_{x_i} P(x_i) = 1 \quad (3)$$

**Probabilidad condicional.** Dados dos subconjuntos disjuntos de variables,  $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$  e  $\bar{Y} = \{Y_1, \dots, Y_m\}$ , y una  $n$ -tupla  $\bar{x}$  tal que  $P(\bar{x}) > 0$ , la probabilidad condicional de  $\bar{y}$  dado  $\bar{x}$ ,  $P(\bar{y} | \bar{x})$ , se define como:

$$P(\bar{y} | \bar{x}) = \frac{P(\bar{x}, \bar{y})}{P(\bar{x})} \quad (4)$$

Proposición. Dados dos subconjuntos disjuntos de variables,  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$ , y una tupla  $\bar{x}$  tal que  $P(\bar{x}) > 0$ , se cumple que:

$$\forall \bar{x}, \sum_{\bar{y}} P(\bar{y} | \bar{x}) = 1 \quad (5)$$

**Teorema de la probabilidad total.** Dados dos subconjuntos disjuntos de variables,  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$ , se cumple que:

$$P(\bar{y}) = \sum_{\bar{x} | P(\bar{x}) > 0} P(\bar{y} | \bar{x}) \cdot P(\bar{x}) \quad (6)$$

Proposición. Dados tres subconjuntos disjuntos de variables,  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  y  $\bar{Z}$ , si  $P(\bar{z}) > 0$ , se cumple que:

$$P(\bar{y} | \bar{z}) = \sum_{\bar{x} | P(\bar{x} | \bar{z}) > 0} P(\bar{y} | \bar{x}, \bar{z}) \cdot P(\bar{x} | \bar{z}) \quad (7)$$

Proposición. *Factorización de la probabilidad conjunta.* Dado un conjunto de variables  $\bar{X}$  y una partición  $\{\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_k\}$  de  $\bar{X}$ , se cumple que:

$$P(\bar{x}) = \prod_{i=1}^k P(\bar{x}_i | \bar{x}_{i+1}, \dots, \bar{x}_k) \quad (8)$$

### **Independencia y correlación.**

Las variables que forman un modelo pueden ser completamente independientes del resto de variables, o estar condicionadas por algunas de las mismas. Estas relaciones pueden expresarse matemáticamente.

**Variables independientes.** Dos variables X e Y son independientes si y sólo si todos los pares de valores x e y son independientes, es decir, cuando:

$$\forall x, \forall y, \quad P(x, y) = P(x) \cdot P(y) \quad (9)$$

**Variables correlacionadas.** Dos variables X e Y están correlacionadas si y sólo si no son independientes, es decir, cuando:

$$\exists x, \exists y, \quad P(x, y) \neq P(x) \cdot P(y) \quad (10)$$

**Variables condicionalmente independientes.** Las variables X e Y son condicionalmente independientes dada una tercera variable Z si y sólo si todo par de valores x e y es condicionalmente independiente para cada z tal que  $P(z) > 0$ , es decir, cuando:

$$\forall x, \forall y, \forall z, \quad P(z) > 0 \implies P(x, y | z) = P(x | z) \cdot P(y | z) \quad (11)$$

### **Representación gráfica de dependencias e independencias.**

La dependencia entre variables puede representarse gráficamente mediante grafos formados por nodos. Cada nodo representa a una variable del modelo, mientras que la presencia o ausencia de enlaces indica las correlaciones entre las mismas. De este modo, cuando una variable influye causalmente sobre otra, se traza una flecha (arco) entre ambas.

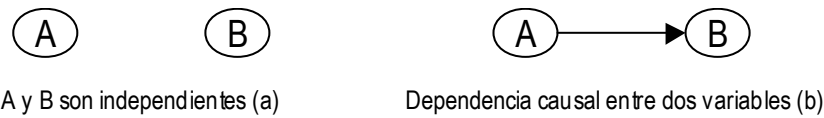


Fig. 22. Relaciones de independencia (a) y dependencia causal (b) entre variables.

En la figura 23 se incluye una tercera variable y se describen los distintos tipos de estructuras que pueden encontrarse.

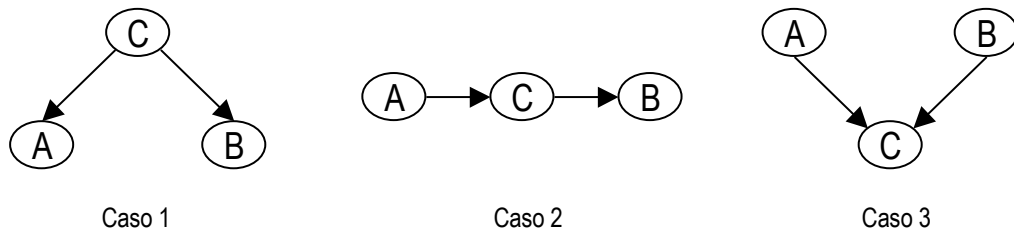


Fig. 23. Independencia condicional y separación direccional.

En el caso 1 (figura 23), la variable C influye sobre A y B, A y B están correlacionados y cuando C es conocida A y B son independientes. Esta situación se denomina “independencia condicional”.

En el caso 2 (figura 23), A influye sobre C y ésta sobre B, cuando C es conocida A y B son independientes. Por lo tanto, es otro caso de “independencia condicional”.

Por último, en el caso 3 (figura 23), A y B son independientes e influyen sobre C, pero en caso de conocerse ésta última A y B están correlacionados. Esta situación se denomina “separación direccional”, muy importante para el caso de las redes bayesianas.

### **El Teorema de Bayes y su aplicación.**

El Teorema de Bayes se utiliza para conocer la probabilidad a posteriori de una variable dado un conjunto de hallazgos. A continuación se definen algunos conceptos básicos y el Teorema de Bayes.

**Hallazgo.** Conocido un dato se determina el valor (estado) de una variable.

**Evidencia.** Es un conjunto de hallazgos. Se representa como “e”.

**Probabilidad a priori.** Es la probabilidad de una o varias variables cuando no existe ningún hallazgo.

**Probabilidad a posteriori.** Es la probabilidad de una o varias variables dada una evidencia. Se representa como “P\*”.

$$P^*(\bar{x}) \equiv P(\bar{x} | e) \quad (12)$$

**Teorema de Bayes.** Dadas dos variables X e Y, tales que  $P(x) > 0$  para todo x y  $P(y) > 0$  para todo y, se cumple:

$$P(x | y) = \frac{P(x) \cdot P(y | x)}{\sum_{x'} P(x') \cdot P(y | x')} \quad (13)$$

La ecuación anterior suele expresarse de diferente modo. A esta expresión se le denomina “Forma normalizada del Teorema de Bayes”:

$$P(x | y) = \alpha \cdot P(x) \cdot P(y | x) \quad \text{donde} \quad \alpha \equiv \left[ \sum_{x'} P(x') \cdot P(y | x') \right]^{-1} = [P(y)]^{-1} \quad (14)$$

**Proposición.** Dados tres subconjuntos disjuntos  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  y  $\bar{Z}$ , si  $P(\bar{y}, \bar{z}) > 0$ , se cumple que:

$$P(\bar{x}, \bar{y} | \bar{z}) = P(\bar{x} | \bar{y}, \bar{z}) \cdot P(\bar{y} | \bar{z}) \quad (15)$$

**Proposición. Teorema de Bayes con condicionamiento.** Dadas tres tuplas  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  y  $\bar{z}$  de tres conjuntos de variables  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  y  $\bar{Z}$ , respectivamente, tales que  $P(\bar{x}, \bar{z}) > 0$  y  $P(\bar{y}, \bar{z}) > 0$ , se cumple que:

$$P(\bar{x} | \bar{y}, \bar{z}) = \frac{P(\bar{x} | \bar{z}) \cdot P(\bar{y} | \bar{x}, \bar{z})}{\sum_{\bar{x}' | P(\bar{x}' | \bar{z}) > 0} P(\bar{y} | \bar{x}', \bar{z}) \cdot P(\bar{x}' | \bar{z})} \quad (16)$$

El conjunto de teoremas, proposiciones y definiciones anteriores suponen las bases para el cálculo de las variables resultado de un modelo (diagnósticos). Sin embargo, estos métodos no son aplicables cuando el número de diagnósticos posibles es alto y/o cuando el número de variables dentro del modelo es elevado, tal y como ocurre en los modelos reales. Con el fin de aclarar esta afirmación, en el caso de un modelo con cinco variables resultado y en el que la evidencia esté formada por veinte hallazgos, siendo dos el número de estados de cada variable,

serían necesarios 33.554.431 parámetros, lo que demuestra que este método sólo es utilizable en modelos altamente simplificados (Díez, 2003).

Para reducir el número de parámetros se supone la hipótesis de que los diagnósticos son exclusivos (no puede haber dos de ellos a la vez) y exhaustivos (no hay otros diagnósticos posibles). En el ejemplo anterior supondría utilizar 5.242.879 parámetros que, aunque se trata de una reducción considerable, todavía es insuficiente. Si en este mismo caso se incluye la hipótesis de "Independencia condicional" el número de parámetros necesario sería de 104, haciendo posible el proceso de cálculo.

Sin embargo, la adopción de las hipótesis que permiten la utilización de los métodos probabilísticos clásicos para la construcción de modelos ha sido muy criticada por diferentes motivos (Díez, 2003):

- La hipótesis de diagnósticos exclusivos y exhaustivos es pocas veces aplicable en casos reales (Shortliffe *et al.*, 1979).
- La hipótesis de independencia condicional sobreestima la importancia de los hallazgos asociados entre sí, resultando inadmisibile (Szolovits y Pauker, 1978).
- Necesita de un elevado número de parámetros para la construcción de un modelo, lo que complica la construcción de los mismos.
- La incorporación de nueva información es complicada debido a que la información no está estructurada, pues consiste únicamente en un elevado número de parámetros.

Estas limitaciones hicieron que los métodos probabilísticos dejaran de utilizarse hasta la aparición de las redes bayesianas, que constituyen una potente herramienta de tratamiento probabilístico de la incertidumbre, cuyos fundamentos se tratan en el siguiente epígrafe.

### 3.4.2. Redes bayesianas.

Como se ha comentado, las redes bayesianas, y los avances informáticos, han permitido que la probabilidad vuelva a utilizarse como medida de la incertidumbre. En este apartado se tratan los fundamentos matemáticos con los que operan los diferentes programas dedicados al trabajo con redes bayesianas, especialmente la transmisión de información mediante mensajes entre variables.

#### **Definiciones.**

Una red bayesiana consiste en un conjunto finito de nodos  $\bar{X}$ , representando cada uno de ellos a una variable, las cuales pueden ser discretas o continuas. A su vez, cada variable está definida por un cierto número de estados, que deben formar un conjunto exclusivo y exhaustivo.

La primera gran diferencia entre los métodos probabilísticos clásicos y las redes bayesianas, es que éstas no necesitan suponer que los diagnósticos son exclusivos y exhaustivos, por lo tanto, las redes bayesianas pueden ofrecer varios resultados simultáneamente, algo que no era posible con los métodos anteriores. Para profundizar en el análisis de las redes bayesianas, en función de su estructura y funcionamiento, es necesario definir algunos conceptos:

**Arco:** Es un par ordenado de nodos (X, Y), el cual es representado mediante una flecha que va de X hasta Y.

**Grafo dirigido:** Es un par  $G = (N, A)$ , donde  $N$  es un conjunto de nodos y  $A$  un conjunto de arcos definidos sobre los nodos.

**Padre:**  $X$  es un padre de  $Y$  si y sólo si existe un arco  $(X, Y)$ .

**Hijo:**  $Y$  es un hijo de  $X$  si y sólo si existe un arco  $(X, Y)$ .

**Antepasado:**  $X$  es un antepasado de  $Z$  si y sólo si existe al menos un nodo  $Y$  tal que  $X$  es padre de  $Y$  e  $Y$  es padre o antepasado de  $Z$ .

**Nodo terminal:** Es el nodo que no tiene hijos. Por lo tanto es una variable objetivo.

**Camino:** Un camino entre  $X_1$  y  $X_N$  es una sucesión de nodos  $\{X_1, \dots, X_N\}$  pertenecientes a un grafo  $G = (N, A)$ , tal que  $X_i \neq X_j$  para  $1 \leq i < j \leq N$  y  $(X_i, X_{i+1}) \in A$  ó  $(X_{i+1}, X_i) \in A$ ,  $\forall i$ ,  $1 \leq i < N$ .

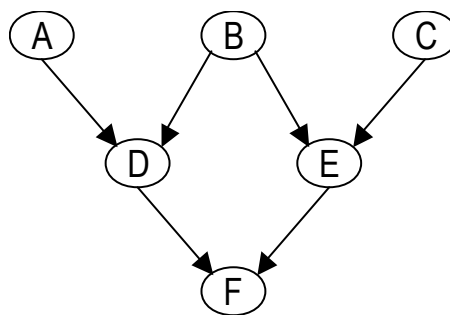


Fig. 24. Ejemplo de grafo dirigido.

Con el fin de aclarar los conceptos anteriores, la figura 24 presenta un grafo dirigido en el que existen los siguientes arcos: A-D, B-D, B-E, C-E, D-F y E-F; las variables A y B son “padres” de D y ésta es a su vez “hijo” de las anteriores, las variables B y C son “padres” de E y por lo tanto ésta es “hijo” de las mismas, las variables D y E son “padre” de F y ésta es su “hijo”, siendo además el “nodo terminal”. Por otro lado, las variables A, B y C son “antepasados” de F. En la figura pueden apreciarse 4 caminos: A-D-F, B-D-F, B-E-F y C-E-F.

**Ciclo:** Es una sucesión de nodos  $\{X_1, \dots, X_N\}$  pertenecientes a un grafo  $G = (N, A)$ , tal que  $X_i \neq X_j$  para  $1 \leq i < j \leq N$ , para todo  $i < N$  existe en  $A$  un arco  $(X_i, X_{i+1})$ , y existe además un arco  $(X_N, X_1)$ .

**Bucle:** Sucesión de nodos  $\{X_1, \dots, X_N\}$  pertenecientes a un grafo  $G = (N, A)$ , tal que  $X_i \neq X_j$  para  $1 \leq i < j \leq N$ , para todo  $i < N$  existe en  $A$  un arco  $(X_i, X_{i+1})$  ó  $(X_{i+1}, X_i)$ , existe además un arco  $(X_N, X_1)$  ó  $(X_1, X_N)$  y los arcos no forman un ciclo.

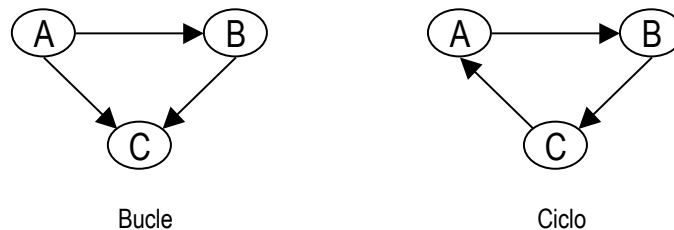


Fig. 25. Diferencia entre bucle y ciclo.

Como puede apreciarse en la figura 25, la diferencia entre bucle y ciclo es que en el primer caso la influencia de la variable A llega hasta C por dos caminos distintos: A-C y A-B-C,

mientras que en el segundo caso, la influencia de la variable A llega a ella misma: A-B-C-A, condicionando su propio estado.

**Grafo acíclico:** Es el grafo en el que no hay ciclos.

**Grafo conexo:** Un grafo es conexo cuando entre dos cualquiera de sus nodos existe al menos un camino.

**Grafo simplemente conexo o poliárbol:** Cuando entre dos nodos cualquiera existe un solo camino.

**Árbol:** Se trata de un caso particular de poliárbol, en el que cada nodo tiene un solo “padre”, exceptuando los nodos iniciales.

**Grafo múltiplemente conexo:** Es el que contiene ciclos o bucles.

**Separación direccional:** Dado un grafo dirigido acíclico conexo y una distribución de probabilidad sobre sus variables, se dice que hay separación direccional si, dado un nodo X, el conjunto de sus padres,  $pa(X)$ , separa condicionalmente este nodo de todo otro subconjunto Y en que no haya descendientes de X.

$$P(x|pa(x), \bar{y}) = P(x|pa(x)) \quad (17)$$

**Red bayesiana:** es un grafo dirigido acíclico conexo más una distribución de probabilidad sobre sus variables, que cumple la propiedad de separación direccional.

Tienen las siguientes propiedades:

- Dos nodos cualquiera D y E que no tengan ningún antepasado común son independientes a priori.
- Si D es descendiente de A y antepasado de H, y no existe ningún otro camino desde A hasta H, entonces estos dos nodos quedan condicionalmente separados por D.

$$P(h|d, a) = P(h|d) \quad (18)$$

- Si tanto G como H son hijos de D y no tienen ningún antepasado común, este último separa G y H, haciendo que sean condicionalmente independientes.

$$P(g|d, h) = P(g|d) \quad (19)$$

La separación direccional es una propiedad fundamental de las redes bayesianas. Por otro lado, la independencia *a priori* o condicional de dos nodos, se pierde al conocer el valor de cualquiera de sus descendientes comunes.

Como consecuencia de las condiciones de independencia dadas por la separación direccional aparecen nuevas restricciones que reducen los grados de libertad del modelo. De esta manera, otra de las propiedades más importantes de las redes bayesianas es que su distribución de probabilidad puede expresarse mediante el producto de las distribuciones condicionadas de cada nodo dados sus padres.

**Teorema. Factorización de la probabilidad.** Dada una red bayesiana, su distribución de probabilidad puede expresarse como:

$$P(x_1, \dots, x_n) = \prod_i P(x_i|pa(x_i)) \quad (20)$$



Este teorema permite describir una red bayesiana a partir de la probabilidad condicionada de cada nodo, en lugar de dar la distribución de probabilidad conjunta.

### **Propagación de la evidencia en poliárboles.**

La estructura de una red bayesiana ofrece por sí misma una gran cantidad de información. Un arco XY indica que existe una correlación entre ambas variables y por lo tanto una influencia causal directa. Por otro lado, la existencia de un camino entre dos variables X e Y, con un conjunto de variables intermedias, indica que existe una influencia causal indirecta entre ambas. Esta información es de tipo cualitativo y tiene gran importancia, como demuestra el hecho de que se hayan construido redes cualitativas capaces de razonar a partir de las propiedades de independencia de las redes bayesianas, incluso sin utilizar valores numéricos (Wellman, 1990 a y b).

A partir de las probabilidades condicionales de una red bayesiana es posible calcular la probabilidad conjunta mediante la utilización del teorema de la Factorización de la probabilidad (Ec. 20), así como las probabilidades marginales y *a posteriori* con las ecuaciones definidas para estos casos según el método probabilístico clásico. Sin embargo, de este modo aparece el problema del elevado número de cálculos que sería necesario llevar a cabo, con el inconveniente añadido de que una nueva evidencia supone repetir casi todos los cálculos.

Por la propia definición de poliárbol, solamente existe un camino entre un par de nodos. En consecuencia, la influencia de cada hallazgo se propaga hasta un nodo X bien a través de los padres o a través de los hijos de éste, por lo que para cada nodo se puede hacer una partición de la evidencia en dos subconjuntos tales que:

$$\begin{aligned} e &= e_X^+ \cup e_X^- \\ e_X^+ \cap e_X^- &= \emptyset \end{aligned} \quad (21)$$

Es decir, cada vez que se introduce una evidencia, ésta queda “por encima” o “por debajo” de X, pero nunca “por encima” y “por debajo” a la vez.

La partición de la evidencia permite establecer las siguientes definiciones:

$$\pi(x) \equiv P(x, e_X^+) \quad (22)$$

$$\lambda(x) \equiv P(e_X^- | x) \quad (23)$$

$$\pi_X(u_i) \equiv P(u_i, e_{U_i X}^+) \quad (24)$$

$$\lambda_{Y_j}(x) \equiv P(e_{XY_j}^- | x) \quad (25)$$

Donde:

- $\pi(x)$  indica qué valor de X es más probable según la evidencia relacionada con las causa de X, es decir, según la evidencia “por encima” de X.
- $\lambda(x)$  indica qué valor de X explica mejor los hallazgos correspondientes a los efectos de X, es decir, la evidencia “por debajo” de X.
- $\pi_X(u)$  indica qué valor de U es más probable según la evidencia “por encima” del enlace UX.
- $\lambda_{Y_j}(x)$  indica qué valor de X explica mejor la evidencia “por debajo” del enlace XY.

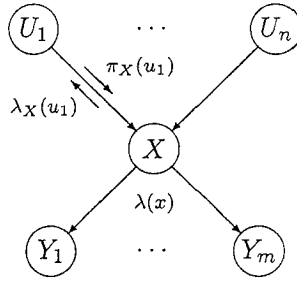


Fig. 26. Propagación de la evidencia mediante intercambio de mensajes.

Para calcular la probabilidad *a posteriori* de cada nodo es necesario tener en cuenta la siguiente consideración. Un nodo  $X$  está en disposición de enviar un mensaje a su vecino  $W$  cuando, y sólo cuando, ha recibido los mensajes procedentes de todos sus demás vecinos. Un nodo  $X$  con  $n$  causas y  $m$  efectos que ha recibido  $q$  mensajes se encuentra en uno de los tres estados siguientes:

- $q \leq n + m - 2$ . Por lo tanto  $X$  está esperando al menos dos mensajes, por lo que todavía no puede calcular ninguno de los que debe calcular.
- $q = n + m - 1$ . Por lo tanto  $X$  ha recibido un mensaje de cada vecino excepto de uno llamado  $W$ . En esta situación,  $X$  puede calcular el mensaje que debe enviar a  $W$ , pero no puede calcular ningún otro mensaje.
- $q = n + m$ . Como  $X$  ha recibido todos los mensajes que estaba esperando, puede calcular por fin los que le faltaba por enviar.

Al principio  $q = 0$  para todos los nodos, pues no ha circulado ningún mensaje, por lo tanto todos los nodos con un solo vecino ( $n + m = 1$ ) se encuentran en el estado 2, mientras que los demás se encuentran todavía en el estado 1. Es posible demostrar que siempre hay algún nodo dispuesto a enviar un mensaje, por lo que el proceso no se interrumpe nunca hasta que el algoritmo se ha completado.

Las ecuaciones necesarias para el cálculo de los mensajes son las siguientes:

$$\pi(x) = \sum_{\bar{u}} P(x | \bar{u}) \prod_{i=1}^n \pi_X(u_i). \quad (26)$$

$$\pi_{Y_j}(x) = \pi(x) \prod_{k \neq j} \lambda_{Y_k}(x) \quad (27)$$

$$\lambda(x) = \prod_{j=1}^m P(e_{XY_j}^- | x) = \prod_{j=1}^m \lambda_{Y_j}(x) \quad (28)$$

$$\lambda_{Y_j}(x) = \sum_{y_j} \left[ \lambda(y_j) \sum_{\bar{v}} P(y_j | x, \bar{v}) \prod_{l=1}^p \pi_{Y_j}(v_l) \right] \quad (29)$$

Siendo la probabilidad *a posteriori*:

$$P^*(x) = \alpha \pi(x) \lambda(x) \quad (30)$$

$$\alpha = \left[ \sum_x \pi(x) \lambda(x) \right]^{-1} \quad (31)$$

Para que el algoritmo esté completo es necesario conocer los valores  $\pi(x)$  y  $\lambda(y)$ , de las variables padre y terminales respectivamente, así como introducir la evidencia observada. Para un nodo  $X$  sin padres,  $\pi(x) = P(x)$ , mientras que para un nodo terminal  $Y$  es necesario calcular  $\lambda(y)$ . Si no existe ninguna información adicional sobre este nodo, se le asigna el mismo valor para cada estado, de esta manera este vector no modifica el valor de la probabilidad a posteriori, es decir, en el resultado final. En el caso de que exista un nodo terminal  $Y$  de valor conocido  $y_0$ , se trata pues de un hallazgo, se le asigna a  $\lambda(y_0)$  un valor positivo cualquiera y nulo a los demás valores de  $Y$ . De esta manera queda completo el algoritmo de propagación de la evidencia en poliárboles.

A continuación se muestra, de forma resumida, las bases de funcionamiento del algoritmo de propagación para árboles (Millán, 2000), como caso más sencillo:

Inicialización.

En esta fase se obtienen las probabilidades a priori de todos los nodos de la red, obteniendo un estado inicial de la red ( $S_0$ ).

Iniciar todos los  $\lambda$ -mensajes y los  $\lambda$ -valores a 1.

Si la variable padre ( $X$ ) tiene  $m$  posibles valores, entonces para  $j = 1, \dots, m$

$$\pi(x_j) = P(x_j)$$

Para todos los hijos  $Y$  de  $X$ , hacer

- Enviar un nuevo  $\pi$ -mensaje a  $Y$  usando la fórmula (2).

Actualización.

Cuando se conoce el valor de una variable, según Millán (2000) cuando una variable se instancia, se actualiza el estado de la red, obteniéndose las probabilidades a posteriori de las variables de la red basadas en la evidencia considerada, adoptando la red un estado denominado  $S_1$ . Este paso se repite cada vez que una variable se instancia, obteniéndose los sucesivos estados de la red.

El algoritmo actualiza la red ante un cambio en alguna variable, informando a las variables vecinas mediante mensajes de la siguiente forma:

- La variable envía a su padre un  $\lambda$ -mensaje para informarle que ha cambiado su estado.
- La variable envía a todos sus hijos un  $\pi$ -mensaje para informarles que ha cambiado de valor.

De esta manera la información se propaga por la red tanto en sentido ascendente como descendente. Estos mensajes asignan a cada variable unos valores denominados  $\lambda$ -valor y  $\pi$ -valor. Al multiplicar esos valores se obtienen las probabilidades a posteriori de cada una de las variables de la red.

Cuando una variable se instancia o una variable recibe un  $\lambda$  ó  $\pi$ -mensaje, la actualización se realiza siguiendo alguno de los siguientes procedimientos:

*Si una variable se instancia a un valor  $y_j$ , entonces:*

- a.1 Inicializar  $P^*(y_j) = 1$  y  $P^*(y_i) = 0$ , para todo  $i \neq j$ .
- a.2 Calcular  $\lambda(Y)$  utilizando la fórmula (28).
- a.3 Enviar un nuevo  $\lambda$ -mensaje al padre de  $Y$  usando la fórmula (29).
- a.4 Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los hijos de  $Y$  utilizando la fórmula (27).

*Si una variable  $Y$  recibe un nuevo  $\lambda$ -mensaje de uno de sus hijos y la variable  $Y$  no ha sido instanciada todavía, entonces:*

- b.1 Calcular el nuevo valor de  $\lambda(Y)$  utilizando la fórmula (28).
- b.2 Calcular el nuevo valor de  $P^*(Y)$  usando la fórmula (30).
- b.3 Enviar un nuevo  $\lambda$ -mensaje al padre de  $Y$  usando la fórmula (29).
- b.4 Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los otros hijos de  $Y$  utilizando la fórmula (27).

*Si una variable  $Y$  recibe un nuevo  $\pi$ -mensaje de su padre y la variable  $Y$  no ha sido instanciada todavía, entonces:*

- c.1 Calcular el nuevo valor de  $\pi(Y)$  utilizando la fórmula (26).
- c.2 Calcular el nuevo valor de  $P^*(Y)$  usando la fórmula (30).
- c.3 Enviar nuevos  $\pi$ -mensajes a los otros hijos de  $Y$  utilizando la fórmula (27).

### ***Propagación de la evidencia en redes múltiplemente conexas.***

El método de propagación anterior sólo es válido para redes de estructura simple, es decir, poliárboles. Esta característica hace que estas redes no puedan ser aplicables en numerosas ocasiones. Las redes múltiplemente conexas salvan este obstáculo ya que permiten trabajar con bucles, es decir, con situaciones en la que la influencia de una variable llega a otra por dos o más caminos distintos.

Existen varios métodos de propagación para este tipo de redes, siendo los más importantes el "Método de propagación por condicionamiento" y el "Método de agrupamiento". El primero de ellos consiste en cortar los múltiples caminos entre los nodos mediante la asignación de valores a un conjunto reducido de variables contenidas en los bucles (Pearl, 1986; Suermondt y Cooper, 1991), obteniendo de esta manera un poliárbol en el que puede aplicarse el algoritmo de propagación para poliárboles (Castillo *et al.*, 1997). El "Método de agrupamiento" (Lauritzen y Spiegelhalter, 1988) construye representaciones auxiliares de estructura más simple, uniendo conjuntos de nodos del grafo original, obteniéndose un poliárbol y permitiendo por tanto aplicar su algoritmo de propagación (Castillo *et al.*, 1997). Este método fue mejorado posteriormente con el llamado algoritmo HUGIN (Jensen *et al.*, 1990).

### **3.5. SOPORTE INFORMÁTICO.**

#### **3.5.1. El sistema experto HUGIN.**

El programa “HUGIN RESEARCHER” (Hugin Expert A/S, 2003) está concebido para desarrollar sistemas expertos basados en la teoría probabilística mediante la utilización de redes bayesianas. Se trata de sistemas que resuelven problemas estocásticos, es decir, aquellos en los que existe un cierto nivel de incertidumbre en la información con la que debe trabajarse, tal y como ocurre en el caso de los sistemas medioambientales.

Este software, considerado como la herramienta más eficaz para el desarrollo y la computación de redes bayesianas (Millán, 2000), ha sido elaborado por la empresa danesa Hugin Expert, vinculada a la Universidad de Aalborg (Dinamarca). Para la construcción de la red bayesiana correspondiente a la UHMO se ha utilizado la versión 6.2 de este programa.

La base de cálculo empleada por esta herramienta para la propagación de la evidencia en redes múltiplemente conexas, es decir, aquellas en las que aparecen bucles, es el denominado “algoritmo HUGIN” (Jensen *et al.*, 1990), que es una mejora del “Método de agrupamiento” (Lauritzen y Spiegelhalter, 1988).

El paquete informático está compuesto por una interfase gráfica de usuario y un motor de inferencia para el desarrollo de la aplicación. La interfase gráfica de usuario es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Permite diseñar la red bayesiana en forma de diagramas de influencia, construir bases de conocimiento a partir de bases de datos y generar tablas de probabilidades a partir de la información introducida. El motor de inferencia, según Gámez y Puerta (1998), es el encargado de obtener conclusiones a partir de la información de la que dispone. En los programas probabilísticos, como es el caso, además es el encargado de propagar la incertidumbre que acompaña a la información, por lo que las conclusiones que se obtienen están condicionadas por dicha incertidumbre (Castillo *et al.*, 1997).

El paquete también incluye un conjunto de bases de conocimiento, es decir, todo el conocimiento relevante que se tiene sobre el dominio del problema considerado (Gámez y Puerta, 1998), preelaboradas para ciertos campos de aplicación, un manual del usuario y algunos ejemplos de utilización.

Los lenguajes de programación utilizados para el motor de inferencia son C (Kernighan y Ritchie, 1978), C++ (Strosup, 1986) y Java (Gosling, 1990), mientras que para la interfase gráfica de usuario se optó por Java.

Los requerimientos mínimos del sistema para el correcto funcionamiento del programa son Windows NT, 98, 2000 ó XP (Microsoft Corporation, 1996; 1998; 2000; 2001). También puede utilizarse con Solaris 7 u 8 (Sun Microsystems, 1998; 2000) ó Linux Redhat 7.1 (Red Hat, 2001).

#### **3.5.2. Incorporación de la información obtenida a dicho sistema.**

En el apartado “3.3. Construcción de la red bayesiana” se especifican las fases que deben seguirse para alcanzar ese objetivo previamente a utilizar la herramienta informática. A continuación se detalla como se introduce la información obtenida en el programa:

- Identificación de las variables que afectan al sistema.

Una vez elaborada la lista de las variables más relevantes que afectan al sistema, el programa permite incorporar esas variables en forma de nodos. Cada uno de los

nodos representa a una de las variables, siendo posible asignarles un nombre o código que las identifique. De igual modo, la herramienta dispone de otras opciones interesantes como la de poder escribir una explicación del significado de cada variable o definir grupos de variables asignándoles colores diferentes que ayuden a su reconocimiento en pantalla.

- Establecimiento de las relaciones entre esas variables.

La principal labor a desarrollar en esta fase es determinar que variables son “padre”, es decir, independientes, y que variables son “hijo”, es decir, dependientes de una o más variables. La forma de introducir esta información en el programa es sumamente sencilla e intuitiva. Una vez creados los nodos en la pantalla e identificados por un nombre o código, simplemente es necesario dibujar flechas que unan a esos nodos. De las variables “padre” siempre saldrán una o más flechas, dependiendo del número de variables “hijo” influenciadas por cada una de ellas, mientras que las variables “hijo” recibirán una o más flechas, pudiendo salir de ellas también una o más flechas. Hay que hacer constar que las variables “hijo” son “padre” de las siguientes, sin ser en este caso independientes, hasta llegar a una o varias variables definidas como “variables objetivo”. De estas últimas no sale ninguna flecha y, por lo tanto, concentran la influencia que les ejerce el resto de variables que llegan hasta ellas por alguno de los caminos definidos por las flechas en sentido contrario a la dirección de éstas. También es preciso indicar que no está permitido formar ciclos, es decir, que la influencia generada por una variable vuelva a ella misma por algún camino, ya que la propia definición de las red bayesianas matiza que son grafos acíclicos.

Por otro lado, otra opción interesante del programa es la posibilidad de definir en algunas ocasiones cual es la relación de una variable “hijo” con su o sus “padres”. Estas relaciones pueden ser de distintos tipos: distribuciones continuas, distribuciones discretas, ecuaciones matemáticas o condicionadas. Esta opción facilita enormemente la siguiente fase ya que, cuando es posible utilizarla, permite trabajar con un elevado número de estados y calcular automáticamente la probabilidad de cada uno de ellos.

- Asignación a cada variable de sus estados y probabilidades.

Una vez definidos los estados y sus probabilidades de cada una de las variables en gabinete, queda introducir esta información en el programa. Es necesario distinguir entre variables “padre” y variables “hijo”.

Las variables “padre” son más sencillas de introducir ya que el cuadro de probabilidades que es preciso completar es generalmente menos complejo que el de cualquier variable “hijo”. Una vez creado el nodo e identificado, el programa permite definir los estados que queremos asignarle a esa variable. Para facilitar el posterior cálculo de probabilidades, el programa ofrece la opción de definir el tipo de estados que vamos a introducir distinguiendo entre: etiqueta, booleana, número o intervalo. Las opciones utilizadas en este trabajo han sido la primera y la última. La primera permite asignarle un nombre a cada uno de los estados, mientras que la última divide un rango de valores numéricos en un número de intervalos también numéricos, que no necesariamente tienen que ser iguales aunque es conveniente que lo sean, ya que facilita apreciar visualmente la distribución de probabilidades entre los estados una vez alcanzada la fase de cálculo.

Las variables “hijo” presentan una mayor complicación como consecuencia de que los cuadros de probabilidades que hay que completar son más amplios. Esto es así porque para cada estado de la variable “hijo” es preciso asignar un valor de probabilidad a cada una de las posibles combinaciones fruto de cruzar los estados de sus variables “padre”. Cuanto mayor sea el número de “padres” y mayor sea el número de estados de los “padres” y de la propia variable “hijo”, mayor será el cuadro de probabilidades. En estas ocasiones, y siempre que sea posible, es cuando utilizar la opción de definir la relación matemática entre la variable “hijo” y sus “padres” facilita enormemente esta tarea.

La figura 27 muestra un ejemplo relacionado con los apartados anteriores. Como puede apreciarse, la variable SPEI (Sumatorio de los planes de explotación individual) es “hijo” de las variables EFIC (Eficiencia global de riego) y AGRIE (Disponibilidad máxima de agua de riego), ya que desde ambas variables parten flechas que terminan en SPEI, la cual es, a su vez, “padre” de “CULTIVOS” (Distribución de cultivos) y de otras dos variables que no aparecen en la figura. El apartado “3.3.6. Explicación detallada de las variables” recoge el significado de cada una de ellas. La parte superior de la figura muestra en su encabezamiento que se trata del cuadro de estados y probabilidades de la variable SPEI. Esta variable está relacionada matemáticamente con sus variables “padre” según la expresión mostrada en la tabla (los códigos alfanuméricos que aparecen en la fórmula son los correspondientes a EFIC y AGRIE respectivamente). Los estados de SPEI son intervalos numéricos que varían desde 240 – 260 hasta 500 – 520, los estados de AGRIE desde 280 – 300 hasta 440 – 460 (no aparecen todos), mientras que los de EFIC son 0'9, 1 y 1'05. El número total de combinaciones es igual a 378, resultado de multiplicar el número de estados de cada variable por ellos mismos. Al establecer la relación matemática entre las variables, el programa calcula la probabilidad de cada uno de los estados de forma automática, tal y como recoge la imagen de la derecha, permitiendo utilizar variables con numerosos estados, situación inviable en caso de tener que calcular las probabilidades de forma manual.

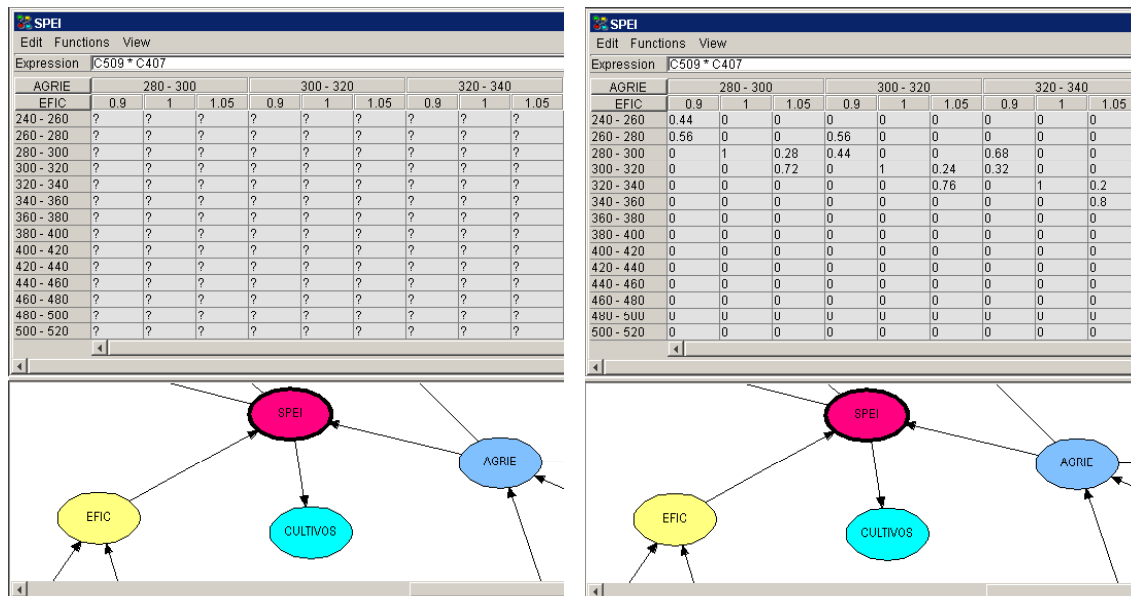


Fig. 27. Cuadro de estados y probabilidades de SPEI.

Una vez alcanzado este punto, se ha constituido la denominada “base de conocimiento” y por lo tanto el programa se encuentra en condiciones de ofrecer resultados.

Con el fin de facilitar la tarea de utilizar el programa informático, en el proyecto MERIT ha participado un equipo de expertos en redes bayesianas, pertenecientes a la Universidad de Aalborg (Dinamarca), que son precisamente los autores de la herramienta. Este hecho ha permitido disfrutar de un asesoramiento continuo desde el inicio del Proyecto, tanto en la correcta utilización del programa e interpretación de los resultados como en los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para la construcción de una red bayesiana. Aunque la utilización de este programa a nivel de usuario es relativamente sencilla, es cierto que dispone de opciones avanzadas las cuales precisan de una alta especialización por parte de quién lo maneje.

En la Universidad de Castilla-La Mancha, y más concretamente en la Escuela Superior de Informática del Campus de Albacete, existe un equipo de investigadores expertos en redes bayesianas. El apoyo de este equipo ha sido muy importante durante el diseño y posterior utilización de la Red. El hecho de que se tratara de una red cuyo objetivo era el de ser utilizada como herramienta para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos de la zona, suponía para este grupo un atractivo especial dado que sus trabajos han estado basados fundamentalmente en redes teóricas de menor aplicación práctica. Desde principios de 2002 y hasta la finalización del Proyecto ha sido patente su colaboración, complementando de esta forma el asesoramiento recibido por el grupo de Aalborg.

### **3.6. VALIDACIÓN DE LA RED.**

#### **3.6.1. Procesos de simulación.**

Los procesos de simulación se han realizado utilizando diferentes opciones disponibles en el programa informático HUGIN, así como creando diferentes escenarios con el fin de observar el comportamiento de la UHMO según el modelo.

El programa permite realizar tantas simulaciones como combinaciones puedan darse entre los distintos estados de las variables “padre” e incluso de algunas intermedias. En este caso sólo se han analizado aquellas combinaciones que, bajo el punto de vista del equipo investigador, son de mayor relevancia.

El primer escenario simulado ha sido, lógicamente, el de la situación actual. Si el resultado ofrecido por el modelo, fijando las variables “padre” en el estado correspondiente a dicha situación, se hubiera alejado de la realidad, este hecho implicaría que el modelo presenta errores en su construcción.

Otros escenarios propuestos han sido aquellos en los que se intenta alcanzar la sostenibilidad, tanto de la UHMO en su conjunto como del Acuífero en particular, mediante diferentes actuaciones. Estas simulaciones pretenden analizar el comportamiento de ciertas variables intermedias de elevada relevancia para la zona de estudio.

En los resultados se analiza la información ofrecida por el modelo para distintas situaciones.

#### **3.6.2. La participación de usuarios y expertos en el proceso de validación.**

Un componente importante del Proyecto MERIT ha sido la participación de usuarios y expertos durante la construcción y posterior validación del modelo de gestión. Este trabajo no habría sido de utilidad si ellos no confiaran en los resultados ofrecidos por la herramienta.



Para resolver este último apartado se llevaron a cabo una serie de reuniones con varios objetivos. Uno de ellos era el de mostrar la herramienta y, considerando diferentes situaciones, discutir sobre los resultados proponiendo las oportunas modificaciones. El otro era lograr que los usuarios confiaran en el modelo y en su capacidad para ser utilizado como herramienta de apoyo a la gestión.

Durante los últimos ocho meses del Proyecto se convocaron cuatro reuniones. No todas ellas tenían los mismos objetivos ni estaban dirigidas a los mismos colectivos.

En las dos primeras se presentó el modelo a los potenciales usuarios de la herramienta: CHJ, JCRMO e ITAP. De cada uno de estos colectivos asistieron varios representantes, en su mayoría técnicos.

Su participación de forma conjunta fue crucial durante el proceso de validación de la red, ya que en estas reuniones se analizaron en profundidad no sólo los resultados sino también la elección de las variables, las relaciones entre las mismas, sus estados y sus probabilidades. Como consecuencia, los asistentes lograron un alto conocimiento de la red y una elevada confianza en sus posibilidades de utilización.

Tras estas reuniones se convocaron otras dos con las mismas instituciones pero de forma individual, siendo el objetivo mostrar el funcionamiento del programa informático a los técnicos encargados de utilizar la herramienta una vez finalizado el Proyecto MERIT. Estas reuniones fueron una primera toma de contacto con el modelo, estando previsto que los técnicos disfruten de asesoramiento por parte de los miembros del equipo de investigación hasta que dominen el programa y el modelo.

### **3.7. SENSIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A LAS VARIABLES DEL MODELO.**

Los resultados ofrecidos por el modelo están condicionados por los estados en que se encuentren las variables que lo forman, especialmente por los correspondientes a las variables “padre”. Conocer que variables influyen más notablemente sobre los resultados es un dato de gran interés, ya que muestra en que sentido debe trabajarse para lograr los objetivos deseados.

El elevado número de variables “padre” que forman el modelo, éstas a su vez con numerosos estados, hace inviable realizar todas las combinaciones posibles para construir un plan factorial equilibrado completo. Considerando 21 variables con únicamente dos estados serían necesarias 2.097.152 pruebas. En esta situación presentan un mayor interés los diseños denominados fracciones factoriales, ya que permiten estudiar los efectos de interés con un número de pruebas mucho más reducido (Balasch, 2001).

Las 21 variables consideradas para realizar el estudio estadístico son todas las variables “padre” del modelo, exceptuando aquellas sobre las que no se puede actuar. Estas variables son 1.1 Recarga, 1.2 Aportaciones anuales de aguas superficiales y 4.5.5 Volumen de agua aportado por al lluvia. Además se ha incluido la variable 4.5.2 Distribución de cultivos, dada su relación con el volumen de agua consumido como con la renta agraria obtenida por los agricultores.

Las limitaciones que presentan las fracciones factoriales, frente a los planes factoriales equilibrados, son que no pueden estudiarse ciertos efectos, generalmente interacciones de orden elevado, y confundir algunos entre sí. En consecuencia, los requisitos que debe cumplir una fracción factorial son los siguientes (Romero y Zúnica, 2002):

- No confundir nunca efectos simples entre sí.
- Debe procurar no confundir efectos simples con interacciones dobles.
- Si es posible, tampoco debe confundir interacciones dobles entre sí.

Las fracciones factoriales más sencillas son las denominadas  $2^{k-1}$ , en las cuales se estudian  $k$  factores a 2 niveles haciendo sólo la mitad de las pruebas. En este caso, este diseño implicaría realizar 1.048.576 pruebas, una cifra demasiado elevada todavía. Por lo tanto, debe recurrirse a una fracción factorial  $2^{k-p}$ .

La técnica para construir una fracción de estas características es la siguiente:

1. Con los “ $k-p$ ” primeros factores se construye el plan factorial completo.
2. Se asignan el resto de factores a interacciones construidas a partir de los “ $k-p$ ” primeros factores, intentando que el orden de los generadores resultantes sea lo más elevado posible.

A continuación se relata el modo en el que se ha realizado la fracción factorial para la red bayesiana correspondiente a la UHMO.

La tabla 17 muestra las variables consideradas y los dos niveles seleccionados. Las letras entre paréntesis indican el nombre que se ha asignado a cada variable para construir las interacciones. Es necesario indicar que se han establecido diferentes criterios a la hora de seleccionar los dos estados con los que realizar las pruebas de cada variable.

Existen algunas variables que sólo cuentan con dos estados. En estos casos, obviamente, se han utilizado ambos.

Otras variables cuentan con tres estados, donde la situación actual está representada por el intermedio. Cuando esto ocurre, se han elegido los dos estados extremos ya que suelen representar una pequeña variación por encima o por debajo de la situación actual. Esta regla no se ha respetado en el caso de las variables PAC (Ayudas de la PAC) y VA (Venta de agua). En la primera de ellas es muy improbable que las ayudas comunitarias aumenten, por lo que se ha preferido tener en cuenta la situación actual y otra en la que se reducen las ayudas. En la segunda, hasta el momento no se ha producido la venta de agua entre explotaciones, por lo tanto, a la hora de valorar los efectos de esta actuación, es más lógico pensar que mejorará la renta global de los agricultores y no al contrario. En consecuencia, se han utilizado los estados actual y venta de agua para explotaciones pertenecientes a la UHMO, desechando la venta fuera del ámbito de la misma que implicaría una reducción de la renta global.

Cuando la situación actual de la variable se encuentra representada por un estado extremo, se ha seleccionado ese estado y el inmediato inferior o superior.

Finalmente, existen dos variables ASPHJ (Asignaciones del PHJ) y CULTIVOS (Distribución de cultivos) que contienen un elevado número de estados. Para estas variables se han elegido aquellos que representan situaciones especiales. En la primera se han seleccionado un estado superior al correspondiente a la situación actual, para comprobar que ocurriría con un ligero aumento del volumen de aguas superficiales destinado a la sustitución de bombeos, y el que representa el máximo volumen que podría utilizarse para estos fines a medio plazo, desechando el valor extremo por estar demasiado alejado en el tiempo. En la segunda, se ha elegido la distribución de cultivos que corresponde a la situación actual y otra con unos consumos inferiores. Las distribuciones condicionan enormemente los valores de renta agraria

obtenidos y no es lógico pensar que aumentarán las dotaciones para regadíos en un futuro próximo, así como que tampoco se reducirán debido a la disminución de renta que implicaría.

Tabla 17. Variables y estados seleccionados para la construcción de la fracción factorial.

Variable		Estados		Descripción
(A) 2.1. RECO	- 1	75'99 – 76		Todos los estados de la variable.
Restricciones ecológicas	+ 1	76 – 151	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	
(B) 3.1. CHAB	- 1	150 – 190		Todos los estados de la variable.
Consumo por habitante	+ 1	190 – 230	l hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	
(C) 3.2. HAB	- 1	260 – 280		Todos los estados de la variable.
Número de habitantes	+ 1	280 – 300	1.000 hab	
(D) 4.1.4. I+D+i	- 1	Bajo ≤ 20	% prespto. en investigación	Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Investigación + Desarrollo + Innovación	+ 1	Alto ≥ 30		
(E) 4.1.1. SUBV	- 1	Bajo ≤ 35	% sobre inversión total	Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Subvenciones al capital	+ 1	Alto ≥ 45		
(F) 4.1.2. CDIN	- 1	≤ EU+ 0'5	% de interés	Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Coste del dinero	+ 1	≥ EU + 1		
(G) 4.2.6. PRSUP	- 1	0'06 – 0'10		Situación actual y encarecimiento moderado.
Precio del agua superficial	+ 1	< 0'06	€ m <sup>-3</sup>	
(H) 4.2.4. APCON	- 1	30 – 40		Situación actual y reducción moderada.
Aportaciones de las concesiones	+ 1	40 – 50	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	
(I) 4.2.1. ASPHJ	- 1	40 – 60		Situación levemente mejor que la actual y cercana al límite.
Asignaciones del PHJ	+ 1	80 – 100	hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	
(J) 4.2.2. RASPHJ	- 1	40 – 80		Situación actual y reducción moderada.
Restricciones a las asignaciones	+ 1	80 – 100	%	
(K) 4.3.1. VING	- 1	-5 – 0		Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Ingresos	+ 1	5 – 10	%	
(L) 4.3.3. VGAS	- 1	-5 – 0		Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Gastos variables	+ 1	5 – 10	%	
(M) 4.3.5. COAG	- 1	0'05 – 0'07		Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Coste del agua	+ 1	0'10 – 0'12	€ m <sup>-3</sup>	
(N) 4.3.7. CFIJ	- 1	270		Situaciones por debajo y por encima de la actual.
Costes fijos	+ 1	330	€ ha <sup>-1</sup>	
(O) 4.3.9. PAC	- 1	16'8 – 18'9		Situación actual y disminución de las ayudas.
Ayudas de la PAC	+ 1	21 – 23'1	10 <sup>6</sup> € año <sup>-1</sup>	
(P) 4.3.11. VA	- 1	1 No		Situación actual y aumento moderado.
Venta de agua	+ 1	1'1 Si, dentro	Coefficiente de multiplicación	
(Q) 4.3.13. CS	- 1	0'9 Envejec		Todos los estados de la variable.
Condicionantes socioeconómicos	+ 1	1 Actual	Coefficiente de multiplicación	
(R) 4.4.4. VSAN	- 1	Medio		Situación actual y descenso moderado.
Voluntad sancionadora	+ 1	Alto	-	
(S) 4.4.1. CTEC	- 1	Medio		Situación actual y descenso moderado.
Condicionantes técnicos	+ 1	Alto	-	
(T) 4.4.2. CLEG	- 1	Medio		Situación actual y descenso moderado.
Condicionantes legales	+ 1	Alto	-	
(U) 4.5.2. CULTIVOS	- 1	Distrib. 9		Situación actual y disminución moderada.
Distribución de cultivos	+ 1	Distrib. 11	-	

La fracción factorial considerada para este caso es del tipo 2<sup>21-16</sup>, de tal modo que el número de pruebas necesario es de 32. Una vez asignada una letra a cada variable y determinados que estados de cada una de ellas se utilizarán para realizar la fracción factorial, se elaboró el cuadro de interacciones (tabla 18). La combinación de los cinco primeros factores A,

B, C, D y E, dará lugar a las distintas interacciones. Con el fin de cumplir la condición de que las interacciones tengan el mayor orden posible, se comenzó asignando a U la interacción de mayor orden, es decir, aquella formada por todos los factores considerados (ABCDE), atribuyendo al resto de variables interacciones de menor orden. De este modo, salvo en el caso de F, todas las demás interacciones son de orden 3 o superior.

Tabla 18. Cuadro de interacciones.

A	D	G = DEB	J = CDE	M = ABE	P = DEAB	S = ABCE
B	E	H = DEA	K = BCE	N = ABD	Q = CDEA	T = ABCD
C	F = AB	I = CDA	L = BCD	O = ABC	R = BCDE	U = ABCDE

Una vez completado este paso, con las cinco primeras se realizó el cuadro factorial completo correspondiente a las 32 pruebas (aparecen sombreadas en la tabla 19). El resto del cuadro se construye adoptando para las demás variables el valor resultante de multiplicar los niveles en cada prueba de los factores A, B, C, D y E, según el cuadro de interacciones (tabla 19).

Tabla 19. Cuadro factorial para 21 factores en 32 pruebas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
3	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
5	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1
6	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
7	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1
8	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1
9	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
10	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1
11	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1
12	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
13	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1
14	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1
15	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1
16	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1
17	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
18	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
19	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1
20	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1
21	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
22	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
23	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
24	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1
25	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
26	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1
27	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
28	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1
29	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1
30	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
31	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1
32	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1

Para conocer que efectos estarán confundidos, primero es necesario saber cuales son los generadores del plan factorial. En este caso:

1. El resultado de multiplicar cada factor por su interacción: ABF; DEBG; DEAH; CDAI; CDEJ; BCEK; BCDL; ABEM; ABDN; ABCO; DEABP; CDEAQ; BCDEB; ABCES; ABCDT; ABCDEU.

2. El producto de generadores tachando los cuadrados: AFDEG; BFDEH; BFCDI; ABFCDEJ; AFCEK, AFCDL; FEM; FDN; FCO; CRG, etc, hasta un total de 225 generadores diferentes.

El diseño se dice que es de Resolución III, que corresponde al número de términos del generador más corto.

Los “alias” de cualquier efecto, es decir, los efectos con los que está confundido, se obtienen multiplicando a dicho efecto por los diferentes generadores, eliminando los cuadrados. Para este caso particular, es suficiente conocer si algún factor simple está confundido con alguna interacción doble, ya que interacciones de orden superior carecen de interés.

Como puede comprobarse, son bastantes los efectos simples confundidos con interacciones dobles, aunque en ningún caso se confunden efectos simples entre sí. En consecuencia, a la hora de analizar estadísticamente los resultados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) (Fischer, 1935; García Pérez, 2003), sólo tendrán validez los resultados de los efectos simples, desechándose el resto de interacciones. El programa informático utilizado para la realización del ANOVA, ha sido STATGRAPHICS Plus, en su versión 5.0 (Statistical Graphics Corporation, 1993).

Es posible que llame la atención el hecho de que se haya decidido realizar un ANOVA cuando la mayoría de los estados seleccionados de cada variable son intervalos. Sin embargo, y aunque esto pueda parecer incorrecto dado que los ANOVA son útiles para determinar si existen diferencias significativas entre valores concretos de una misma variable, puede asumirse que el valor adoptado para realizar los cálculos es el valor medio del intervalo. La única forma de solucionar este aspecto sería la de volver a asignar a cada variable estados particulares y no intervalos, pero esto, además de suponer una ardua tarea, provocaría nuevos problemas a la hora de analizar los resultados del modelo, ya que cuando no existiera un estado concreto para una determinada situación, los resultados ofrecidos por el modelo serían menos aproximados.

De las condiciones que debe cumplir una fracción factorial, únicamente se cumple la obligatoria, es decir, que no se confundan efectos simples entre sí. Esto es debido al bajo número de pruebas en comparación con el elevado número de factores estudiados. Sin embargo, aunque algunas interacciones dobles podrían llegar a ser interesantes, no justifica el diseño de una fracción factorial con un número superior de pruebas.

Por otro lado, cuando el número de grados de libertad es pequeño, es posible que el nivel de significatividad mostrado en el ANOVA no sea del todo representativo. Para aumentar la evidencia del ANOVA puede recurrirse a la técnica de englobe (Balasch, 2001).

Esta técnica consiste en realizar un nuevo ANOVA pero esta vez únicamente con aquellos factores que presenten un F-Ratio  $> 1$  en el primer análisis. De esta manera puede distinguirse con mayor claridad que variables son significativas, ya que al aumentar el número de grados de libertad, también lo hace la evidencia de los resultados.

Las variables dependientes seleccionadas para realizar el ANOVA han sido ACUIF2, por determinar el nivel de sostenibilidad del Acuífero, SALIDA2, por el mismo motivo pero para el conjunto de la UHMO, y RENTA, que calcula el nivel de renta por hectárea percibido por los agricultores de la UHMO y, en consecuencia, la repercusión de las medidas adoptadas sobre la economía de la zona, con las connotaciones políticas y sociales que conlleva.

Las dos primeras variables muestran un único valor para cada prueba, mientras que en el caso de RENTA es necesario calcular manualmente el resultado, el cual se corresponde con la esperanza matemática de la distribución de probabilidades ofrecida por el modelo.

### **3.8. TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.**

Los objetivos de esta Tesis no podrían alcanzarse sin la participación de los colectivos implicados en el uso y gestión del agua. Este hecho ha supuesto que, desde el comienzo del trabajo, se haya puesto en conocimiento de los mismos la existencia del Proyecto y se haya tratado de conseguir su colaboración.

La participación de dos instituciones muy ligadas al equipo investigador, como son el ITAP y la JCRMO, implica un elevado nivel de eficacia en este sentido.

La transferencia de resultados por parte del ITAP se ha venido realizando tradicionalmente mediante publicaciones científicas periódicas, artículos en la prensa local, charlas, conferencias y, en los últimos años, a partir de su página web ([www.itap.es](http://www.itap.es)). El Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete (SAR), gestionado por esta institución, tiene una amplia experiencia en esta materia así como una elevada capacidad para difundir información.

Por otro lado, la JCRMO que, desde su creación en 1994, ha desempeñado un papel clave en la ordenación de los aprovechamientos del Acuífero. Su participación ha supuesto poner a disposición de la mayoría de los regantes de la zona los resultados obtenidos.

La aportación de ambas instituciones en este tipo de trabajos se considera fundamental, no quedando reducida únicamente a una mera recepción de los resultados obtenidos. La transferencia de tecnología requiere un continuo proceso de retroalimentación sin el cual la investigación aplicada no puede sobrevivir. Su colaboración en algunas de las tareas que cubren los diferentes objetivos es indispensable.

Gracias a los mecanismos de transferencia tecnológica de estas instituciones, los resultados del Proyecto podrán ser conocidos por los más de 5.000 regantes que cultivan unas 105.000 ha de superficie regable, así como por el conjunto de la población, superior a 275.000 habitantes, situada en este espacio geográfico.

Además, el interés mostrado por la CHJ para la futura utilización del modelo implica que, el principal organismo en materia de gestión del agua en la UHMO, confía en los resultados ofrecidos por el mismo.

Desde el punto de vista de su proyección externa, con especial referencia a los países de la Cuenca Mediterránea que por sus condiciones climáticas y sociales se asemejan más a las características de la UHMO, la presentación de este trabajo en congresos nacionales e internacionales, la publicación de artículos en revistas de alto impacto, la edición de una guía metodológica y la aparición de los trabajos en la página web del Proyecto ([www.merit-eu.net](http://www.merit-eu.net)), permitirá que los resultados puedan alcanzar la máxima difusión.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**





## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. LAS VARIABLES DEL MODELO: SUS RELACIONES, ESTADOS Y PROBABILIDADES.

Dentro de los apartados 3.3.4. “Las variables que inciden en el uso de los recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental” y 3.3.6. “Explicación detallada de las variables”, aparece de forma minuciosa la información referente a cada variable y su relación con el resto de variables que influyen sobre el uso del agua en la UHMO.

Toda la documentación anterior fue utilizada para diseñar la red bayesiana correspondiente a la UHMO, la cual se presenta en el Anexo II y en la figura 28

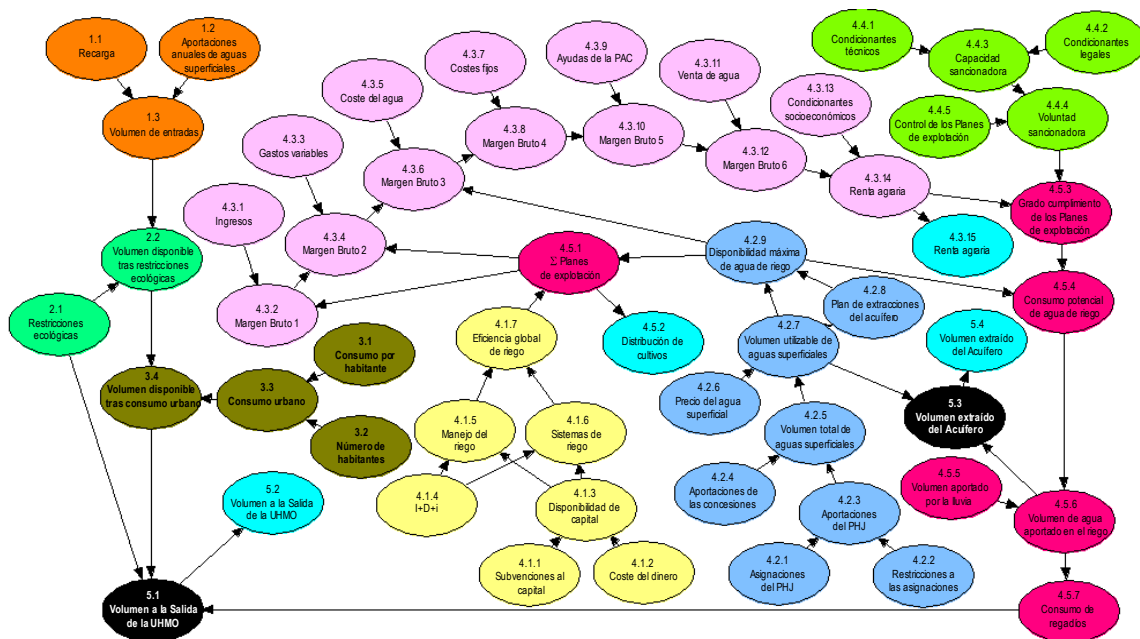


Fig. 28. Red bayesiana de la UHMO.

Cada grupo de variables está representado por un color y por un número. A su vez las variables mantienen ese código de colores y números. Las relaciones entre las variables están representadas por flechas, indicando el sentido de la influencia.

El diseño implica por sí mismo un resultado, pues muestra la relación existente entre las variables que componen el modelo. Analizando la red es posible determinar que variables son independientes y sobre que variables ejerce cada una su influencia. Esta información es de mucha utilidad cuando se pretende conocer que aspectos serán modificados al alterar el estado de una determinada variable.

En este caso, el comportamiento del Acuífero se ha considerado independiente del consumo urbano e industrial, de las restricciones ecológicas y del volumen de entradas a la UHMO. Esto es debido a que según el artículo 24 del PHJ (PHJ, 1999), el volumen máximo de agua que puede extraerse del Acuífero para uso agrícola debe ser inferior a  $320 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , no haciendo referencia a extracciones para uso urbano e industrial. De todos modos, aunque obviamente cualquier tipo de extracción afecta a la sostenibilidad del Acuífero, dado que la ciudad de Albacete se abastece de aguas superficiales desde 2003, el principal núcleo urbano e industrial de la UHMO no influye sobre su comportamiento. Independientemente de lo anterior, el

volumen realmente extraído de la UHMO para uso urbano e industrial es prácticamente despreciable dado que solamente el 20% del total de agua utilizada es realmente consumida (MMA, 1998a), regresando el resto a la Unidad aunque en diferentes condiciones de calidad.

Dado que el PHJ establece un volumen máximo de extracciones, no se ha considerado relacionar la sostenibilidad del Acuífero con la recarga del mismo, dependiendo por tanto únicamente del volumen finalmente bombeado para riego.

La sostenibilidad global de la UHMO está influida por todas las variables que forman el modelo, ya que partiendo desde cualquiera de ellas y siguiendo el sentido de las flechas, siempre es posible llegar a la última variable (SALIDA). En consecuencia, la variación en el estado de cualquier variable afecta al resultado global final. De igual modo, cualquier alteración en el estado de las variables que forman el grupo 4 (Consumo agrícola) afecta, además de a la sostenibilidad global de la UHMO, a la del Acuífero.

Dentro de los apartados 3.3.4. “Las variables que inciden en el uso de los recursos hídricos en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental” y 3.3.6. “Explicación detallada de las variables”, se recoge la información referente a los estados asignados a cada variable, su justificación y las probabilidades asignadas a los estados de las variables “padre”. El resto de probabilidades aparecen en el Anexo III.

Los estados y sus probabilidades han sido validados indirectamente por los usuarios y expertos. Obviamente, la elección de estados inapropiados para cada variable, así como la probabilidad asignada a cada estado, afectaría visiblemente a los resultados que ofrece el modelo.

## **4.2. EL PROCESO DE PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS.**

La primera actuación llevada a cabo con el fin de involucrar a los usuarios en la construcción y validación de la herramienta fue la convocatoria de reuniones, entrevistas personales y la elaboración de un cuestionario. Junto con éste se envió un tríptico explicativo del Proyecto MERIT y se mantuvo, con todos los receptores del mismo, una conversación explicándoles la importancia de su participación para el correcto desarrollo y posterior validación del modelo.

De los 22 cuestionarios enviados se recibieron un total de 14. Es necesario destacar que se obtuvo contestación de todos los grupos inicialmente considerados salvo de los ecologistas. Por otro lado, de los grupos de gestores del agua y de sindicatos agrarios se recibió el total de los cuestionarios enviados.

Entre los resultados obtenidos resalta el hecho de que todos los encuestados conocen la problemática actual del Acuífero 08.29, existe una elevada conciencia medioambiental así como una verdadera preocupación en el modo de alcanzar la sostenibilidad en el uso del Acuífero.

Esta tarea proporcionó una gran cantidad de información de diversa relevancia para la confección de la red bayesiana preliminar. La elaboración de esta primera red supuso alrededor de dos años de trabajo. Durante este tiempo se realizaron más de 15 versiones diferentes debido a las modificaciones introducidas en las numerosas reuniones mantenidas entre ellos mismos y con el resto de equipos de investigación del Proyecto MERIT. Con esta red se pretendía crear un punto de partida sobre el que comenzar a trabajar de forma conjunta con los usuarios y expertos.

Una vez confeccionada la red comenzaron las reuniones con los usuarios. Durante el último año del Proyecto, se mantuvieron dos reuniones con miembros de la CHJ, la JCRMO y el ITAP dirigidas a validar la herramienta. Fruto de estas reuniones la red preliminar sufrió algunas modificaciones: reducción de la renta agraria final mediante la incorporación de una variable específica para los costes fijos de las explotaciones agrarias de regadío; inclusión de variables auxiliares que permiten visualizar el resultado de las variables más relevantes con mayor claridad al agrupar las probabilidades en pocos estados; modificación del rango de los intervalos de los estados de las variables para mejorar su presentación en pantalla y facilitar la comprensión de los resultados; y determinación del grado de influencia de las variables “padre” sobre las variables objetivo mediante un análisis de sensibilidad de los resultados. Por otro lado, con el fin de profundizar en el funcionamiento del modelo por parte de los usuarios, se mantuvieron dos reuniones individuales con estas mismas instituciones.

La participación de los usuarios durante las fases de construcción y validación de la herramienta ha favorecido la confianza de los mismos en el resultado. Como consecuencia, la CHJ, la JCRMO y el ITAP están interesados en disponer de una copia del modelo para utilizarlo en la planificación de sus actuaciones.

### **4.3. APLICACIÓN DEL MODELO BAYESIANO: LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS.**

#### **4.3.1. Situación actual.**

Además de analizar los componentes que forman la red bayesiana, se presentan los resultados de su aplicación en diferentes escenarios, como parte de su utilidad en la toma de decisiones, calibración y análisis de la gestión de la UHMO.

Para asegurar que la red modeliza adecuadamente la UHMO se han asignado a las variables “padre” los estados que coinciden con la situación de referencia, que corresponde con el año 2002 y puede asumirse similar a la actual, de tal modo que los resultados deben coincidir con la misma. Dado que se conoce el estado en que se encuentran esas variables, se trata por tanto de evidencias, la distribución de probabilidades asignada inicialmente carece de sentido. En este caso se otorga a esos estados concretos una probabilidad del 100%, siendo nula para el resto.

En la figura 29 se muestran los grupos 1. “Volumen de entradas” y 2. “Volumen disponible tras restricciones ecológicas”. En el primero no se han fijado los estados de las variables “padre” REC (Recarga del Acuífero) y ASUP (Aportaciones anuales de aguas superficiales) de tal manera que el resultado no quede condicionado por un volumen de recarga o de aguas superficiales concreto. Bajo estas condiciones, la variable VENT (Volumen de entradas) refleja las probabilidades de disponer de un cierto volumen de agua para el conjunto de la UHMO, independientemente de su origen superficial o subterráneo.

La variable RECO (Restricciones ecológicas) se ha fijado en el estado que coincide con el volumen desembalsado que garantiza el caudal ecológico en los cauces de los ríos Júcar y Cabriel, aguas abajo de Alarcón y Contreras respectivamente, según el PHJ (PHJ, 1999). Esta variable reduce el volumen inicialmente disponible, tal y como puede comprobarse al comparar las probabilidades de VENT y VTRECO (Volumen tras restricciones ecológicas), donde aumenta la probabilidad de los volúmenes inferiores frente a los superiores.

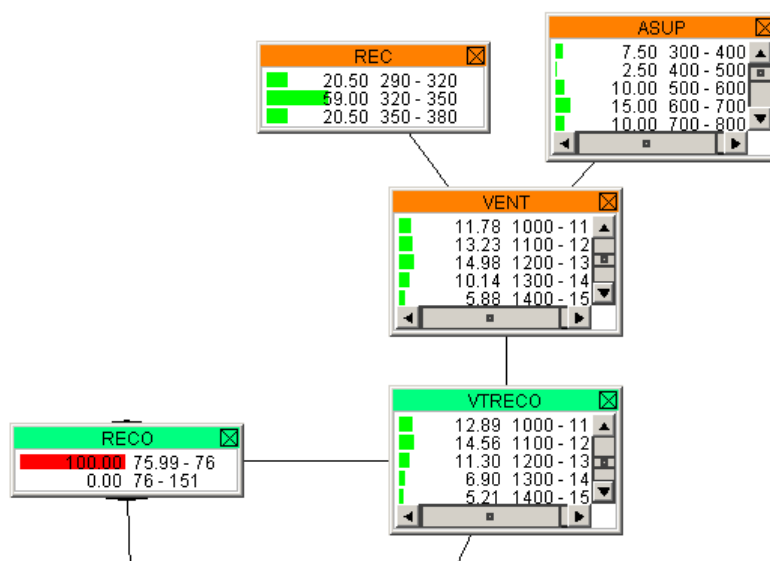


Fig. 29. Grupos “Volumen de entradas” y “Volumen disponible tras restricciones ecológicas”.

La figura 30 muestra el grupo 3. “Volumen disponible tras consumo urbano”. Una vez fijados CHAB (Consumo por habitante) y HAB (Número de habitantes) se obtiene la distribución de probabilidades de CURB (Consumo urbano). Para el conjunto de la UHMO el consumo medio bruto por habitante y día es de 170 litros (Aguagest, 2003a), mientras que el número de habitantes supera ligeramente las 275.000 personas (INE, 2003a). Como puede apreciarse, el volumen consumido es cuantitativamente muy poco importante frente al total de agua disponible para la UHMO. Es conveniente recordar que se trata de un consumo neto, correspondiendo al 20% del volumen total extraído.

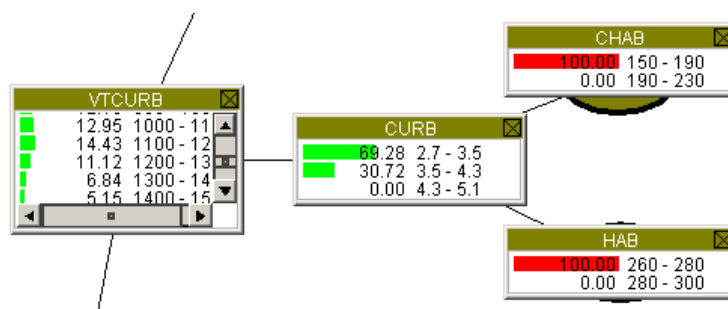


Fig. 30. Grupo “Consumo urbano”.

La variable VTCURB (Volumen disponible tras consumo urbano) muestra, al igual que en el caso de la variable VTRECO, como la probabilidad de disponer de mayores volúmenes de agua disminuye, aumentando la de volúmenes inferiores.

Antes de analizar la variable SALIDA (Volumen a la salida de la UHMO), es necesario estudiar los subgrupos que forman parte del grupo 4. “Consumo agrícola”. El efecto de todos ellos es recogido por la variable REGA (Consumo de regadíos) la cual, junto con VTCURB y RECO, afecta directamente a SALIDA.

El primero de estos subgrupos es el 4.1. “Eficiencia global de riego”, que aparece en la figura 31. En el año de referencia las principales características de este subgrupo son las

siguientes: las subvenciones medias para la mejora y modernización de riegos pueden considerarse del orden del 40% del importe total invertido (MAPA, 2002; JCCM, 2001), las principales entidades bancarias conceden préstamos con intereses iguales al Euribor incrementado un 0'75% (BCE, 2004) y el porcentaje del presupuesto total de proyectos agrarios de investigación dedicado a proyectos relacionados con la mejora tecnológica del regadío está en torno al 25% (CE, 2002; CICYT, 2003; INE, 2003b).

Con estos condicionantes, las variables “padre” SUBV (Subvenciones al capital), CDIN (Coste del dinero) e I+D+i (Investigación + Desarrollo + Innovación) hacen que tanto la variable MANE (Manejo del riego) como SIST (Sistemas de riego), se encuentren en los estados que reflejan la situación de referencia y, en consecuencia, la variable EFIC (Eficiencia global de los sistemas de riego) ni mejora ni empeora, manteniendo los cultivos las mismas necesidades de riego que entonces.

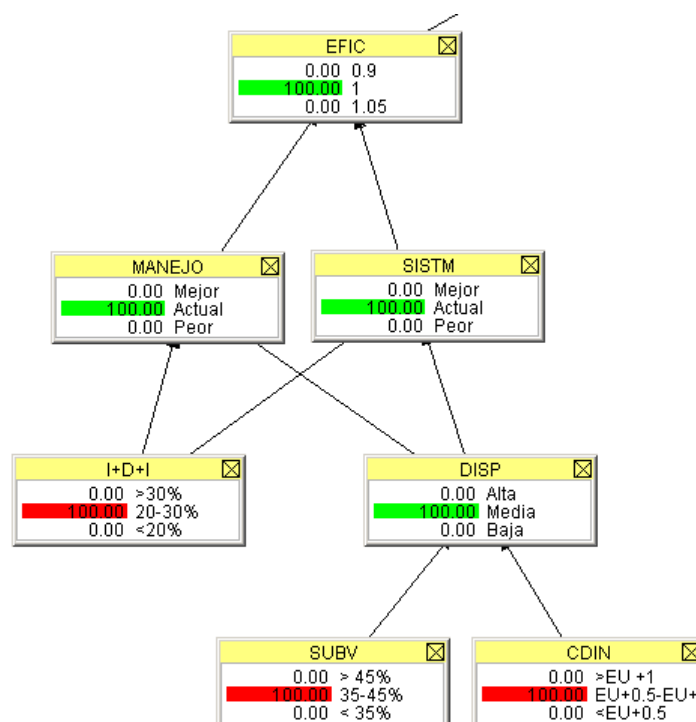


Fig. 31. Subgrupo “Eficiencia global de los sistemas de riego”.

La figura 32 muestra al subgrupo 4.2. “Disponibilidad máxima de agua de riego”. Las variables “padre” ASPHJ (Asignaciones del PHJ) y RASPHJ (Restricciones a las asignaciones), representan el volumen de agua superficial asignado actualmente a la UHMO por la CHJ (30 hm<sup>3</sup> en 2004 (CHJ, 2004b)), así como el porcentaje de ese volumen que puede ser utilizado al existir las infraestructuras necesarias y el recurso de forma suficiente. Dado que RASPHJ condiciona el volumen útil de ASPHJ, la variable APPHJ (Aportaciones del PHJ) presenta una pequeña probabilidad de encontrarse en un estado inferior al que aparece en ASPHJ. Estos volúmenes de agua superficial son utilizados para la sustitución de bombeos y reducir las extracciones del Acuífero. La variable APCON (Aportaciones de las concesiones) muestra los volúmenes de aguas superficiales que, anualmente, se extraen de la UHMO por los agricultores que disponen de estos derechos. Para el año 2004 este volumen ha sido ligeramente superior a 40 hm<sup>3</sup> (JCRMO, 2004), similar a la situación de referencia.

La combinación de APCON con APPHJ muestra la distribución de probabilidades para la variable VTOT (Volumen de agua superficial disponible). Según la información anterior, esta variable debería mostrar un valor de 70 hm<sup>3</sup> que, como puede comprobarse, se encuentra recogido dentro del estado que presenta la mayor probabilidad.

En la actualidad, el precio del agua superficial en la UHMO es inferior a los 0'06 € m<sup>-3</sup>, tratándose de un precio menor que el coste del agua subterránea y, por tanto, todos los agricultores que disponen de este recurso lo utilizan en su totalidad en lugar de extraer aguas subterráneas. Por este motivo, la variable PRSUP (Precio del agua superficial) no afecta a AGSUP (Disponibilidad de agua superficial para riego), la cual presenta la misma distribución de probabilidades que VTOT. Es decir, mientras se mantengan estos precios la sustitución de bombeos se realizará con éxito, ya que toda el agua superficial disponible será utilizada. En caso de que el precio aumente, parte de este volumen podría no utilizarse, extrayéndose la diferencia del Acuífero.

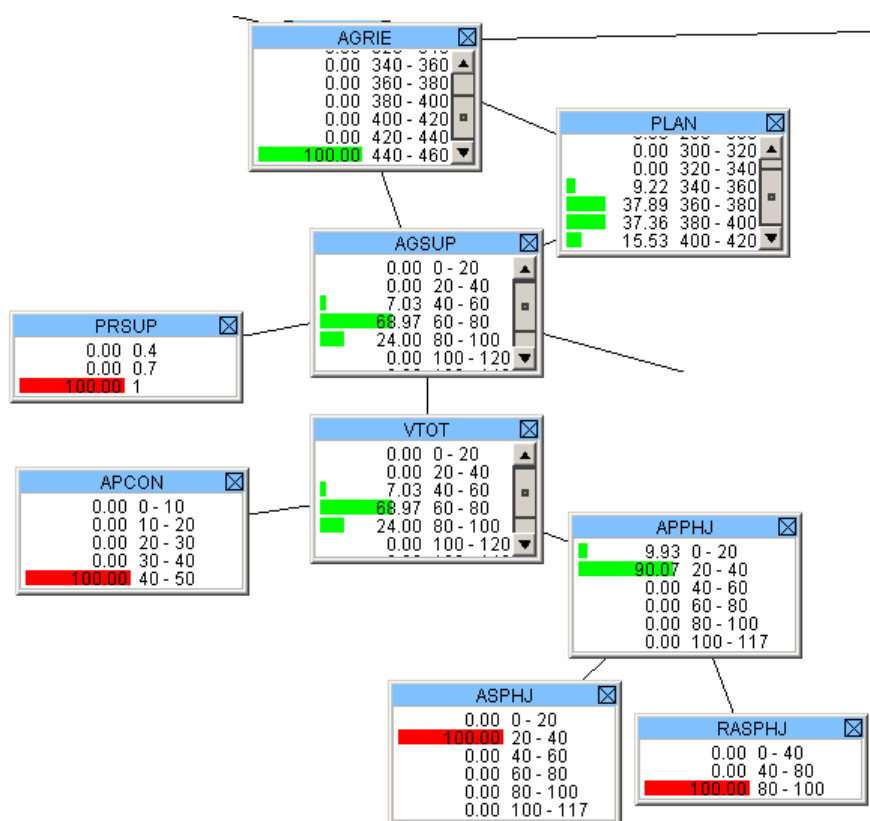


Fig. 32. Subgrupo "Disponibilidad máxima de agua de riego".

Con ese volumen de aguas superficiales y con la influencia que indirectamente ejerce la variable AGRIE (Disponibilidad máxima de agua de riego), se obtiene una distribución de probabilidades de los estados de la variable PLAN (Plan anual de extracciones de aguas subterráneas). AGRIE presenta toda la probabilidad acumulada en un único estado, debido a que está influenciada, también de forma indirecta, por la variable CULTIVOS (Distribución de cultivos), que se ha fijado en el valor que corresponde a la combinación de cultivos actualmente presente en el ámbito territorial de la UHMO (figura 35). En consecuencia, en función del volumen utilizable de aguas superficiales y de la distribución de cultivos establecida, la variable PLAN muestra cual debería ser el volumen de agua a extraer del Acuífero. En este caso, superior a 380 hm<sup>3</sup>.

Finalmente, la variable AGRIE muestra que el máximo volumen de agua disponible para riego, con el fin de cubrir las necesidades de la distribución de cultivos 11, debe estar comprendido entre 440 y 460 hm<sup>3</sup>. Por lo tanto, en este caso, AGRIE está mas influenciada por la variable CULTIVOS que por AGSUP y PLAN.

La figura 33 presenta al subgrupo 4.3 “Renta agraria” y a las variables SPEI y AGRIE que son necesarias para entender su comportamiento. Este subgrupo está construido como una sucesión de márgenes brutos parciales que acaban ofreciendo una distribución de valores de renta agraria.

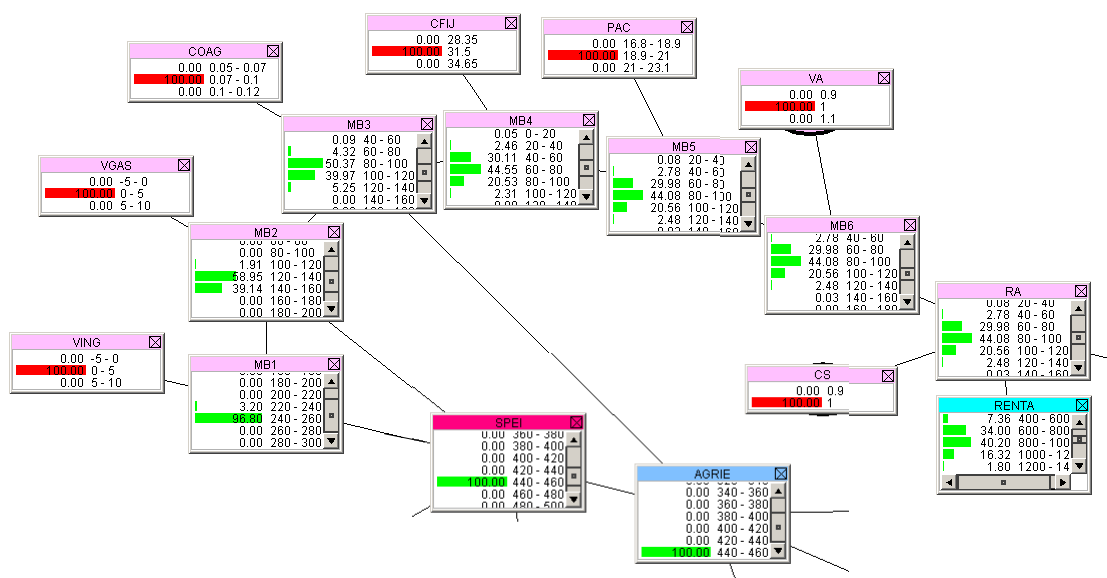


Fig. 33. Subgrupo “Renta agraria”.

En este caso, una vez establecido el Plan de explotación (SPEI) y, por tanto, la distribución de cultivos que lo cumple (CULTIVOS), son conocidos los ingresos obtenidos por la venta de las cosechas, el gasto en insumos durante el cultivo y el volumen de agua aplicado. Con esta información se calculan los tres primeros márgenes brutos MB1, MB2 y MB3. La variables “padre” VING (Ingresos) y VGAS (Gastos variables) se han fijado en el estado que indica que los ingresos y los gastos variables se incrementan entre un 0 y un 5%, es decir, se mantienen como en la situación de referencia, mientras que la variable COAG (Coste del agua) se ha fijado entre 0’07 y 0’10 € m<sup>-3</sup>. El coste del agua de riego multiplicado por el volumen utilizado para el riego es lo que se resta a MB2 para obtener MB3. Dentro de este primer grupo de variables se incluye CFIJ (Costes fijos), que tiene en cuenta los costes fijos de las explotaciones de regadío de la UHMO. El valor de 31’5 millones de euros corresponde a unos gastos fijos de 300 € ha<sup>-1</sup>. Las variables MB2, MB3 y MB4 ofrecen valores inferiores a MB1 ya que se trata de variables que reducen la renta de los agricultores.

La variable PAC (Subvenciones PAC) incrementa el margen bruto al tratarse de las ayudas que reciben los agricultores por los cultivos COP. En el año 2002 estas ayudas supusieron alrededor de 21 millones de euros para las 65.700 ha de estos cultivos (ITAP, 2003a). Actualmente pueden considerarse válidas estas cifras aunque, dado que la tendencia es a disminuir estas ayudas, se ha fijado el estado que las reduce hasta en un 10%.

Las dos últimas variables “padre” VA (Venta de agua) y CS (Condicionantes socioeconómicos) son dos coeficientes de multiplicación que se aplican directamente sobre las variables MB5 y MB6 respectivamente. Dado que actualmente no se vende agua, aunque sería

posible hacerlo, y que los condicionantes socioeconómicos son los del año de referencia, MB6 y RA (Renta agraria) presentan la misma distribución de probabilidades que MB5.

En estas condiciones, el programa calcula que la renta agraria (RA) para el conjunto de la UHMO ronda los 90 millones de euros, o lo que es lo mismo, alrededor de 840 € ha<sup>-1</sup> (RENTA).

El siguiente subgrupo de variables 4.4. “Grado de control de los planes de explotación”, hace referencia a la capacidad que tienen la CHJ y la JCRMO para lograr la correcta ejecución de los planes de explotación por parte de los regantes. La figura 34 muestra las variables que lo componen y sus resultados.

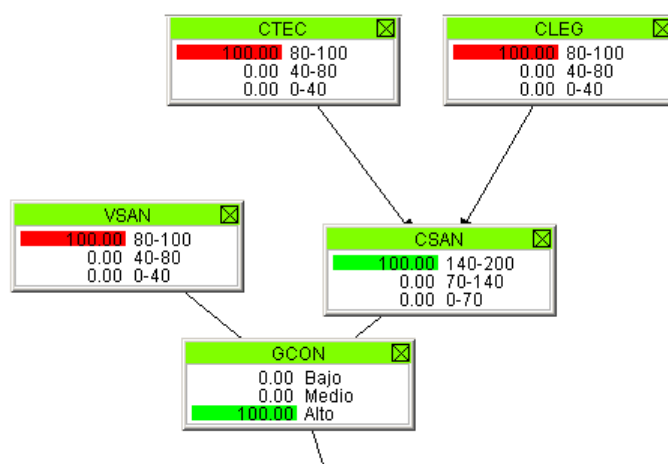


Fig. 34. Subgrupo “Grado de control de los planes de explotación”.

Como puede observarse, las tres variables “padre” se han fijado en sus valores máximos. Esto es debido a que actualmente se considera que los medios técnicos y humanos disponibles (CTEC “Capacidad técnica”), los medios legales (CLEG “Capacidad legal”) y la intención de castigar a los infractores (VSAN “Voluntad sancionadora”), permiten realizar el seguimiento de la utilización de los recursos asignados, detectar las posibles alteraciones del Plan de explotación, identificar a los posibles infractores y sancionarlos si fuera el caso. Por este motivo, la variable GCON (Grado de control de los planes de explotación) presenta un valor “Alto” con un 100% de probabilidad.

La figura 35 muestra el subgrupo 4.5 “Consumo de regadíos”. Éste relaciona los cuatro anteriores, por este motivo en la figura aparecen las variables finales de cada uno de ellos, y resume en REGA (Consumo de regadíos) la influencia de la agricultura de regadío sobre la sostenibilidad conjunta de la UHMO (SALIDA).

La primera variable de este subgrupo es SPEI (Sumatorio de los planes de explotación individuales), la cual está influida por EFIC y AGRIE. En realidad, fijar la variable CULTIVOS es lo mismo que establecer el valor de SPEI, ya que cada distribución de cultivos se corresponde exactamente con un estado de SPEI.

Dado que EFIC es igual a la situación de referencia (valor 1), AGRIE y SPEI coinciden, pues la distribución de cultivos que permite SPEI necesita de ese volumen de agua para su adecuado desarrollo. Si EFIC presentara un valor diferente y SPEI se mantuviera constante, por lo tanto CULTIVOS constante, AGRIE aumentaría la probabilidad de encontrarse en estados inferiores o superiores, dependiendo de si la eficiencia aumenta o disminuye respectivamente.



La variable CUMP (Grado de cumplimiento de los planes de explotación), presenta un 100% de probabilidad de no incrementar los volúmenes de agua para regadíos establecidos por SPEI. Esta variable considera que los niveles de renta que presenta RA y el grado de control de los planes de explotación (GCON), son suficientemente altos como para que el número de regantes cumplidores con su Plan de explotación supere el 90%. En consecuencia, la variable CPAG (Consumo potencial de agua de riego) muestra el mismo resultado que AGRIE. En caso de que aumentara el número de incumplidores, variarían las probabilidades de los estados de CUMP. Esto se reflejaría en CPAG presentando valores superiores, nunca inferiores, a AGRIE.

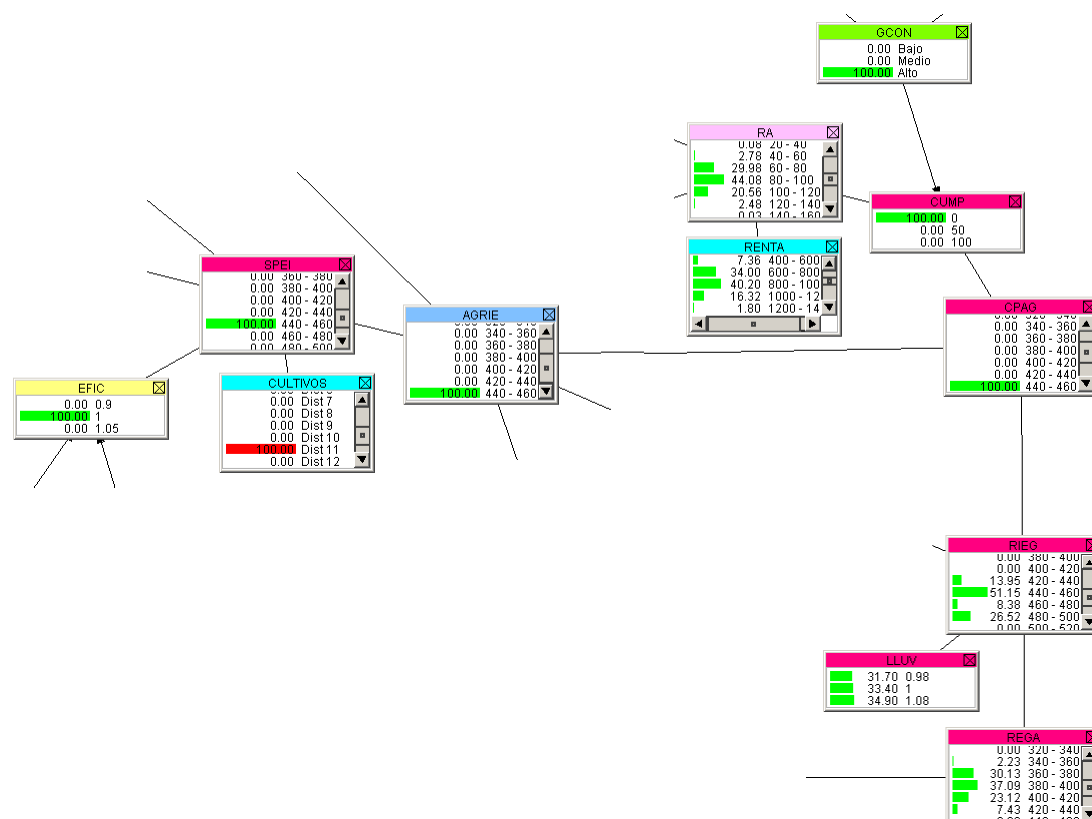


Fig. 35. Subgrupo "Consumo de regadíos".

La variable LLUV (Volumen de agua aportado por la lluvia) se ha mantenido con su distribución de probabilidades inicial, al igual que en los casos de REC y ASUP, ya que se trata de variables aleatorias y sin posibilidad de actuar en ellas. Esta variable, junto con CPAG, influye sobre la distribución de probabilidades de RIEG (Volumen de agua aportado por el riego).

RIEG muestra el volumen de agua bruto utilizado para riego, es decir, el que se ha puesto a disposición de los cultivos mediante el riego. El modelo calcula que supone unos 460 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Este volumen, junto con la lluvia, es el necesario para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos de regadío en la UHMO. El 15% de este agua regresa al Acuífero por lixiviación (PHJ, 1999), por lo que el 85% del volumen recogido en RIEG es el verdaderamente consumido de los recursos de la UHMO. Este consumo neto es representado por la variable REGA (Consumo de regadíos) y, bajo estas condiciones, es del orden de 390 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

Finalmente, las cuatro variables resultado aparecen en las figuras 36 y 37. La primera de ellas muestra las variables que afectan a ACUIF (Volumen extraído del Acuífero), es decir, la disponibilidad de agua superficial para riego (AGSUP) y el volumen aportado por el riego (RIEG). El volumen bruto finalmente extraído del Acuífero para regadío será igual a la parte del volumen

aportado por el riego que no cubren las aguas superficiales. Como puede apreciarse, la distribución de probabilidades muestra un volumen de extracciones cercano a los 390 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, cifra ligeramente inferior a la estimada por otros métodos, pero que puede justificarse por el hecho de que los volúmenes de agua superficial para regadíos actualmente suman unos 70 hm<sup>3</sup>, (30 de las aportaciones del PHJ para sustitución de bombeos y 40 de las concesiones), mientras que el modelo considera un intervalo entre 60 y 90 hm<sup>3</sup>. Ajustando dicho intervalo, el programa ofrecería un valor promedio próximo a 400 hm<sup>3</sup>, resultado más acorde con las estimaciones actuales.

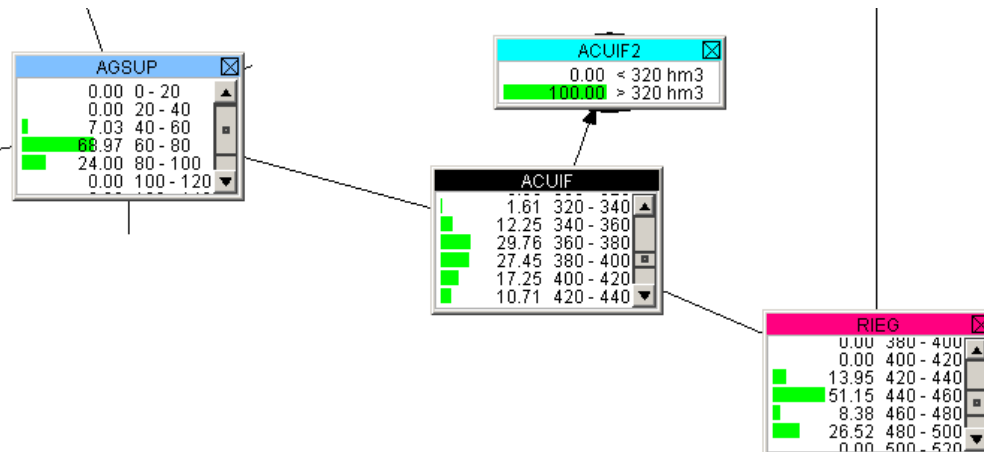


Fig. 36. Volumen extraído del Acuífero.

Con el fin de clarificar el resultado, la variable ACUIF2 muestra la probabilidad de ACUIF agrupada en dos tramos, por encima y por debajo de 320 hm<sup>3</sup>. Este límite es el que aparece en el artículo 24 del PHJ (PHJ, 1999) como las máximas extracciones brutas que deben realizarse del Acuífero para uso agrícola. Según el resultado ofrecido por esta variable, el Acuífero se encuentra en una situación totalmente insostenible.

La figura 37 muestra las variables que afectan a SALIDA (Volumen a la salida de la UHMO).

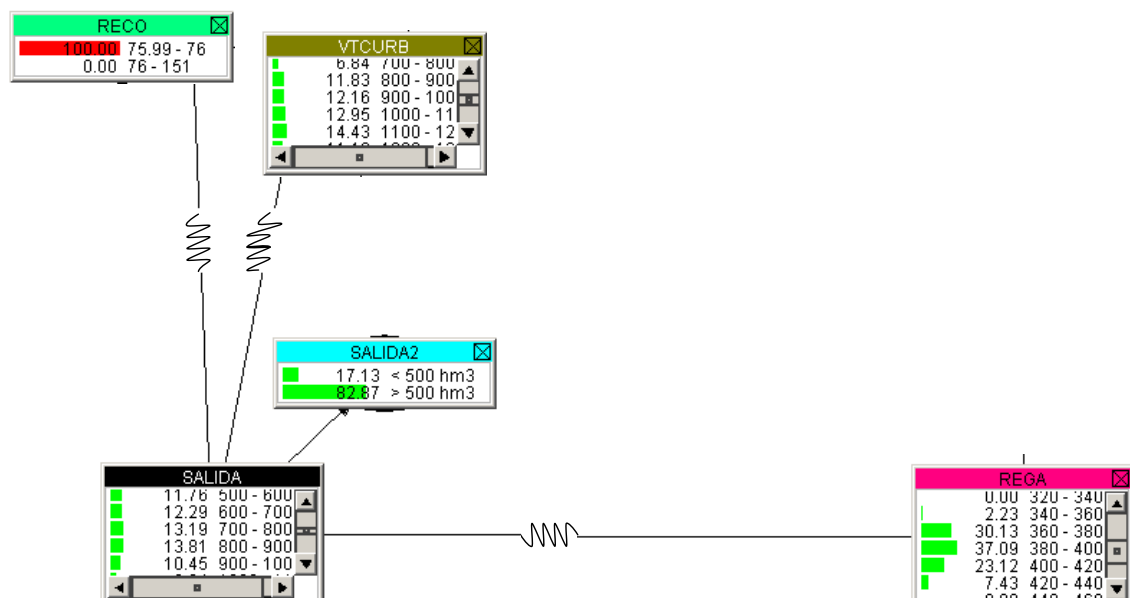


Fig. 37. Volumen a la salida de la UHMO.

Debido a que se trata de un uso no consuntivo, el volumen correspondiente a las restricciones ecológicas vuelve a estar disponible a la salida de la UHMO para las siguientes unidades hidrogeológicas. Por lo tanto, al restarle a VTCURB los valores de REGA y sumarle RECO, se obtiene la distribución de probabilidades de SALIDA. La información aportada por esta variable es confusa, siendo difícil realizar una rápida valoración de la situación. Sin embargo, la agrupación de estas probabilidades en dos estados (ACUIF2), por encima y por debajo de  $500 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  (desembalses de la presa de Tous para cubrir las necesidades hídricas aguas abajo de la misma (CHJ, 2004b)), muestra como en este caso la situación es altamente sostenible.

En nuestra opinión, los resultados que ofrece el modelo para los distintos grupos de variables reflejan de forma muy aproximada la situación actual de la UHMO. La sostenibilidad cuantitativa de la UHMO en su conjunto no podrá alcanzarse hasta que se logre la sostenibilidad del Acuífero y se mantenga un volumen mínimo a la salida de  $500 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ . Por lo tanto, el resultado de SALIDA analizado de forma independiente puede dar lugar a confusiones.

#### **4.3.2. Aprovechamiento sostenible de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental.**

Una vez admitido como válido el modelo para la situación de referencia actual, el objetivo de este apartado es mostrar diferentes aplicaciones del mismo para analizar la sostenibilidad del uso del agua en la UHMO y las posibles decisiones de cara a su sostenibilidad. El escenario de análisis pretende, partiendo de la situación de referencia, encontrar una combinación de variables que alcance la sostenibilidad de la UHMO de acuerdo con las variables analizadas.

Para lograr este objetivo se ha considerado que algunas variables no deben modificarse a lo largo del proceso. Por un lado se encuentran las variables dependientes del clima, como la recarga del Acuífero (REC), las aportaciones anuales de las aguas superficiales (ASUP) y las lluvias (LLUV) en las que no existe capacidad de actuación. En consecuencia, estas variables se han mantenido con su distribución de probabilidades inicial.

Por otro lado, dado que se considera que los volúmenes destinados al mantenimiento de las condiciones ecológicas de la UHMO son suficientes, la variable RECO (Restricciones ecológicas) se ha fijado en el estado que representa la situación de referencia. Dentro del conjunto de variables “padre” que forman el subgrupo 4.3 Renta agraria, se ha considerado que ninguna de ellas sufrirá variaciones significativas a corto o medio plazo, por lo que se mantienen en los mismos estados que en la situación de referencia.

Las variables “padre” pertenecientes al subgrupo 4.4 Grado de control del Plan de explotación, se han mantenido en los estados que dan lugar a un nivel elevado de control.

La primera opción considerada es la reducción de los volúmenes de agua para riego a través de los planes de explotación (SPEI). Ello implica sustituir la distribución de cultivos actual, distribución nº 11, por otra de inferiores necesidades hídricas. La tabla 20 muestra el efecto producido sobre la sostenibilidad del Acuífero y sobre otras variables, al ir reduciendo los volúmenes de agua de riego.

Como puede observarse, hasta que el Plan de explotación no disminuye hasta alcanzar los  $360 - 380 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  el Acuífero no es sostenible, aunque con  $380 - 400 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  éste se encuentra únicamente ligeramente sobreexplotado.

El principal problema de esta solución es la reducción de renta, en torno al 17%, que deberían soportar los regantes respecto a la situación media de referencia ( $840 \text{ € ha}^{-1}$ ). A no ser

que sea posible mantener una elevada capacidad de control (GCON), esta reducción podría provocar la aparición de numerosos infractores lo que en la práctica se traduciría en un aumento del volumen de extracciones hasta situarse por encima del umbral de la sostenibilidad.

Tabla 20. Sostenibilidad del Acuífero reduciendo el volumen de agua para riego.

Distribución de cultivos	Volumen riego hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Renta € ha <sup>-1</sup>	Extracciones Acuífero hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Sostenibilidad Acuífero %	Sostenibilidad UHMO %
10	420 – 440	791	366	1'63	84'51
9	400 – 420	768	342	13'40	85'95
8	380 – 400	757	326	43'54	87'33
7	360 – 380	697	308	72'85	88'54

En cuanto al volumen a la salida de la Unidad, su sostenibilidad aumenta en un 6%, lo que indica la poca trascendencia que tendría esta medida aguas abajo, dado que la situación ya era altamente sostenible. La figura 38 muestra los resultados que ofrece la red para la situación de sostenibilidad del Acuífero.

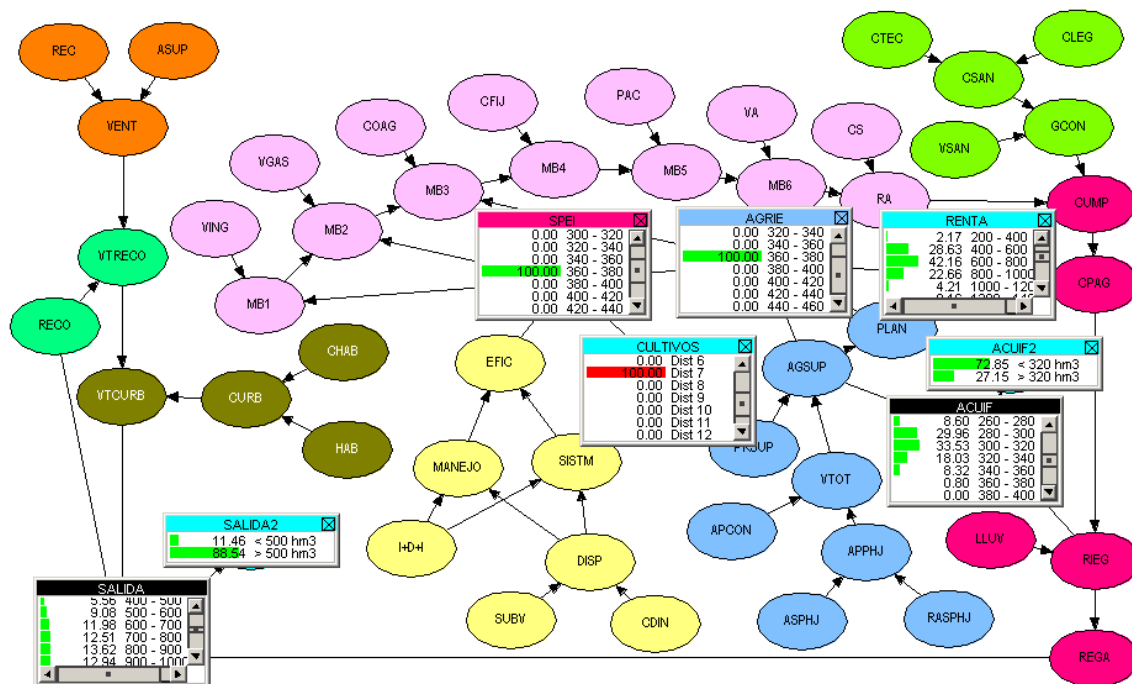


Fig. 38. Sostenibilidad del Acuífero reduciendo el volumen de agua para riego.

Una vez puesto de manifiesto que aumentar las restricciones del volumen de agua para riego afectaría negativamente a la economía de los agricultores, es necesario considerar otras actuaciones.

Mejorar la eficiencia global de riego (EFIC) permitiría mantener el nivel de renta reduciendo las necesidades de agua para riego. Dada la elevada eficiencia existente en la actualidad en la UHMO, para alcanzar un incremento significativo de la misma será necesario que las variables SUBV (Subvenciones al capital), CDIN (Coste del dinero) e I+D+i (Investigación



Tabla 21. Sostenibilidad del Acuífero mediante la sustitución de bombeos.

Sustitución de bombeos hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Extracciones Acuífero hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	Sostenibilidad Acuífero %
40 – 60	369	1'46
60 – 80	350	11'86
80 – 100	330	37'04
100 – 117	315	59'80

De igual modo, no se ha incluido la variación de la sostenibilidad de al UHMO a la salida, ya que este valor se mantiene constante e igual a la situación de referencia. La variación del balance dentro de la Unidad es nula, pues el volumen de aguas subterráneas que deja de utilizarse se sustituye por otro igual de aguas superficiales.

Los resultados obtenidos muestran como, manteniendo las actuales condiciones, no es posible alcanzar la sostenibilidad del Acuífero hasta que no se utilice el máximo volumen de aguas superficiales recogido en el PHJ, es decir, un volumen de agua cercano a los 117 hm<sup>3</sup>. La figura 40 muestra estos resultados.

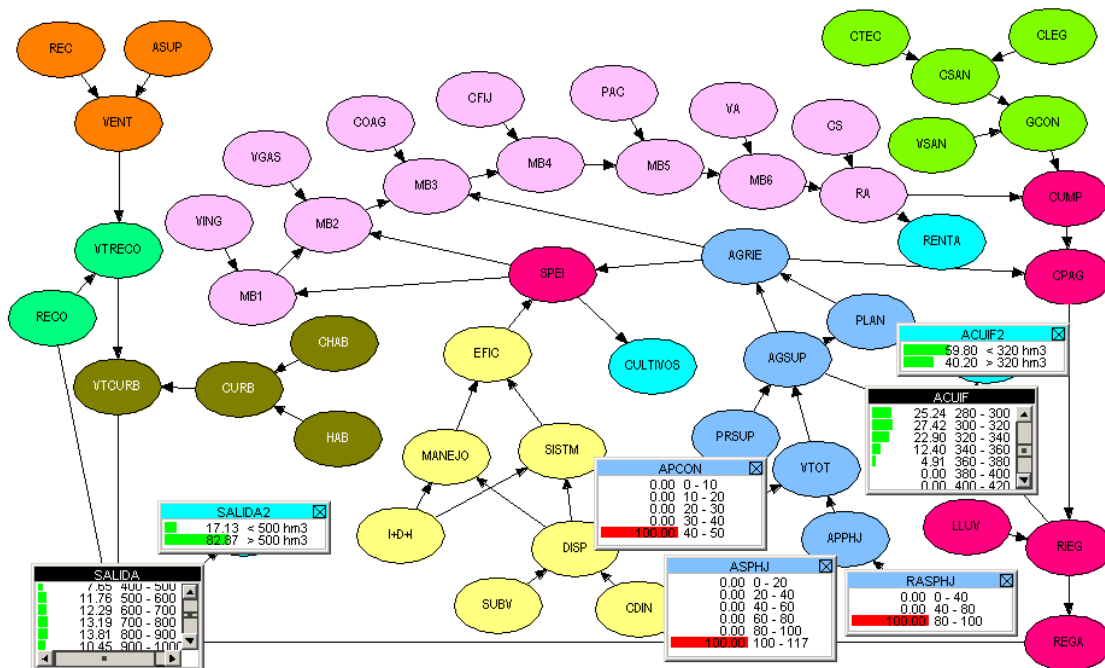


Fig. 40. Sostenibilidad del Acuífero mediante la sustitución de bombeos.

Los ejemplos anteriores ponen de manifiesto que lograr la sostenibilidad de la UHMO modificando los principales factores que le afectan, pero de forma independiente, obliga a tratar de alcanzar situaciones extremas que incluso en algunos de los casos, ni siquiera consiguen este objetivo.

A fin de evitar este tipo de actuaciones, a continuación se presenta una secuencia de tres pasos encaminados a alcanzar la sostenibilidad de forma progresiva.

En una primera fase podría reducirse temporalmente el volumen para riego mediante los Planes de explotación, autorizando únicamente una distribución de cultivos similar a la nº 9. Para amortiguar las pérdidas de renta que esa actuación supondría, podría actuarse paralelamente sobre la eficiencia global de riego (EFIC), aumentando las subvenciones (SUBV) y reduciendo el coste del dinero (CDIN), por ejemplo mediante créditos blandos en base a convenios, con el fin de sustituir instalaciones obsoletas o poco eficientes, por otras más eficientes.

Igualmente, se debería trabajar en la construcción de las infraestructuras necesarias para alcanzar el siguiente nivel de sustitución de aguas subterráneas por superficiales (ASPHJ), aumentando al menos en 20 hm<sup>3</sup> el volumen de aguas superficiales utilizado. Esta actuación permitiría reducir las extracciones del Acuífero en unos 60 hm<sup>3</sup>, logrando de este modo la situación de equilibrio con una probabilidad del 51'55 %. Posiblemente, el principal problema de esta actuación sería la pérdida de renta agraria que pasaría a ser de 775 € ha<sup>-1</sup>, disminuyendo en 65 € ha<sup>-1</sup>.

En la segunda fase, debería aumentar la inversión en investigación (I+D+i) para ayudar a alcanzar el máximo de eficiencia global (EFIC), así como pasar al siguiente nivel de sustitución de aguas subterráneas (ASPHJ). De este modo podría aumentarse el volumen para riego haciéndolo coincidir con la distribución de cultivos nº 10. En esta situación el Acuífero sería sostenible, con una probabilidad del 64'91 %, y la renta agraria aumentaría hasta 807 € ha<sup>-1</sup>, quedando todavía por debajo del nivel inicial.

Finalmente, en la tercera fase, una vez alcanzados los 80–100 hm<sup>3</sup> de aguas superficiales para sustitución de aguas subterráneas, podría recuperarse el volumen para riegos inicial que corresponde a la distribución de cultivos nº 11. En esta situación el Acuífero sería sostenible con una probabilidad del 62'86 %, y la renta agraria sería incluso superior a la situación de referencia, debido al incremento de la eficiencia global de riego, alcanzando los 857 € ha<sup>-1</sup> (figura 41).

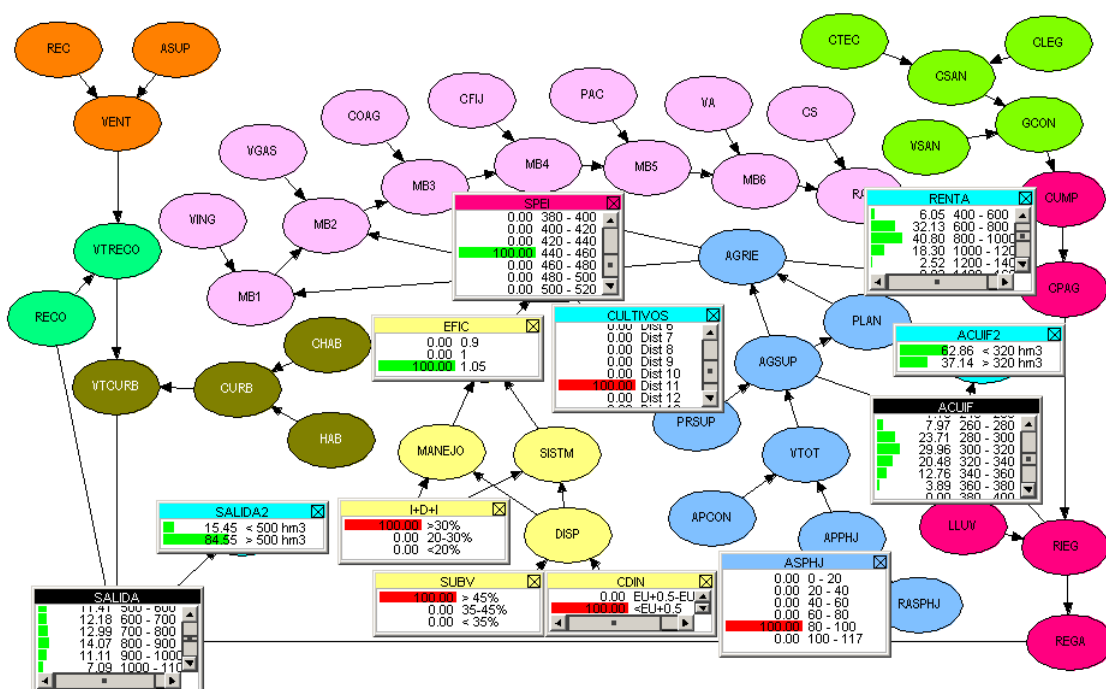


Fig. 41. Fase 3 para lograr la sostenibilidad mediante actuaciones conjuntas.

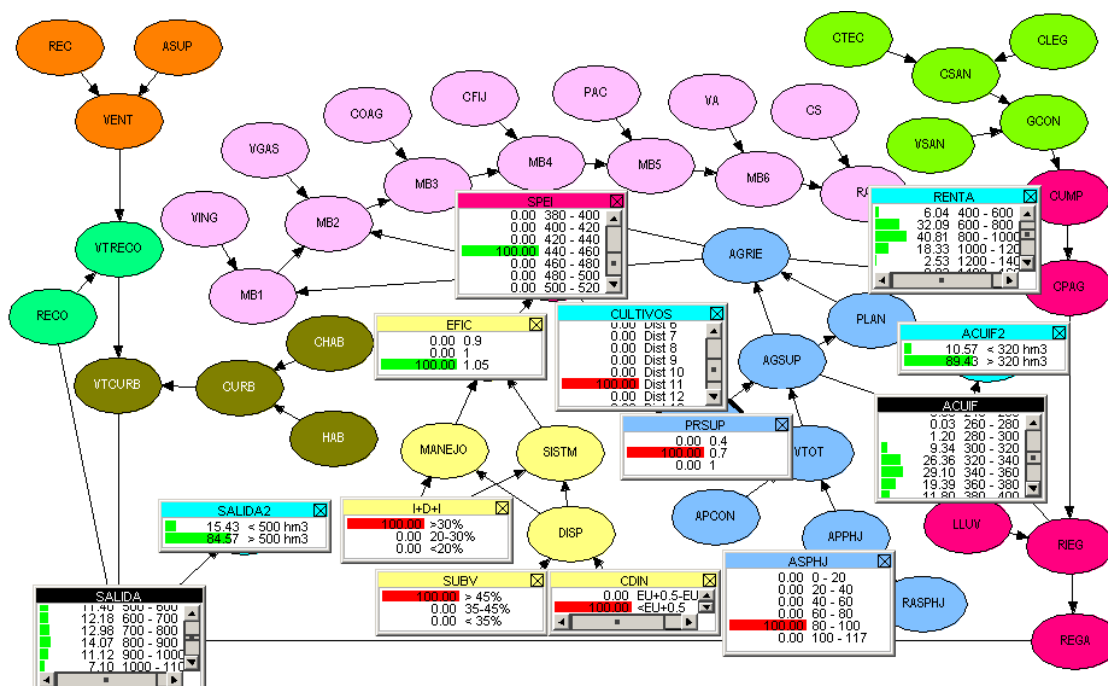
Este aumento de la renta agraria podría ser utilizado por las autoridades en materia de gestión del agua para justificar la pérdida de renta durante las primeras fases. En cuanto a la sostenibilidad global de la UHMO, la variable SALIDA se mantiene en todos los casos con altos porcentajes de sostenibilidad, por encima del 82%.

Una vez lograda la sostenibilidad del Acuífero, todavía queda margen dado que no se han alcanzado los 117 hm<sup>3</sup> previstos por el PHJ para sustitución de aguas subterráneas en la UHMO (PHJ, 1999). Cuando se alcance esta situación, manteniendo el resto de variables igual que durante la fase 3, la sostenibilidad sería del 79'23 %, siendo las extracciones promedio del Acuífero de 299 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

Estas condiciones permitirían que durante algún tiempo este volumen se empleara para recuperar las reservas del Acuífero hasta un cierto nivel, lo que supondría una mejora de las condiciones ambientales de la UHMO.

Una consideración a tener en cuenta es el efecto del precio del agua superficial para sustitución de bombeos (PRSUP). En este sentido es preciso recordar que la Directiva Marco del Agua establece como principio general el de la recuperación de costes. Sin embargo, un precio superior a los costes de extracción de agua subterránea podría provocar que algunos regantes abandonaran la sustitución de bombeos y volvieran a bombear agua del Acuífero, comprometiendo de nuevo su sostenibilidad.

Si una vez alcanzada la sostenibilidad en la fase 3, el precio del agua superficial aumentara hasta los 0'06-0'10 € m<sup>-3</sup>, la sustitución de bombeos se reduciría en un 30%, volviendo a una situación claramente insostenible con un 10'57 % únicamente de sostenibilidad (figura 42). Incluso en la situación más favorable, es decir, cuando se hubiera alcanzado el máximo volumen de aguas superficiales para sustitución de bombeos, la sostenibilidad de la UHMO sería del 24'01 %. En consecuencia, el precio por unidad de volumen de las aguas superficiales debe ser tal que no supere al de los costes de extracción de las aguas subterráneas, evitando de esta manera que los regantes vuelvan a extraer agua subterránea.





Finalmente, el efecto de la capacidad de control de los Planes de explotación individual sobre la sostenibilidad del Acuífero viene recogido en la figura 43. Se ha considerado únicamente la reducción de un estado en la capacidad técnica (CTEC), ya que una vez lograda una adecuada base legal, y suponiendo que la voluntad sancionadora no tiene motivos para flexibilizarse (VSAN), el único problema que podría aparecer en el futuro es la reducción de medios humanos y/o técnicos por motivos de carácter económico.

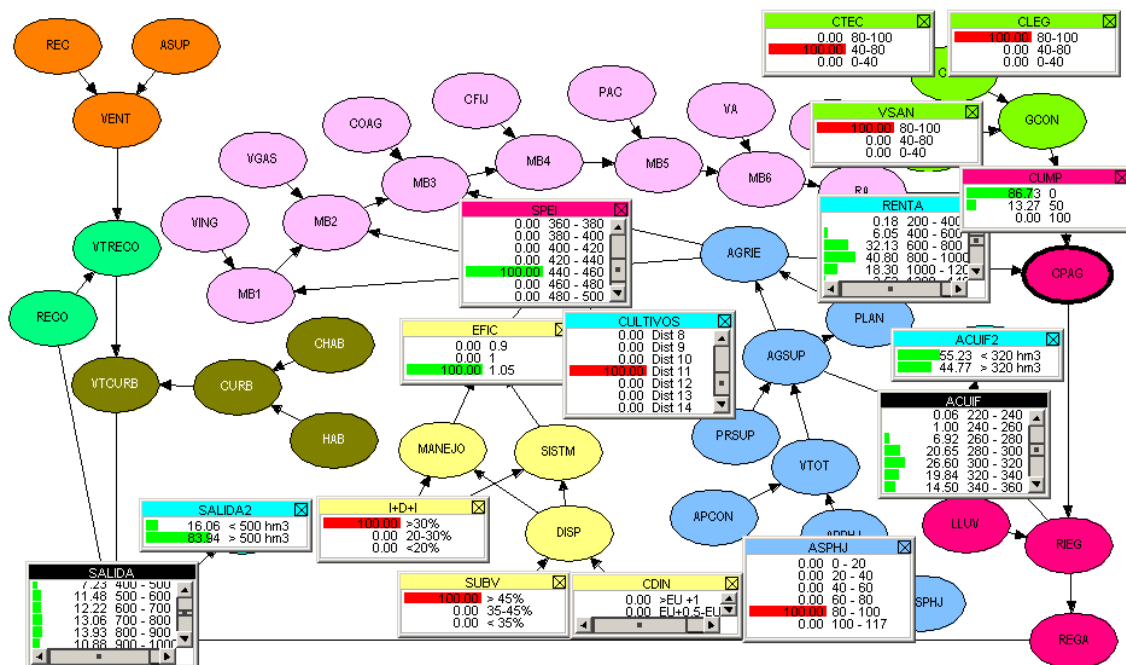


Fig. 43. Reducción de la capacidad de control de los Planes de explotación.

Bajo estas condiciones, una vez alcanzada la fase 3, la sostenibilidad del Acuífero se vería reducida hasta el 55'23%, como consecuencia del incremento del número de incumplidores.

Se trataría, por tanto, de una situación inestable, ya que cualquier circunstancia que provocara un ligero aumento de las extracciones (reducción de la eficiencia global de riego, disminución del volumen de aguas superficiales para sustitución de bombes, etc) haría que la situación volviese a ser insostenible.

Finalmente, se ha considerado conveniente analizar que ocurriría al modificar los estados de las variables que afectan a la renta agraria. Dirigir el comportamiento de las variables incluidas en este grupo es prácticamente imposible para los responsables de la gestión de los recursos hídricos de la UHMO, aunque es una herramienta útil para prever el comportamiento de los agricultores, adelantándose o buscando otro tipo de soluciones a los problemas que pudieran aparecer. Estas variables dependen de numerosos condicionantes como la evolución del precio de mercado de los productos agrícolas, decisiones empresariales, decisiones políticas a nivel Comunitario, Estatal y Regional, así como de comportamientos sociales.

Imaginando que podría suceder en el futuro se ha considerado, partiendo de la fase 3, una situación en la que aumente el coste del agua de riego, debido a un incremento del precio de la energía eléctrica, y a una reducción de las ayudas comunitarias.

Bajo estas condiciones la renta agraria se reduciría hasta los 735 € ha<sup>-1</sup>, es decir, una disminución porcentual del 14%. Sin embargo, gracias al elevado nivel de control de los Planes de explotación, la sostenibilidad de la UHMO y del Acuífero no se ven afectadas.

En esta situación, y con el fin de mejorar su renta, sería probable que algunos agricultores optasen por vender sus derechos de agua a otras explotaciones de la UHMO (figura 44).

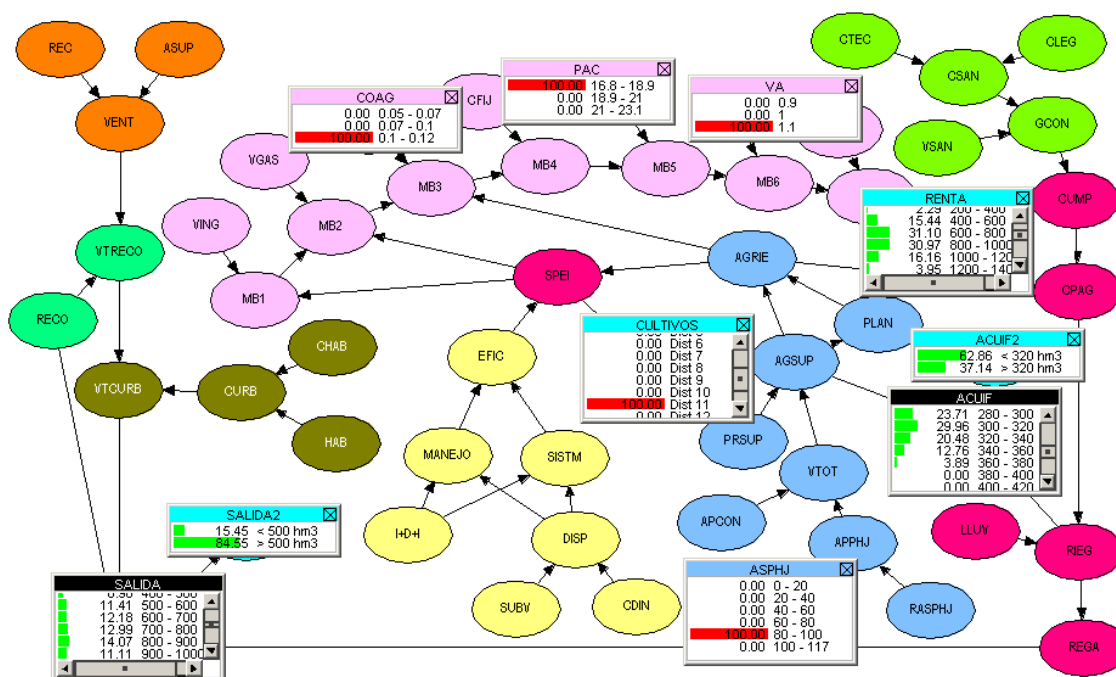


Fig. 44. Compensación de renta agraria mediante la venta de derechos de agua de riego entre explotaciones de la UHMO.

El modelo muestra como la renta agraria se recupera ligeramente, alcanzando los 758 € ha<sup>-1</sup>, pero sin llegar a la situación inicial ni a la de referencia (840 € ha<sup>-1</sup>).

En cuanto a la sostenibilidad de la UHMO y del Acuífero en ambos casos se mantiene constante, al igual que sucedía en la situación anterior.

#### 4.4. SENSIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A LAS VARIABLES DEL MODELO.

Mediante un estudio estadístico se ha puesto de manifiesto, utilizando el método del ANOVA, cuales son las variables del modelo que afectan, de forma significativa, a las principales variables resultado del mismo.

Las variables dependientes sobre las que se ha realizado el análisis de varianza (ANOVA) han sido: volumen a la salida de la UHMO (SALIDA2), volumen extraído del Acuífero (ACUIF2) y renta agraria en € ha<sup>-1</sup> (RENTA). A continuación se muestran los resultados obtenidos con cada uno de estos análisis.

Como puede observarse, en la tabla 22 han aparecido seis variables (D, E, R, S, T y U) significativas (P-Valor < 0'05). Sin embargo, dado el bajo número de grados de libertad, es justificable la aplicación de la técnica de englobe (Balasch, 2001). Bajo estas condiciones,

existen otras variables susceptibles de ser significativas, ya que su F-Ratio es superior a la unidad (F, J y M).

Tabla 22. ANOVA para la variable SALIDA2 (Volumen a la salida de la UHMO).

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : A 2.1 Restricciones ecológicas	0,277512	1	0,277512	0,19	0,6704
B : B 3.1 Consumo por habitante	0,0028125	1	0,0028125	0,00	0,9657
C : C 3.2 Número de habitantes	0,26645	1	0,26645	0,18	0,6766
D : D 4.1.4 I+D+i	39,3828	1	39,3828	27,29	0,0004
E : E 4.1.1. Subvenciones al capital	17,0528	1	17,0528	11,82	0,0064
F : F 4.1.2 Coste del dinero	5,5778	1	5,5778	3,86	0,0777
G : G 4.2.6. Precio del agua superficial	0,2048	1	0,2048	0,14	0,7143
H : H 4.2.4 Aportaciones de las concesiones	0,0002	1	0,0002	0,00	0,9908
I : I 4.2.1. Asignaciones del PHJ	0,18	1	0,18	0,12	0,7313
J : J 4.2.2 Restricciones a las asignaciones	1,83361	1	1,83361	1,27	0,2860
K : K 4.3.1 Ingresos	0,0435125	1	0,0435125	0,03	0,8656
L : L 4.3.3 Gastos variables	0,98	1	0,98	0,68	0,4291
M : M 4.3.5 Coste del agua	1,7298	1	1,7298	1,20	0,2993
N : N 4.3.7 Costes fijos	0,0561125	1	0,0561125	0,04	0,8476
O : O 4.3.9 Ayudas de la PAC	0,09245	1	0,09245	0,06	0,8053
P : P 4.3.11 Venta de agua	0,945312	1	0,945312	0,65	0,4372
Q : Q 4.3.13 Condicionantes socioeconómicos	0,18605	1	0,18605	0,13	0,7270
R : R 4.4.4 Voluntad sancionadora	13,9392	1	13,9392	9,66	0,0111
S : S 4.4.1 Condicionantes técnicos	8,61125	1	8,61125	5,97	0,0347
T : T 4.4.2 Condicionantes legales	18,6966	1	18,6966	12,95	0,0049
U : U 4.5.2 Distribución de cultivos	83,6571	1	83,6571	57,96	0,0000
RESIDUAL	14,4331	10	1,44331		
TOTAL (Corregido)	208,149	31			

El análisis de los resultados (tabla 23) muestra como, en este caso, la variable F es claramente significativa, mientras que las variables J y M, finalmente no han presentado un P-Valor < 0'05.

Por lo tanto, las variables que afectan significativamente a la sostenibilidad de la UHMO son D (Investigación + Desarrollo + Innovación), E (Subvenciones al capital), F (Coste del dinero), R (Voluntad sancionadora), S (Condicionantes técnicos), T (Condicionantes legales) y U (Distribución de cultivos).

Tabla 23. Técnica de englobe para la variable SALIDA2.

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : D 4.1.4 I+D+i	39,3828	1	39,3828	49,04	0,0000
B : E 4.1.1. Subvenciones al capital	17,0528	1	17,0528	21,23	0,0001
C : F 4.1.2 Coste del dinero	5,5778	1	5,5778	6,95	0,0151
D : J 4.2.2 Restricciones a las asignaciones	1,83361	1	1,83361	2,28	0,1450
E : M 4.3.5 Coste del agua	1,7298	1	1,7298	2,15	0,1564
F : R 4.4.4 Voluntad sancionadora	13,9392	1	13,9392	17,36	0,0004
G : S 4.4.1 Condicionantes técnicos	8,61125	1	8,61125	10,72	0,0035
H : T 4.4.2 Condicionantes legales	18,6966	1	18,6966	23,28	0,0001
I : U 4.5.2 Distribución de cultivos	83,6571	1	83,6571	104,17	0,0000
RESIDUAL	17,6683	22	0,803107		
TOTAL (Corregido)	208,149	31			

Los resultados son lógicos, ya que se trata de variables que influyen directamente en el consumo de agua en la UHMO, bien a través de la eficiencia global de riego (D, E y F), bien a través de la capacidad de control de los Planes de explotación (R, S y T) u, obviamente, a través de la distribución de cultivos (U), que es lo mismo que decir, el sumatorio de los Planes de explotación en la UHMO.

Puede llamar la atención el hecho de que no hayan aparecido variables relacionadas con la sustitución de bombeos. Sin embargo, es necesario recordar que el modelo considera el volumen total de agua que entra a la UHMO, independientemente de si se trata de agua superficial o subterránea, y el volumen que se consume. Por lo tanto, como el aumento en la utilización de aguas superficiales supone un descenso igual de extracciones del Acuífero, el volumen a la salida se mantiene constante y no es afectado por estas variables.

Otro gran grupo de variables que no aparece reflejado en los resultados es el correspondiente a todas aquellas que afectan a la renta agraria. Aunque un nivel de renta demasiado bajo provocaría un aumento en el número de incumplidores del Plan de explotación y, en consecuencia, un incremento del volumen utilizado para riego, el hecho de que los estados considerados para las variables correspondientes a la capacidad de control de los Planes de explotación hayan sido el alto y el medio, ha condicionado enormemente el resultado. El modelo considera que el nivel de incumplidores nunca será elevado, independientemente de la renta, siempre que la capacidad de control sea media o alta. Por este motivo, el volumen a la salida de la UHMO está muy poco condicionado por un ligero incremento en el número de incumplidores.

Finalmente, las restricciones ecológicas y el consumo urbano tampoco afectan al resultado. En el primer caso se debe a que el valor dedicado al mantenimiento de los caudales ecológicos es recuperado a la salida de la UHMO, ya que se trata de un uso no consuntivo. Por lo tanto, el volumen a la salida debe mantenerse constante.

En cuanto al consumo urbano, en comparación con el consumo para regadíos y el volumen de entradas correspondiente a la UHMO, es prácticamente despreciable. Este hecho se acrecienta como consecuencia de que los estados considerados en el análisis estadístico no implican un crecimiento desmesurado del número de habitantes en la zona, por lo que la sostenibilidad de la UHMO no se ve comprometida.

La tabla 24 muestra los resultados obtenidos con el ANOVA para la variable ACUIF2. En este caso, las variables significativas han sido G, I, y J. Al igual que en la situación anterior, aparece una serie de variables que están próximas a serlo (F, K, O y U).

Tabla 24. ANOVA para la variable ACUIF2 (Volumen extraído del Acuífero).

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : A 2.1 Restricciones ecológicas	106,69	1	106,69	0,79	0,3947
B : B 3.1 Consumo por habitante	12,2884	1	12,2884	0,09	0,7690
C : C 3.2 Número de habitantes	5,55278	1	5,55278	0,04	0,8433
D : D 4.1.4 I+D+i	33,9282	1	33,9282	0,25	0,6268
E : E 4.1.1. Subvenciones al capital	2,21025	1	2,21025	0,02	0,9007
F : F 4.1.2 Coste del dinero	336,377	1	336,377	2,49	0,1454
G : G 4.2.6. Precio del agua superficial	1613,55	1	1613,55	11,96	0,0061
H : H 4.2.4 Aportaciones de las concesiones	9,93465	1	9,93465	0,07	0,7916
I : I 4.2.1. Asignaciones del PHJ	1152,12	1	1152,12	8,54	0,0152
J : J 4.2.2 Restricciones a las asignaciones	1225,0	1	1225,0	9,08	0,0130
K : K 4.3.1 Ingresos	227,218	1	227,218	1,68	0,2234
L : L 4.3.3 Gastos variables	0,0979031	1	0,0979031	0,00	0,9790
M : M 4.3.5 Coste del agua	73,2353	1	73,2353	0,54	0,4781
N : N 4.3.7 Costes fijos	102,854	1	102,854	0,76	0,4030
O : O 4.3.9 Ayudas de la PAC	538,002	1	538,002	3,99	0,0737
P : P 4.3.11 Venta de agua	19,2976	1	19,2976	0,14	0,7131
Q : Q 4.3.13 Condicionantes socioeconómicos	47,9465	1	47,9465	0,36	0,5643
R : R 4.4.4 Voluntad sancionadora	64,4964	1	64,4964	0,48	0,5050
S : S 4.4.1 Condicionantes técnicos	95,2545	1	95,2545	0,71	0,4203
T : T 4.4.2 Condicionantes legales	4,9849	1	4,9849	0,04	0,8514
U : U 4.5.2 Distribución de cultivos	464,744	1	464,744	3,45	0,0931
RESIDUAL	1348,75	10	134,875		
TOTAL (Corregido)	7484,53	31			

Entre ellas hay que destacar a la variable U (Distribución de cultivos). Obviamente, si este análisis concluyera que la distribución de cultivos sobre la UHMO no afecta a la sostenibilidad del Acuífero, la validez del modelo estaría en entredicho. Sin embargo, una vez realizado el segundo ANOVA por la técnica de englobe (tabla 25), puede observarse como esta variable pasa a ser significativa. Con toda seguridad si la diferencia entre las necesidades de riego de las distribuciones de cultivos elegidas para realizar el ANOVA hubiera sido más acusada, esta variable habría resultado ser significativa desde el primer momento.

Tabla 25. Técnica de englobe para la variable ACUIF2.

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : F 4.1.2 Coste del dinero	336,377	1	336,377	4,19	0,0518
B : G 4.2.6. Precio del agua superficial	1613,55	1	1613,55	20,09	0,0002
C : I 4.2.1. Asignaciones del PHJ	1152,12	1	1152,12	14,35	0,0009
D : J 4.2.2 Restricciones a las asignaciones	1225,0	1	1225,0	15,25	0,0007
E : K 4.3.1 Ingresos	227,218	1	227,218	2,83	0,1055
F : O 4.3.9 Ayudas de la PAC	538,002	1	538,002	6,70	0,0161
G : U 4.5.2 Distribución de cultivos	464,744	1	464,744	5,79	0,0242
RESIDUAL	1927,52	24	80,3134		
TOTAL (Corregido)	7484,53	31			

Finalmente, las variables que afectan significativamente a la sostenibilidad del Acuífero son: F (Coste del dinero), G (Precio del agua superficial), I (Asignaciones del PHJ), J (Restricciones a las asignaciones del PHJ), O (Ayudas de la PAC) y U (Distribución de cultivos).

Los resultados obtenidos están dentro de lo esperable. El grupo de variables que más afecta a la sostenibilidad del Acuífero está relacionado con la sustitución de bombeos. De este modo, aparecen las asignaciones del PHJ, que es el volumen de aguas superficiales destinado a la sustitución de bombeos, las restricciones a estas asignaciones, es decir, el tanto por ciento del volumen asignado que puede utilizarse ya que existe el recurso o las infraestructuras necesarias, y el precio del agua superficial. Este último resultado pone de manifiesto la importancia de lograr un precio adecuado, el cual no provoque un abandono de la sustitución de bombeos a costa de reanudar las extracciones del Acuífero.

La única variable que se echa en falta es el volumen de las concesiones. Si en vez de utilizar los dos últimos estados se hubiera considerado algún otro más restrictivo, esta variable también habría resultado significativa. Sin embargo, no es probable que a medio plazo se restrinjan estos volúmenes de forma acusada, por lo que la situación se mantendrá como en la actualidad.

La presencia de la variable PAC entre las que han resultado ser significativas, pone de manifiesto que en el caso del Acuífero, y al contrario de lo que ocurría con el volumen a la salida, pequeños incrementos en el número de infractores debido a rentas bajas, si afecta a la sostenibilidad del mismo. Probablemente, la variable PAC es, de todas las que forman el grupo de la renta agraria, la que le más afecta según los estados considerados. En consecuencia, ha sido la única significativa. Es necesario volver a incidir en el hecho de que la elevada capacidad de control de los planes de explotación restringe el número de infractores, por lo que una situación de menor control permitiría que otras variables de este grupo también resultasen significativas.

La eficiencia global de riego, gracias a la presencia de la variable F (Coste del dinero), también afecta a la sostenibilidad del Acuífero. El hecho de que haya sido esta variable la significativa y no otra u otras de este grupo, no debe confundir la verdadera trascendencia de

este resultado. En realidad, lo que pone de manifiesto es la dificultad de lograr ahorros considerables de agua mejorando la eficiencia de riego, debido a que ésta es muy elevada en estos momentos y es complicado incrementarla sustancialmente. Por lo tanto, las mejoras en este sentido nunca lograrán avances significativos de forma individual. Además, viendo el nivel de significatividad de esta variable (5'18%), puede concluirse que su capacidad para afectar al resultado es bastante baja, aunque suficiente como para tenerla en cuenta.

La última variable analizada ha sido la renta agraria (RENTA) (tabla 26). Al igual que en las dos situaciones anteriores, además de las variables significativas (K, L, M, N, O, P, Q y U) existen otras variables que podrían llegar a ser significativas (C, D, F, H y R).

Tabla 26. ANOVA para la variable RENTA.

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : A 2.1 Restricciones ecológicas	31,8003	1	31,8003	0,06	0,8162
B : B 3.1 Consumo por habitante	109,742	1	109,742	0,20	0,6670
C : C 3.2 Número de habitantes	714,042	1	714,042	1,28	0,2846
D : D 4.1.4 I+D+i	909,725	1	909,725	1,63	0,2307
E : E 4.1.1. Subvenciones al capital	503,555	1	503,555	0,90	0,3647
F : F 4.1.2 Coste del dinero	1620,8	1	1620,8	2,90	0,1193
G : G 4.2.6. Precio del agua superficial	240,792	1	240,792	0,43	0,5262
H : H 4.2.4 Aportaciones de las concesiones	1012,73	1	1012,73	1,81	0,2078
I : I 4.2.1. Asignaciones del PHJ	92,3441	1	92,3441	0,17	0,6928
J : J 4.2.2 Restricciones a las asignaciones	250,208	1	250,208	0,45	0,5184
K : K 4.3.1 Ingresos	464118,0	1	464118,0	831,06	0,0000
L : L 4.3.3 Gastos variables	86544,6	1	86544,6	154,97	0,0000
M : M 4.3.5 Coste del agua	360948,0	1	360948,0	646,32	0,0000
N : N 4.3.7 Costes fijos	20169,4	1	20169,4	36,12	0,0001
O : O 4.3.9 Ayudas de la PAC	11069,2	1	11069,2	19,82	0,0012
P : P 4.3.11 Venta de agua	39431,3	1	39431,3	70,61	0,0000
Q : Q 4.3.13 Condicionantes socioeconómicos	43775,4	1	43775,4	78,38	0,0000
R : R 4.4.4 Voluntad sancionadora	831,912	1	831,912	1,49	0,2503
S : S 4.4.1 Condicionantes técnicos	151,554	1	151,554	0,27	0,6138
T : T 4.4.2 Condicionantes legales	5,61125	1	5,61125	0,01	0,9221
U : U 4.5.2 Distribución de cultivos	22212,0	1	22212,0	39,77	0,0001
RESIDUAL	5584,67	10	558,467		
TOTAL (Corregido)	1,06033E6	31			

La tabla 27 muestra los resultados ofrecidos por el ANOVA una vez realizada la técnica de englobe. Como puede observarse, las variables que antes eran altamente significativas ahora lo son todavía más, y de las que podrían serlo finalmente sólo se ha decidido incluir a F.

Tabla 27. Técnica de englobe para la variable RENTA.

Variable	Suma de cuadrados	G L	Cuadrados medios	F- Ratio	P - Valor
<b>Efectos principales</b>					
A : C 3.2 Número de habitantes	714,042	1	714,042	1,84	0,1913
B : D 4.1.4 I+D+i	909,725	1	909,725	2,35	0,1427
C : F 4.1.2 Coste del dinero	1620,8	1	1620,8	4,19	0,0557
D : H 4.2.4 Aportaciones de las concesiones	1012,73	1	1012,73	2,62	0,1232
E : K 4.3.1 Ingresos	464118,0	1	464118,0	1198,53	0,0000
F : L 4.3.3 Gastos variables	86544,6	1	86544,6	223,49	0,0000
G : M 4.3.5 Coste del agua	360948,0	1	360948,0	932,11	0,0000
H : N 4.3.7 Costes fijos	20169,4	1	20169,4	52,09	0,0000
I : O 4.3.9 Ayudas de la PAC	11069,2	1	11069,2	28,59	0,0000
J : P 4.3.11 Venta de agua	39431,3	1	39431,3	101,83	0,0000
K : Q 4.3.13 Condicionantes socioeconómicos	43775,4	1	43775,4	113,05	0,0000
L : R 4.4.4 Voluntad sancionadora	831,912	1	831,912	2,15	0,1600
M : U 4.5.2 Distribución de cultivos	22212,0	1	22212,0	57,36	0,0000
RESIDUAL	6970,28	18	387,238		
TOTAL (Corregido)	1,06033E6	31			

Por lo tanto, las variables que influyen significativamente sobre la renta agraria son F (Coste del dinero), K (Ingresos), L (Gastos variables), M (Coste del agua), N (Costes fijos), O (Ayudas de la PAC), P (Venta de agua), Q (Condicionantes socioeconómicos), U (Distribución de cultivos). Como era de esperar, los resultados muestran como todas las variables que afectan directamente a la renta agraria han sido altamente significativas.

Por otro lado, también es lógico que aparezca la distribución de cultivos, ya que ésta condiciona los ingresos obtenidos por los agricultores, los gastos variables y el gasto en agua, siendo todas ellas variables que actúan directamente sobre la renta.

Finalmente, la eficiencia global de riego, representada por el coste del dinero, también se ha considerado significativa, aunque el nivel de significatividad es muy bajo (5'57%). Al mejorar la eficiencia de riego, los agricultores obtienen los mismos ingresos con un menor gasto en agua, incrementando por tanto la renta agraria. De todos modos, el resultado indica que este incremento de renta nunca será demasiado elevado. Las variables que forman el grupo de capacidad de control de los Planes de explotación no aparecen. Esto es debido a que, tal y como se ha diseñado el modelo, la renta es independiente del número de infractores. Lógicamente, aquellos que utilicen más agua deberían obtener mayores ingresos, sin embargo, esta situación no ha sido considerada y por lo tanto no es reflejada en los resultados.

En cuanto a la sustitución de bombeos, la renta de los agricultores no se ve afectada por esta actuación ya que la distribución de cultivos es independiente del origen del agua de riego. Al igual que en el caso de la sostenibilidad de la UHMO a la salida, un aumento del volumen de agua superficial para sustitución de bombeos implica una reducción similar del agua extraída del Acuífero. Por lo tanto, la distribución de cultivos permanece constante y, en consecuencia, la renta también.

Una vez analizados los resultados puede afirmarse que el diseño del experimento ha condicionado en cierto modo los resultados. En primer lugar, al no poder trabajar con todos los estados de las variables, el análisis estadístico puede condicionar la significatividad de algunas variables. Sin embargo, los resultados obtenidos no presentan situaciones descabelladas, estando todas ellas dentro de lo que podría esperarse analizando el comportamiento del modelo directamente a través de los resultados que ofrece la red bayesiana.

En segundo lugar, el análisis de las interacciones dobles podría haber clarificado ciertos resultados. No cabe duda de que la mayoría de las variables que actúan sobre la renta agraria habrían sido significativas, para la sostenibilidad del Acuífero, al combinarlas con aquellas pertenecientes a la capacidad de control de los planes de explotación. Lo mismo habría sucedido con las que afectan a la eficiencia de los sistemas de riego al combinarlas con la distribución de cultivos.

#### **4.5. TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.**

La participación de las principales entidades relacionadas con la gestión del agua en la UHMO, ha garantizado la máxima difusión de los resultados entre las personas pertenecientes a este ámbito geográfico. La dilatada experiencia del ITAP en la transferencia de resultados, especialmente a través del SAR, asegura poner en conocimiento de la mayoría de los regantes de la zona, por encima de 5.000, y del resto de la población, sobre 275.000 habitantes, los resultados obtenidos en este trabajo. Además, la presencia de la JCRMO apoya aún más las

actuaciones llevadas a cabo por el ITAP sobre todo en el ámbito agrario.

Por otro lado, la participación de la CHJ en el desarrollo de la herramienta y el interés mostrado en utilizarla en el futuro, garantiza que tanto los resultados obtenidos como la metodología propuesta serán puestos en conocimiento de personas dedicadas a la gestión de los recursos hídricos de otras cuencas hidrográficas, así como de otros colectivos interesados en esta materia.

Desde el punto de vista de su proyección externa, durante la construcción del modelo este trabajo se ha presentado en dos congresos internacionales “*VII European Society for Agronomy Congress*” (Córdoba, 2002) y “*VI Inter-Regional Conference on Environment-Water. Land and Water Use Planning and Management*” (Albacete, 2003). Una vez finalizado el Proyecto MERIT, se pretende presentarlo junto con el resto de modelos construidos dentro del marco del Proyecto MERIT en el *workshop “Modelling and Control for Participatory Planning and Managing Water Systems”*, que tendrá lugar en septiembre de 2004 en Venecia (Italia).

Los dos primeros congresos han dado lugar a dos ediciones especiales de las revistas “*Agricultural Water Management*” y “*Journal of Environmental Modelling and Software*”, habiéndose presentado para su publicación los siguientes artículos: “*Integrated water resource management of the Eastern Mancha System using bayesian networks*” (Domínguez Padilla, A., Martín de Santa Olalla, F.J., Artigao Ramírez, A., Ortega Alvarez, F., Brasa Ramos, A., Fabeiro Cortés) y “*Planning a large aquifer: The case study of Eastern Mancha Aquifer*” (Martín de Santa Olalla, F.J., Domínguez Padilla, A., Ortega Alvarez, F., Artigao Ramírez, A., Fabeiro Cortés, C.). En el momento de redactar esta Tesis ninguno de los artículos ha sido publicado, por este motivo no aparece la referencia completa.

Por otro lado, estos resultados también se han presentado en un congreso nacional organizado por la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE): “*V Jornadas Técnicas de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica: El agua y la agricultura. Gestión ecológica de un recurso crítico*”, la comunicación “*Buscando la participación de los Involucrados. Proyecto MERIT (EVK1-2000-CT-00592)*” (Fabeiro, C., Bromley, J., Domínguez, A.) (Palma de Mallorca, 2001). Además, se pretende participar en septiembre de este año en el “*VI Congreso SEAE, Almería 2004: De Agricultura Intensiva a Ecológica*” presentando la comunicación “*Gestión integral e integrada del Acuífero Mancha Oriental*” (Fabeiro, C., Domínguez, A., Ortega, F. y Artigao, A.) (Almería, 2004).

Finalmente, la última tarea realizada dentro del Proyecto MERIT ha sido la publicación de una guía metodológica, en la que aparecen todos los trabajos llevados a cabo por cada uno de los equipos integrantes del Proyecto. Junto con este documento se acompaña un CD con los trabajos publicados por cada grupo y una copia de las redes bayesianas correspondientes a cada una de las cuencas modelizadas.

Para completar esta tarea, la página web del Proyecto ([www.merit-eu.net](http://www.merit-eu.net)) muestra la misma información que aparece recogida en la guía metodológica, junto con otra complementaria.



## **CONCLUSIONES**



## 5. **CONCLUSIONES.**

### El modelo bayesiano y la participación de usuarios y expertos.

La red bayesiana elaborada para la UHMO constituye una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos de esta Unidad. Las redes bayesianas son una metodología que se muestra adecuada para el tratamiento de la incertidumbre en la gestión de los recursos hídricos.

La estructura, aún con las simplificaciones realizadas, y los resultados ofrecidos por la herramienta son aceptados por los expertos y usuarios, así como por los responsables implicados en la gestión y utilización de estos recursos. El modelo representa adecuadamente las condiciones en las que se encuentra actualmente la UHMO y las predicciones ofrecidas son válidas.

La correcta utilización de esta herramienta implica que los usuarios del modelo deben ser conscientes de las limitaciones que conlleva, siendo necesario analizar los resultados antes de aceptarlos.

### Resultados ofrecidos por el modelo.

Bajo las condiciones actuales la sostenibilidad de la UHMO no es posible, estando condicionada por unas extracciones del Acuífero para usos agrícolas ( $400 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ) superiores a la recarga ( $320 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ).

La reducción del volumen de agua para riego hasta alcanzar la sostenibilidad provocaría una disminución de la renta agraria. En estas condiciones, la sustitución de bombeos se perfila como la principal actuación que puede lograr equilibrar las extracciones del Acuífero con la recarga, siendo necesario completar al menos los  $80 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$  que aparecen en el PHJ, y reforzar esta medida con otras.

Incrementar la eficiencia global de riego puede ayudar a mejorar la situación, sin embargo, dado que la eficiencia actual es muy elevada resulta costoso avanzar por este camino, máxime al tratarse de regadíos infradotados. Los esfuerzos en este sentido deben ser considerados como un apoyo a otras actuaciones. En general, el adecuado mantenimiento de las instalaciones, la modernización de algunos sistemas de riego y, especialmente, una labor de formación para el correcto uso del agua en la agricultura, son las bases para el incremento significativo de la eficiencia en la zona.

La tarea de vigilancia y control de los planes de explotación por parte de la JCRMO es crucial para asegurar la sostenibilidad del Acuífero. Las herramientas de índole técnico y legal, así como los recursos humanos disponibles deben ser mantenidos, e incluso mejoradas con la utilización de futuras tecnologías, para asegurar el actual grado de control existente sobre el uso del agua en la UHMO.

El precio del agua superficial destinado a la sustitución de bombeos debe mantenerse por debajo de los costes de bombeo. De esta manera se asegura que los regantes preferirán las aguas de origen superficial a las subterráneas.

Las anteriores actuaciones no afectan prácticamente al volumen de agua disponible para las unidades hidrogeológicas situadas aguas abajo de la UHMO. El volumen mínimo establecido ( $500 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ) queda garantizado con una probabilidad elevada (superior al 74%).

### Sensibilidad de los resultados a las variables del modelo.

Las variables que afectan significativamente en el volumen disponible para las siguientes unidades hidrogeológicas son: 4.1.1. Subvenciones al capital; 4.1.2. Coste del dinero; 4.1.4. I+D+i; 4.4.1. Condicionantes técnicos; 4.4.2. Condicionantes legales; 4.4.4. Voluntad sancionadora; y 4.5.2. Distribución de cultivos.

La insostenibilidad del Acuífero Mancha Oriental es el principal problema de la UHMO. Las variables relacionadas con la sustitución de bombeos son las que presentan una mayor capacidad para invertir esta situación. Las variables que afectan significativamente a la sostenibilidad del Acuífero son: 4.1.2. Coste del dinero; 4.2.1. Asignaciones del PHJ; 4.2.2. Restricciones a las asignaciones; 4.2.6. Precio del agua superficial; 4.3.9. Ayudas de la PAC; y 4.5.2. Distribución de cultivos.

La renta agraria está influenciada por todas las variables que forman su grupo, además de la variables 4.5.2. Distribución de cultivos y, aunque con un nivel de significatividad muy bajo, 4.1.2. Coste del dinero. De entre todas ellas, la disminución del agua disponible para riego, es decir, modificar la distribución de cultivos, y una reducción de las subvenciones comunitarias puede provocar un aumento en el número de incumplidores, debido a un descenso acusado de la renta, dificultando la sostenibilidad del Acuífero. Este hecho pone de manifiesto la importancia que ejerce la PAC sobre regiones de clima semiárido donde predominan cultivos extensivos, como es el caso de Castilla-La Mancha.

En este sentido, siempre que la capacidad de control de los Planes de explotación se mantenga en un nivel elevado puede lograr contrarrestar esta tendencia. Sin embargo, una disminución de su capacidad de control afectaría gravemente a la sostenibilidad del Acuífero.

### Transferencia de resultados.

La participación en la elaboración del modelo de las entidades dedicadas a la gestión de los recursos hídricos de la UHMO, donde la JCRMO es, además, la principal asociación de usuarios de la misma en cuanto a volumen de agua utilizado, ha permitido que conozcan los resultados obtenidos. Este hecho viene complementado por la presencia del ITAP que, gracias a su elevada experiencia en la transferencia de información y tecnología en el mundo agrario, asegura una elevada penetración en este ámbito.

Igualmente, la participación de la CHJ y su interés en la utilización de la herramienta proyecta la transferencia de los resultados a todo el ámbito territorial de esta Confederación y, probablemente, a la del resto.

### Nuevas líneas de trabajo.

El modelo elaborado en esta Tesis abre nuevas líneas de actuación, entre las que se pueden destacar:

Es necesario que los futuros usuarios de la herramienta la mantengan actualizada, lo que supone establecer un calendario de los momentos en los que deben realizarse estos trabajos. A su vez, implica que los usuarios deben familiarizarse previamente con el modelo y con el programa informático. Es preciso insistir en que las actualizaciones y modificaciones del modelo deben ir acompañadas de un proceso de validación de los resultados.

El modelo puede servir de referencia para la construcción de nuevas redes bayesianas aplicables a la gestión de los recursos hídricos de otras unidades hidrogeológicas, con

problemas de sobreexplotación, ubicadas dentro de la región de Castilla-La Mancha o fuera de ésta.

Finalmente, este trabajo únicamente ha tratado los aspectos que afectan al volumen final de agua utilizada, buscando la sostenibilidad cuantitativa de la Unidad. Sin embargo, el modelo podría complementarse con una parte cualitativa que incorporara los efectos de diferentes actuaciones sobre la calidad del agua, ya que la contaminación de las aguas subterráneas, especialmente por nitratos procedentes de la agricultura, es un problema creciente.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**





## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crops water requirements. FAO. Irrigation and drainage, 56. Rome, Italy.
- Andersen, S.K., Olesen, K.G., Jensen, F.V., Jensen, F., 1989. HUGIN: A shell for building Bayesian Belief Universes for Expert Systems. In Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-89). Morgan Kaufmann Publishers, 1080-1085. San Mateo, CA, USA.
- Aquagest, 2003a. Consumo de la ciudad de Albacete y su área de influencia. Informe interno no publicado. Servicio municipal de agua de Albacete. Albacete, España.
- Aquagest, 2003b. [En línea] Servicio municipal de agua de Albacete. <http://www.aquagest.es/albacete>. Consulta 5 de febrero de 2003.
- Aragónés, J.M., Codina, J., Llamas, M.R., 1996. Importancia de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS). Revista de Obras Públicas, 3355, 77-78.
- Balasch Parici, S., 2001. Técnicas estadísticas para el control y mejora de la calidad y de la productividad. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Barbosa, P.F., Braga, B.F., Gobetti, L.C., 1996. Water supply management in the Sao Paulo metropolitan area, formulated using an integrated approach. J. Water Supply Res. T., 45, 299-307.
- Batchelor, C., 1999. Improving water use efficiency as part of integrated catchment management. Agr. Water Manage. Special issue. 40, 249-263.
- Bayfield, N.O., McGowan, M., 1995. Monitoring and managing impacts of ski development: a case study of the Aonach Mor resort 1989-1995. G.H. Griffiths (Editor), IALE, Aberdeen, pp. 93-101.
- BCE (Banco Central Europeo), 2004. [En línea] La estrategia de política monetaria del BCE y el marco operativo del Eurosistema. <http://www.ecb.int/about/about.htm> Consulta 6 de febrero de 2003.
- Bernabéu, R., Serna, J., 2002. "Los grandes cultivos herbáceos de regadío en Castilla-La Mancha". Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural. Jornada Autonómica de la Comunidad de Castilla-La Mancha. Toledo, España.
- Blackmore, D.I., 1995. Murray-Darling basin commission: a case study in integrated catchment management. Water Sci. Technol., 32, 15-25.
- Booker, J.F., 1995. Hydrologic and economic impacts of drought under alternative policy responses. Water Resour. Bull., 31, 889-906.
- Buchanan, B.G., Shortliffe, E.H., 1984. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.
- Buckley, J.J., Siler, W., Tucker, D., 1986. A Fuzzy Expert System. Fuzzy Set. Syst., 20, 1-16.
- Cain, J., 2001. Planning improvements in natural resources management. Guidelines for using bayesian networks to support the planning and management of development programmes in the water sector and beyond. Centre for Ecology and Hydrology. Wallingford, UK.

- Campbell, A., 1994a. Landcare: Communities shaping the land and the future. Allen and Unwin, Sydney, Australia.
- Campbell, A., 1994b. Community first-Landcare in Australia. IIED/IDS Conf. "Beyond farmer first: rural people's knowledge, agricultural research and extension", IIED, London, UK.
- Castillo, E., Álvarez, E., 1991. Expert Systems: Uncertainty and learning. Computational Mechanics Publications and Elsevier Applied Science. London, UK.
- Castillo, E., Gutiérrez, J.M., Hadi, A.S., 1997. Expert Systems and Probabilistic Network Models. Ed. Springer-Verlag. New York, USA.
- Chandler, J., 1994. Integrated catchment management planning. J. Inst. Water Env. Man., 8, 93-96.
- Charniak, E., 1991. Bayesian networks without tears. AI Magazine, 12: 50-63.
- CE (Comisión Europea), 2002. VI Programa Marco de Investigación de la UE (2003-2007). Estrasburgo, Francia.
- CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar), 2004a. [En línea] <http://www.chj.es>. Consulta 2 de febrero de 2004.
- CHJ (Confederación Hidrográfica del Júcar), 2004b. Información aportada directamente por la CHJ. Documentación interna no publicada.
- CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia Y Tecnología), 2003. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007). Madrid, España.
- Crabtree, R., Bayfield, N., 1998. Developing sustainability indicators for mountain ecosystems: a study of the Cairngorms, Scotland. J. Environ. Manage., 52, 1-14.
- Custance, J., Hillier, H., 1998. Statistical Issues in Developing Indicators of Sustainable Development. Department of the Environment. London, UK.
- De Juan Valero, J.A., Ortega Álvarez, J.F., Tarjuelo Martín-Benito, J.M., 2003. Sistemas de cultivo: Evaluación de itinerarios técnicos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Del Campo García, A., 1996. Las Comunidades de Regantes: Historia, características, finalidad y gestión. XIV Congreso Nacional de Riegos. Aguadulce (Almería), España.
- Delgado Moya, S., 1992. "Sobreexplotación de acuíferos. Una aproximación conceptual". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Vol. XV, pág. 469-476. Alicante, España.
- Delgado Moya, S., Martín de Santa Olalla, F.J., 2003. Gestión de acuíferos. En: Mejora de regadíos. En prensa.
- DeMarchi, C., Ivanov, P., Jolrna, A., Masliev, I., Srnith, M.G., Sornlyody, L., 1999. Innovative tools for water quality management and policy analysis: Desert and streamplan. Water Sci. Technol., 40, 103-110.
- Department of the Environment, 1994a. Community Involvement in Planning and Development Processes. HMSO, London, UK.
- Department of the Environment, 1994b. Sustainable Development: The UK Strategy. Report No. Cm 2426. HMSO, London, UK.

- DGOH (Dirección General de Obras Hidráulicas), 1995. Estudio de la situación actual y programación de actuaciones futuras en el ámbito de las aguas subterráneas en España. Informe interno. No publicado. Madrid, España.
- Díez, F.J., 2003. Introducción al Razonamiento Aproximado. Departamento de Inteligencia Artificial. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.
- Directiva [2000/60/CE](#), del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DO L 327 de 22/12/2000.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje, 24. Roma, Italia.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1986. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO, Riego y Drenaje, 33. Roma, Italia.
- Durkin, J., 1994. Expert Systems: Design and Development. Maxwell Macmillan. New York, USA.
- Environment Agency, 1998. Consensus Building for Sustainable Development. Report No. SDI2. 22 pp.
- Estrela, T., 2003. La evaluación de las guías de la Directiva Marco Europea en política de aguas en aspectos relacionados con las aguas subterráneas en la cuenca del Júcar, España. Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia, España.
- Evans, L.T. and Fischer, R.A., 1999 Yield Potential: Its Definition, Measurement, and Significance. Crop Sci. 39, 1544-1551.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1995. Water Development for Food Security. WFS 96/TECH/2, Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1997. Food Production: The Critical Role of Water. Technical Background Document 7. Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2004. [En línea] <http://www.fao.org/es/ESA/fsecur-s.htm>. Consulta 20 de enero de 2004.
- FAO/UNDP (Food and Agriculture Organization of the United Nations / United Nations Development Programme), 1995. Water Sector Policy Review and Strategy Formulation- a General Framework. FAO Land and Water Bulletin No. 3. Rome, Italy.
- Fereres, E., 2001. El ahorro sistemático del agua en la agricultura de regadío. Actas del Symposium: Las nuevas tecnologías hacia la agricultura sostenible. XX Aniversario del ITAP. Servicio de publicaciones de la Diputación Provincial de Albacete. Albacete, España.
- Fernández Mejuto, M., 2002. Tesis Doctoral no defendida. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Fischer, R. A. 1935. The design of experiments. Oliver & Boyd, Edinburgh & London. Fitch, W. M. 1971. Towards defining the course of evolution: minimum change for a specific tree topology. Syst. Zool. 20, 406-416.
- Gámez Martín, J.A., Puerta Callejón, J.M., 1998. Sistemas expertos probabilísticos. Colección Ciencia y Técnica. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca, España.

- García Pérez, A., 2003. Estadística aplicada: Conceptos básicos. Servicio de publicaciones de la Universidad Nacional de Estudios a Distancia (UNED). España.
- Gosling, J., 1990. Java software. Sun Microsystems, Inc. Santa Clara, CA, USA.
- Heckerman, D., Elman, A., Elman, M.P., 1995. Real world applications of Bayesian networks. Communications of the ACM, 38, 24-26.
- Henrion, M., Breese, J.S., Horvitz, E.J., 1991. Decision Analysis and Expert Systems. AI Magazine, 12, 64-91.
- Hickey, J.T., Diaz, O.E., 1999. From flow to fish to dollars: An integrated approach to water allocation. J. Am. Water Resour. As., 35, 1053-1067.
- Howard, J.R., Lighthelm, M.E., Tanner, A., 1995. The development of a water quality management plan for the Mgeni River catchment. Water Sci. Technol., 32, 217-226.
- Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agron. J., 93, 281-289.
- Hugin Expert A/S, 2003. Hugin Researcher, version 6.1. User's Guide, Aalborg, Denmark.
- Humphries, R., Robinson, S., 1995. Assessment of the success of the Peel-Harvey estuary system management strategy - A Western Australian attempt at Integrated Catchment Management. Water Sci. Technol., 32, 255-264.
- IDR (Instituto de Desarrollo Regional), 2002. Padrón digitalizado. Documento interno no publicado. Sección de SIG y Teledetección. Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, España.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute), 1999. World Food Prospects: Critical Issues for the Early Twenty First Century. Washington, DC. 49 pp.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España), 1980. El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2003a. [En línea] Nomenclátor 2002. Relación de unidades provisionales. Revisión del padrón municipal a 1 de enero de 2002. [http://www.ine.es/pls/nomen/p\\_nomenwel.leer\\_nomen?v\\_anno=02&v\\_filtro\\_1=all&v\\_filtro\\_2=&v\\_oper\\_3=like&v\\_filtro\\_3=albacete&solo\\_mun=n&v\\_filtro\\_4=&v\\_filtro\\_5=&v\\_filtro\\_6=&v\\_oper\\_7=%3D&v\\_filtro\\_7=&v\\_oper\\_8=%3D&v\\_filtro\\_8=&v\\_oper\\_9=%3D&v\\_filtro\\_9=&v\\_wel=s](http://www.ine.es/pls/nomen/p_nomenwel.leer_nomen?v_anno=02&v_filtro_1=all&v_filtro_2=&v_oper_3=like&v_filtro_3=albacete&solo_mun=n&v_filtro_4=&v_filtro_5=&v_filtro_6=&v_oper_7=%3D&v_filtro_7=&v_oper_8=%3D&v_filtro_8=&v_oper_9=%3D&v_filtro_9=&v_wel=s). Consulta 6 de febrero de 2003.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2003b. [En línea] Ciencia y Tecnología. Investigación y desarrollo tecnológico. Estadística sobre actividades I+D. <http://www.ine.es/prensa/np317.pdf>. Consulta 2 de febrero de 2003.
- ITAP (Instituto Técnico Agronómico Provincial), 2002. Anuario Técnico 2001. Diputación de Albacete. Albacete. España.
- ITAP (Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete), 2003a. Margen Bruto de los cultivos en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental en el año 2002. Documento de uso interno. No publicado. Albacete, España.
- ITAP (Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete), 2003b. Anuario Técnico año 2002. Servicio de publicaciones de la Diputación Provincial de Albacete. Albacete, España.

- ITAP (Instituto Técnico Agronómico Provincial), 2004. Evolución de los regadíos en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental. Informe interno. No publicado. Diputación de Albacete. Albacete, España.
- JCCM (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), 2001. Decreto 95/2000 de 18 de abril, para la mejora, consolidación y transformación de los regadíos en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Sumario del Diario Oficial de Castilla-La Mancha de fecha 24 de agosto de 2001.
- JCRMO (Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental), 1999. La gestión de los recursos hídricos de la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental. Informe interno. No publicado. Albacete, España.
- JCRMO (Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental), 2004. Sustitución de bombeos en la Unidad Hidrogeológica Mancha Oriental. Informe interno no publicado. Albacete, España.
- Jensen, F., Jensen, F.V., Dittmer, S.L., 1994. From influence diagrams to junction trees. In: Proceedings of the 10<sup>th</sup> Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (Mántaras, R.L., Poole, D., Eds). Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 367-373.
- Jensen, F. V., 1996. An introduction to Bayesian Networks. 1 Edition. UCIL Press, London. 1.78pp.
- Jensen, F. V., 2001. Bayesian network and decision graphs. Department of computer science. Aalborg University. Aalborg, Denmark.
- Karavitis, C.A., 1999. Decision support systems for drought management strategies in Metropolitan Athens. Water Int., 24, 10-21.
- Kernighan, B.W., Ritchie, D.M., 1978. The C programming language. Prentice Hall, New York, USA.
- Kuikka, S., Varis, O., 1997. Uncertainties of climatic change impacts in Finnish watersheds:: a Bayesian network analysis of expert knowledge. Boreal Environment Research, 2, 109-128.
- Lauritzen, S.L., Spiegelhalter, D.J., 1988. Local computations with probabilities on graphical structures and their application to expert systems. J. Roy. Stat. Soc. B., 50, 157-224.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto de aguas. Boletín Oficial del Estado, 189 de 8-08-1985. Madrid, España.
- Lindley, D.V., 1987. The probability approach to the treatment of uncertainty in artificial intelligence. Stat. Sci., 2, 17-24.
- Lindskog, P., Tengberg, A., 1994. Land degradation, natural resources and local knowledge in the Sahel zone of Burkina Faso. Geojournal, 33, 365-375.
- Loomis, R.S., Connor, D.J., 1992. Crop Ecology. Productivity and management in agricultural systems. pp. 538. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- López Fuster, P., Montoro Rodríguez, A., 2004. Los regadíos en España: La necesidad del ahorro sistemático de agua para riego. En Agua y Agronomía. Martín de Santa Olalla Mañas F., López Fuster, P., (coordinadores). En prensa. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

- Maaren, H., Dent, M., 1995. Broadening participation in integrated catchment management for sustainable water resources development. *Water Sci. Technol.*, 32, 161-167.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2002. Plan Nacional de Regadíos – Horizonte 2008. Madrid, España.
- Martín de Santa Olalla, F., Brasa Ramos, A., Fabeiro Cortés, C., Fernández González, D., López Córcoles, H., 1999. Improvement of irrigation management towards the sustainable use of groundwater in Castilla- La Mancha. *Agr. Water Manage.* 40, 195-205.
- Martín de Santa Olalla, F., 2001. La gestión del agua en el Sistema Mancha Oriental. Symposium “Las nuevas tecnologías hacia la agricultura sostenible”. XX Aniversario del Instituto Técnico Provincial. Servicio de publicaciones de la Diputación de Albacete. Albacete, España.
- Martín de Santa Olalla, F., De Juan Valero, A., 2001. El uso del agua en una agricultura sostenible. En: F. Martín de Santa Olalla (coord.). *Agricultura y Desertificación*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Martín de Santa Olalla, F., Calera, A., Domínguez, A., 2003. *Monitoring irrigation water use by combinig irrigation advisory service, and remotely data with a geographic information system*. *Agr. Water Manage.* 61, 111-124.
- Martín de Santa Olalla, F., Calera, A., López, P., 2004. *Agua y Agronomía*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España (pendiente de publicación).
- Microsoft Corporation (Ed.), 1996. Windows NT. User's guide. Ed. Microsoft Corporation, Redmond, USA.
- Microsoft Corporation (Ed.), 1998. Windows 98. User's guide. Ed. Microsoft Corporation, Redmond, USA.
- Microsoft Corporation (Ed.), 2000. Windows 2000. User's guide. Ed. Microsoft Corporation, Redmond, USA.
- Microsoft Corporation (Ed.), 2001. Windows XP. User's guide. Ed. Microsoft Corporation, Redmond, USA.
- Millán, E., 2000. Sistema bayesiano para modelado del alumno. Tesis doctoral. Universidad de Málaga, España.
- MINER-MOPTMA (Ministerio de Industria y Energía – Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente), 1995. Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Madrid, España.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 1997. Situación actual y posibilidades de aprovechamiento del río Júcar. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Madrid, España.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 1998a. Libro Blanco del Agua. Madrid, España.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 1998b. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Madrid, España.
- Montoro, A., López, H., López, P., 2002. An advisory service for irrigation in the plains of La Mancha, Spain. Workshop: Irrigation advisory services and participatory extension in irrigation management. FAO-ICID. Montreal, Canada.

- MOPU-DGOH-CEH (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo-Dirección General de Obras Hidráulicas-Centro de Estudios Hidrográficos), 1980. El agua en España. Madrid, España.
- Moss, R., Catt, D.C., Bayfield, N.G., French, D.D., 1996. The application of decision theory to the sustainable management of an upland Scottish estate. *J. Appl. Stat.*, 23, 221- 229.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, 1998. Environmental Indicators: toward sustainable development. OECD, 129 pp. Paris, France.
- Orsini, M., 2004. El verdadero valor del agua. *Dominical*, 82, 22-30.
- Ortega, J.F., De Juan, J.A., Tarjuelo, J.M., 2004. Evaluation of the water cost effect on water resource management: Application to typical crops in a semiarid region. *Agr. Water Manage.* 66, 125-144.
- Pearl, J., 1986. A constraint-propagation approach to probabilistic reasoning. *Uncertainty in Artificial Intelligence*. Amsterdam, Holland.
- Petts, J., 1997. The public-expert interface in local waste management decisions: expertise, credibility and process. *Public Underst. Sci.*, 6, 359-381.
- PHJ (Plan Hidrológico del Júcar), 1999. Orden 13 de agosto de 1999 por la que se dispone la publicación de las determinaciones del contenido normativo del Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio. *Boletín Oficial del Estado* número 25 (27 de agosto de 1999). Madrid, España.
- Pretty, J.N., 1994. Alternative systems of enquiry for sustainable agriculture. *IDS Bulletin*, 25, 37-48, IDS, University of Sussex, UK.
- Quinlan, J., 1987. *Applications of Expert Systems*. Volume 1. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.
- Quinlan, J., 1989. *Applications of Expert Systems*. Volume 2. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.
- Ramsar, 2000. Valores y funciones de los humedales. Convención Ramsar sobre los humedales. [On line] [http://www.ramsar.org/values\\_groundwater\\_s.htm](http://www.ramsar.org/values_groundwater_s.htm). Consulta 26 de marzo de 2004.
- Real Decreto 879/1986, de 11 de abril por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas. *Boletín Oficial del Estado*, 103 de 30-04-1986. Madrid, España.
- Red Hat, Inc. (Ed.), 2001. Red Hat Linux v7.1. Red Hat Linux x86 Installation guide. Ed. Red Hat, Inc. USA.
- Romero Villafranca, R., Zúñica Ramajo, L.R., 2002. Estadística. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Scoccimarro, M., Walker, A., Dietrich, C., Schreider, S., Jakeman, T., Ross, H., 1999. A framework for integrated catchment assessment in northern Thailand. *Environ. Modell. Softw.*, 14, 567-577.
- Shafer, G., 1976. *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press. Princeton, NJ, USA.



- Shortliffe, E.H., Buchanan, B.G., Feigenbaum, E.A., 1979. Knowledge engineering for medical decision making: A review of computer-based clinical decision aids. *Proceedings of the IEEE*, 67, 1207-1224.
- SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante), 2004. [En línea] Las Comunidades de regantes. Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. <http://crea.uclm.es/~siar/Documentos/HOJA3.pdf>. Consulta 6 de febrero de 2004.
- Simonovic, S.P., 1996. Decision support systems for sustainable management of water resources. General principles. *Water Int.*, 21, 223-232.
- Simonovic, S.P., Fahmy, H., 1999. A new modelling approach for water resources policy analysis. *Water Resour. Res.*, 35, 295-304.
- Sinclair, T.R., Tanner, C.B., Bennet, J.M., 1994. Water-use efficiency in crop production. *Bio-Science* 34, 36-40.
- Stassopoulou, A., Petrou, M., Kittler, J., 1998. Application of a Bayesian network in a GIS based decision making system. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 12, 23-45.
- Statistical Graphics Corporation, 1993. STATGRAPHICS Plus Versión 5.0. Statistical graphics system. User's guide. Ed. STSC, Inc.
- Stevens, L., 1984. Artificial Intelligence. The search for the Perfect Machine. Hayden Book Company, Hasbrouck Heights, N.J.
- Strosup, B., 1986. The C++ programming language. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.
- Suermondt, H.J., Cooper, G.F., 1990. Probabilistic inference in multiply connected belief networks using loop cutsets. *Int. J. Approx. Reason.*, 4, 283-306.
- Sun Microsystems (Ed.), 1998. Solaris 7 User's guide. Sun Microsystems, Inc. Palo Alto, CA, USA.
- Sun Microsystems (Ed.), 2000. Solaris 8 User's guide. Sun Microsystems, Inc. Palo Alto, CA, USA.
- Sunkel, O., Leal, J., 1985. Economía y medio ambiente en la perspectiva del desarrollo. *El Trimestre Económico*, 52 (1): 205.
- Szolovits, P., Pauker, S.G., 1978. Categorical and probabilistic reasoning in medicine. *Artif. Intell.*, 11, 115-144.
- Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J., Ortega, J.F., 1999. Analysis of uniformity of sprinkle irrigation in a semi-arid area. *Agr. Water Manage.*, 40, 315-331.
- UK Round Table on sustainable development, 1997. Getting the best out of indicators. UK Round Table, 32 pp. London, UK.
- Varis, O., 1995. Belief networks for modelling and assessment of environmental change. *Environmetrics*, 6, 439-444.
- Varis, O., Kuikka, S., 1997. BeNe-EIA: A bayesian approach to expert judgement elicitation with case studies on climatic change impact on surface waters. *Climatic Change*, 37, 539-563.



- Walley, W.J., Boyd, M., Hawkes, H.A., 1992. An Expert System for the Biological Monitoring of River Pollution. In: P. Zanneti (Editor), Computer Techniques in Environmental Studies. Elsevier/CMP, 721-736.
- Ward, F.A., Lynch, T.P., 1996. Integrated river basin optimization: Modeling economic and hydrologic interdependence. Water Resour. Bull., 32, 1127-1138.
- Weiss, S.M., Kulikowski, C.A., 1984. A practical guide to designing expert systems. Rowman and Allanheld. Totowa, NJ, USA.
- Wellman, M.P., 1990a. Fundamental concepts of qualitative probabilistic networks. Artif. Intell., 44, 257-303.
- Wellman, M.P., 1990b. Graphical inference in qualitative probabilistic networks. Networks. 20, 687-701.
- World Bank, 1993. Water Resources Management: a World Bank Policy Paper. Washington, DC, USA.
- World Bank/U.N.D.P., 1990. A Proposal for an Internationally Supported Programme to Enhance Research in Irrigation and Drainage Technology in Developing Countries, vol.II. Washington, DC, USA.
- WRI (World Resources Institute), 1998. World Resources, a Guide to the Global Environment. Oxford University Press. New York, NY, USA.
- WRI (World Resources Institute), 2004. [En línea] <http://earthtrends.wri.org/datatables/index.cfm?theme=2&CFID=20838&CFTOKEN=42586356> . Consulta 25 de marzo de 2004.
- Zadeh, L.A., 1983. The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems. Fuzzy Set Syst., 11, 199-227.
- Zimmerman, E.W., 1967. Introducción a los recursos mundiales. H.L. Hunker (Edit). Oikos-tau-Barcelona, España.



## **AGRADECIMIENTOS**



## **7. AGRADECIMIENTOS.**

La fortuna quiso que una vez terminados mis estudios de Ingeniero Agrónomo comenzara a trabajar en la ETSIA de Albacete. Nunca antes me había planteado la posibilidad de realizar el doctorado y no sentía una especial predilección por la investigación. Sin embargo, gracias a la dedicación de muchas personas, a su acertada orientación y a su preocupación desinteresada en conseguir para mí la mejor formación posible, lograron que despertara en mí el interés por un campo que desconocía y que ha resultado ser fascinante. Me gustaría dedicar unas palabras a cada uno de ellos.

A Francisco Martín de Santa Olalla, mi director de Tesis y mi “jefe” durante estos años. No cabe ninguna duda de que sin su esfuerzo este trabajo no podría haberlo finalizado. En el tiempo que he trabajado con él he aprendido muchas cosas, siendo las más importantes aquellas que no aparecen en los libros y que sólo personas como él están dispuestas a enseñar. Algunas veces me ha presentado como uno de sus hijos académicos, creo que exagera bastante. Espero algún día ser digno merecedor de ese título. Muchas gracias Paco.

A Fernando Ortega, por su doble labor. Por un lado, como codirector de esta Tesis que le ha obligado a dedicarle el tiempo que no tiene con una entrega admirable, aportando siempre sugerencias y consejos que han mejorado sustancialmente el contenido y la presentación de este trabajo. Por otro, como miembro del equipo de investigación del Proyecto MERIT, ya que su participación ha sido fundamental en la relación que presentan las variables en el modelo así como en la manera de mostrar los resultados. No quiero dejar de agradecerle su amistad y los buenos momentos que hemos vivido durante estos años.

A Alfonso Artigao y José Mansilla, saben que mi agradecimiento va mucho más allá de los aspectos académicos. Desde que les conozco ambos me han orientado y aconsejado en mis primeros pasos como profesional. Además, la participación de Alfonso en el desarrollo del Proyecto MERIT ha supuesto, sin lugar a dudas, la mejor herramienta de validación del modelo por su tesón y capacidad de análisis crítico.

A Concha Fabeiro y Antonio Brasa, amigos, profesores y compañeros, por su dedicación y esfuerzo como miembros del equipo de investigación del Proyecto MERIT. Su presencia ha favorecido el debate ampliando el punto vista de las opciones que iban apareciendo.

A Paco Cabañero, Maribel Campillo y Águeda Moratalla, mis sucesivos compañeros en el despacho. Por brindarme su amistad, aguantarme todos los días y conseguir que el trabajo diario siempre fuera agradable. A los tres muchas gracias.

A continuación quisiera agradecer el esfuerzo y la dedicación de tres instituciones que han sido claves en la realización de esta Tesis, aportando información y contribuyendo a mejorar el modelo durante la fase de validación del mismo.

Al Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Confederación Hidrográfica del Júcar, especialmente a Teodoro Estrela y Javier Ferrer, por el gran interés mostrado durante la realización del modelo.

A la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO), en particular a Agustín González, Pedro Olivas, Francisco Gutiérrez, Antonio Martínez, Herminio Molina, Pedro Gómez, y Margarita Gómez. Por el apoyo ofrecido en todo momento.

A la Diputación Provincial de Albacete a través del Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP), en especial a Prudencio López, Horacio López, Amelia Montoro y Ramón López, por el esfuerzo dedicado y por la amistad que me une a todos ellos.

A la Unión Europea a través de la *European Commission* dentro de *The Fifth Framework Programme*, que ha sido la entidad financiadora del Proyecto “*Management of the Environment and Resources using Integrated Techniques*” (MERIT) (Ref. EVK1-CT-2000-00085), dentro del cual se ha realizado esta Tesis.

A todos los buenos amigos que hemos hecho a lo largo del Proyecto MERIT: Centre for Ecology and Hydrology (CEH), Wallingford (Reino Unido), John Bromley (Coordinador del Proyecto MERIT), Mike Acreman, Nick Jackson, Anna Marie Giacomello, Jeremy Cain y Tim Fediw; The Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Copenhagen (Dinamarca), Hans Jørgen, Per Rasmussen, Gyrite Brandt y Dorthe Bulow; Dipartimento di Elettronica e Informazione (DEI), Politécnico de Milán (Italia), Rodolfo Soncini, Andrea Castelletti y Enrico Weber, como autores de las otras tres redes bayesianas y por sus comentarios, siempre constructivos, a lo largo de las reuniones que se han mantenido periódicamente a lo largo del Proyecto; Universidad de Aalborg (Dinamarca), Finn Jensen, José Peña y Addin Osman Mohamed, por explicarnos a todos que es una red bayesiana y como hacer que funcione; Centre for Environmental Research and Training, Universidad de Birmingham (Reino Unido), Judith Petts, John Gerrard, Olivia Clymer y Jacqueline Homan, por integrar la participación de los usuarios en el Proyecto; Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI) (Italia), Paolo Stigliano y Stefano Maran, por acercar la visión empresarial a la gestión de los recursos hídricos.

A los usuarios Unión de Pequeños Agricultores (UPA), Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores (ASAJA), Unión de Usuarios del Júcar (USUJ), C.R. Príncipe de España, Iberdrola y Aquagest.

A los expertos Elena López y Nuria Hernández (Fundación Marcelino Botín), Pedro Sáiz (SEIASA de la Meseta Sur), José Antonio Fernández (Instituto Geológico y Minero de España) y Miguel Chillarón (Dirección General de Desarrollo Rural).

A la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), en particular a la ETSI Agrónomos de Albacete, por poner a nuestra disposición los medios humanos y materiales sin los cuales hubiera sido imposible realizar este trabajo; Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), especialmente a José María Tarjuelo, por el esfuerzo dedicado a este trabajo siempre que hemos solicitado su ayuda; Instituto de Desarrollo Regional (IDR), principalmente a Alfonso Calera, Andrés Cuesta, Javier Sánchez, Antonio Moreno y Fernando de la Cruz, por ofrecernos su apoyo y toda la información que les hemos solicitado; ETSI Informática de Albacete, en particular a José Antonio Gámez, por su inestimable ayuda resolviendo todo tipo de dudas durante la construcción de la red bayesiana y su funcionamiento.

He dejado para el final a otras personas que han sido claves por otros motivos en este trabajo: por un lado mis padres, ellos me han enseñado a luchar por las metas más altas, que la satisfacción personal prevalece sobre otros aspectos de la vida y que la capacidad de una persona para ayudar a los demás aumenta con los conocimientos adquiridos; por otro lado mi novia Carmen, la persona con más fuerza de voluntad que he conocido nunca. Su ejemplo diario, su apoyo y su cariño hacen que ninguna empresa resulte imposible.

A todas aquellas personas que de alguna manera han participado en este trabajo y que no aparecen en estas líneas, muchas gracias.

## **ANEXOS**





**ANEXO I**  
**TRÍPTICO Y CUESTIONARIO PARA USUARIOS Y EXPERTOS**



## ANEXO I. TRÍPTICO Y CUESTIONARIO PARA USUARIOS Y EXPERTOS.

Junto con el “Cuestionario para usuarios y expertos”, enviado a los principales usuarios y expertos de la UHMO, se incluía un tríptico cuya finalidad era la de explicar a estas personas los distintos objetivos del Proyecto y la importancia de su participación en el mismo.

La figura A.1 muestra las dos caras de que constaba el mencionado tríptico.



Fig. A.1. Tríptico presentación del Proyecto MERIT.

# PROYECTO MERIT

*(Management of the Environment and  
Resources using Integrated Techniques)*  
EVK1-CT-2000-00085



**Proyecto financiado  
por la Unión Europea**



**Universidad de  
Castilla-La Mancha  
España**



**Centre for  
Ecology & Hydrology  
Wallingford Reino Unido**

## INDICE

	<i>Página</i>
1. Caracterización del usuario	187
1.1. Aspectos generales	187
1.2. Identificación del usuario	188
1.3. Capacidad del usuario para gestionar los recursos que utiliza	188
1.4. Otras cuestiones que desee destacar	188
2. Valoración del uso de los recursos	188
2.1. Utilización actual de los recursos	188
2.1.1. Uso agrario	188
2.1.2. Uso urbano	189
2.1.3. Uso industrial	189
2.1.4. Uso medioambiental	189
2.2. Calidad del agua	189
2.2.1. Aguas naturales	189
2.2.2. Aguas residuales	190
2.3. Previsión de utilización de los recursos en los horizontes del año 2011 y 2021	190
2.3.1. Uso agrario	190
2.3.2. Uso urbano	190
2.3.3. Uso industrial	190
2.3.4. Uso medioambiental	191
2.3.5. Variaciones previstas en la calidad de las aguas naturales	191
2.3.6. Variaciones previstas en la calidad de las aguas residuales	191
2.3.7. Variaciones previstas en la calidad de las aguas de uso medioambiental	191
2.4. Grado de satisfacción actual del uso del recurso	191
2.5. Otras cuestiones que desee destacar	191
3. Grado de implicación de los usuarios	191
3.1. Participación actual	191
3.2. Disposición a participar	192
3.3. Capacidad para participar	192
3.4. Otras cuestiones que desee destacar	192
4. Problemática técnica y económica	192

4.1. Estimación de la eficiencia del uso del agua en las actividades que ustedes conozcan	192
4.2. ¿Qué actividades conoce que puedan estar contaminando el Sistema 08.29 Mancha Oriental? Indique el agente contaminante	192
4.3. Coste del agua	193
4.4. ¿Es adecuada la disponibilidad de infraestructuras para satisfacer las demandas existentes?	193
4.5. ¿Es correcta la disponibilidad financiera actual para solucionar los principales problemas del uso del agua en la zona?	193
4.6. Otras cuestiones que desee destacar	193
5. Problemática legal, social, económica y medioambiental	193
5.1. Aspectos legales	193
5.2. Aspectos sociales y económicos	194
5.2.1. Cuestiones generales	194
5.2.2. Implicaciones sociales que tiene la utilización del agua	194
5.3. Aspectos medioambientales	194
5.4. Otras cuestiones que desee destacar	195
6. Análisis de posibles soluciones a problemas de:	195
6.1. Cantidad de agua disponible	195
6.2. Calidad del agua	195
6.3. Eficiencia en el uso del agua	195
6.4. Medioambientales	196
6.5. Gestión del recurso	196
6.6. Organización, formación y participación de los usuarios en la toma de decisiones	196
6.7. Marco legal	196
6.8. Problemas sociales y económicos	196
6.9. Existencia, creación y mantenimiento de las infraestructuras	197
6.10. Otros problemas que desee destacar	197
6.11. ¿Sería usted capaz de ponerle precio a cada una de las soluciones que ha propuesto? ¿Cree que ese precio sería aceptado por la generalidad de los usuarios?	197
7. Otros aspectos que desee destacar	197

## “CUESTIONARIO PARA USUARIOS Y EXPERTOS”

### 1. Caracterización del usuario.

#### 1.1. Aspectos generales.

- ¿Toma decisiones?
- ¿Asume decisiones?
- ¿Confía usted en la transparencia en el proceso de toma de decisiones?
- ¿Cree que la transparencia es un elemento esencial?
- ¿Es usted un experto?
- ¿Qué grupos cree usted que están afectados por la gestión y no son tenidos en cuenta?
- ¿Confía usted en el diálogo para la solución de conflictos?
- ¿Qué nivel de participación considera usted más adecuado para su caso?

Tipología	Características de cada tipo
1. Participación pasiva	Cuando sus opiniones no son tomadas en cuenta pero tiene que acatar las decisiones tomadas por otros.
2. Participa dando información	Cuando responde a preguntas que le son formuladas pero sin más capacidad para influir sobre las decisiones a adoptar.
3. Participa siendo consultado	Cuando se le busca personalmente para que de su opinión aunque ésta no tiene necesariamente por que tenerse en cuenta a la hora de tomar decisiones.
4. Participa a cambio de incentivos materiales	Cuando recibe algo a cambio. Normalmente cuando deja de recibir los incentivos abandona su participación en el proyecto.
5. Participación funcional	Cuando grupos de personas se reúnen para discutir las decisiones en común. Suelen estar relacionados con otras instituciones aunque pueden ser independientes.
6. Participación interactiva	Cuando tiene plena capacidad de participación en alguna de las decisiones a adoptar. Realiza análisis, estudios, informes...
7. Movilización independiente	Cuando toma iniciativas independientes al margen de instituciones externas.

Pretty, J.N., 1994. Alternative systems of enquiry for sustainable agriculture. IDS Bulletin, 25, IDS, University of Sussex, UK, 37-48.

### 1.2. Identificación del usuario.

- Nombre o Razón Social.
- Individual o colectivo (Nº de socios).
- Dirección de la sede social.
- Utilización que hace del sistema: (Usuario agrario; industrial; urbano; ambiental; otros usos (especificar)).
- Nivel de disciplina de los usuarios.

### 1.3. Capacidad del usuario para gestionar los recursos que utiliza.

- Conocimiento del Sistema 08.29 Mancha Oriental. ¿Ha realizado algún estudio científico-técnico? En caso afirmativo le agradeceríamos que nos indicara quién lo ha financiado y cuales han sido sus conclusiones.
- Capacidad de asumir nuevas tecnologías.
- Limitaciones del actual sistema de gestión.
- ¿Qué aspectos conoce mejor de la problemática económica, social y medioambiental de la zona?

### 1.4. Otras cuestiones que desee destacar.

## **2. Valoración del uso de los recursos.**

En la medida en que usted aporte datos, consideramos imprescindible para el buen funcionamiento del Proyecto que indique donde los ha obtenido.

### 2.1. Utilización actual de los recursos.

#### 2.1.1. Uso agrario.

- Superficie regada.
- Con aguas subterráneas.
- Con aguas superficiales.
- Distribución de cultivos.
- Volúmenes medios empleados por hectárea y año según cultivo.



- Volúmenes anuales extraídos del Sistema 08.29 Mancha Oriental.
- De aguas subterráneas.
- De aguas superficiales.
- Número de agricultores asociados.

#### 2.1.2. Uso urbano.

- Número de habitantes abastecidos.
- Volúmenes anuales extraídos del Sistema 08.29 Mancha Oriental.
- De aguas subterráneas.
- De aguas superficiales.
- Pérdidas en la red de abastecimiento.
- Volumen anual evacuado por la red de saneamiento.
- Porcentaje de depuración de las aguas residuales.

#### 2.1.3. Uso industrial.

- Número de industrias abastecidas.
- Número de trabajadores.
- Volumen anual utilizado.
- Porcentaje de depuración de las aguas residuales.

#### 2.1.4. Uso medioambiental.

- Estimación de caudales ecológicos necesarios.
- Distribución de las necesidades.

### 2.2. Calidad del agua.

#### 2.2.1. Aguas naturales.

- Grado de salinización (conductividad eléctrica).
- Presencia de iones fitotóxicos (Na, Cl, B, F).
- Dureza de las aguas.
- Niveles de nitratos y nitritos.
- Niveles de contaminación por pesticidas.

- Niveles de contaminación por metales pesados (Cr, Al, Hg, Fe...)
- Otras contaminaciones.
- Microbiología del agua.

#### 2.2.2. Aguas residuales.

- Analítica física, química y biológica de las aguas residuales antes y después de su depuración.

### 2.3. Previsión de utilización futura de los recursos en los horizontes del año 2011 y 2021.

#### 2.3.1. Uso agrario.

- Superficie regada.
- Con aguas subterráneas.
- Con aguas superficiales.
- Distribución de cultivos.
- Volúmenes medios empleados por hectárea según cultivo.
- Volúmenes anuales extraídos del Sistema 08.29 Mancha Oriental.
- De aguas subterráneas.
- De aguas superficiales.
- Número de agricultores asociados.

#### 2.3.2. Uso urbano.

- Número de habitantes abastecidos.
- Volúmenes anuales extraídos del Sistema 08.29 Mancha Oriental.
- De aguas subterráneas.
- De aguas superficiales.
- Pérdidas en la red de abastecimiento.
- Volumen anual evacuado por la red de saneamiento.
- Porcentaje de depuración de las aguas residuales.

#### 2.3.3. Uso industrial.

- Número de industrias abastecidas.

- Número de trabajadores.
- Volumen anual utilizado.
- Porcentaje de depuración de las aguas residuales.

#### 2.3.4. Uso medioambiental.

- Estimación de caudales ecológicos necesarios.
- Distribución de las necesidades.

#### 2.3.5. Variaciones previstas en la calidad de las aguas naturales.

#### 2.3.6. Variaciones previstas en la calidad de las aguas residuales.

#### 2.3.7. Variaciones previstas en la calidad de las aguas de uso medioambiental.

#### 2.4. Grado de satisfacción actual del uso del recurso.

- Relativo a la cantidad del recurso.
- Relativo a la calidad del recurso.
- Relativo a la gestión del recurso.
- Relativo al precio del recurso.
- Relativo a la legislación.
- Relativo a la distribución del uso.
- Relativo a la eficiencia del uso.

#### 2.5. Otras cuestiones que desee destacar.

### **3. Grado de implicación de los usuarios (hasta donde llegan, hasta donde pueden llegar y hasta donde les gustaría llegar).**

#### 3.1. Participación actual.

- ¿Cuál es el nivel de representatividad de su organización?

- ¿Qué decisiones toman otros que afectan a su organización?
- ¿Se siente su organización debidamente representada en la toma de decisiones?
- ¿Qué decisiones toma su organización por ella misma que afectan a la gestión del agua del Sistema 08.29 Mancha Oriental?
- ¿Qué proceso se sigue a la hora de tomar decisiones?
- ¿Con qué herramientas cuenta?
- ¿Tiene la impresión de que en las decisiones que toman los otros cuentan de alguna forma con ustedes? ¿De que forma? Si no es así ¿cuál cree que es la causa?

### 3.2. Disposición a participar.

- ¿Cuáles podrían ser sus aportaciones más importantes en el proceso de toma de decisiones de la gestión de agua del Sistema 08.29 Mancha Oriental?

### 3.3. Capacidad para participar.

- Si no toman decisiones ¿se consideran preparados para tomarlas?, ¿se consideran preparados para ayudar a otros en la toma de decisiones?
- ¿Qué tipo de conocimientos o herramientas poseen ustedes que cree que otros grupos no tienen y que consideran interesantes en la toma de decisiones?
- ¿Qué tipo de conflictos se podrían evitar si se contara con ustedes en la toma de decisiones?

### 3.4. Otras cuestiones que desee destacar.

## 4. Problemática técnica y económica.

En el uso de los recursos hídricos existen diferentes limitaciones técnicas que pueden hacer que no se alcance una eficiencia adecuada. Igualmente, aspectos sociales o económicos unidos al manejo y gestión del agua deben ser analizados.

En este capítulo se incluyen una serie de cuestiones que pueden ser contestadas en función de la información disponible, tanto atendiendo a aspectos generales que afectan al funcionamiento

del Sistema 08.29 Mancha Oriental, como concretos respecto a la actividad que ustedes desarrollan directamente.

4.1. Estimación de la eficiencia de uso del agua en las actividades que ustedes conozcan.

4.2. ¿Qué actividades conoce que puedan estar contaminando el Sistema 08.29 Mancha Oriental? Indique el agente contaminante.

4.3. Coste del agua.

- Precio al que estima que resulta cada m<sup>3</sup> de agua empleado en las actividades que usted conozca.

- Componente principal del coste del agua tales como: extracción, distribución, tratamiento del agua, mantenimiento de infraestructuras, otros (especificar).

- ¿Considera que el coste actual del agua para su actividad es asumible?

4.4. ¿Es adecuada la disponibilidad de infraestructuras para satisfacer las demandas existentes?

4.5. ¿Es correcta la disponibilidad financiera actual para solucionar los principales problemas de uso del agua en la zona?

- Identifique las principales necesidades de inversión en la zona.

4.6. Otras cuestiones que desee destacar.

## **5. Problemática legal, social, económica y medioambiental.**

Este apartado está especialmente dirigido a usuarios, directos o indirectos. Puede contestarse refiriéndose a un usuario concreto, o a un grupo de usuarios debidamente organizado.

5.1. Aspectos legales.

- ¿Qué conocimientos tiene usted o su grupo del marco legal que regula los aprovechamientos del agua?

- ¿Cuáles de estos aspectos legales en su opinión condicionan más el uso del agua para usted o su grupo?

- ¿Acepta usted o su grupo el marco legal existente?

- ¿Qué modificaciones sería necesario introducir en el mismo para una mejor aceptación?

- El control del cumplimiento legal ¿quién lo debería hacer? ¿Qué herramientas de las que usted conoce son más útiles para realizar un control efectivo?

- En su opinión ¿quién es el organismo sancionador adecuado? ¿qué características deben tener las sanciones impuestas?

## 5.2. Aspectos sociales y económicos.

### 5.2.1. Cuestiones generales.

- Edad individual (si procede):

- Edad del colectivo (< 30 años; 30-55 años; > 55 años; indique aproximadamente el porcentaje de cada grupo).

- Características socio-económicas de los usuarios.

- Usos agrarios.

- Distribución de agricultores a tiempo completo y a tiempo parcial.

- En caso de uso no agrario indique las principales características relacionadas con el uso del agua.

### 5.2.2. Implicaciones sociales que tiene la utilización del agua.

- ¿Puede estimar en su campo de actividad aproximadamente el número de usuarios directos o en su caso indirectos del agua?

- ¿Considera que el uso del agua dentro de su actividad genera empleo y dinamismo en la zona? Si no es así, indíquenos las causas.

- Caso de que usted o su grupo sea usuario directo del agua: ¿qué precio máximo por m<sup>3</sup> de agua, sería posible asumir por el grupo en el que usted participa con la estructura productiva actual?

## 5.3. Aspectos medioambientales.

- ¿Qué grado de sensibilización medioambiental existe en el grupo de usuarios en el que usted participa?

- Describa brevemente el área geográfica donde usted o su grupo desarrollan su actividad.

- ¿Conoce la evolución de los niveles piezométricos del acuífero en los últimos 20 años?

- ¿Quién regula los caudales y volúmenes de agua superficial y subterránea a utilizar?
- ¿Conoce los criterios de regulación de las aguas subterráneas y superficiales? En caso afirmativo, indíquenos las causas de la aceptación o disconformidad con estos criterios.
- ¿Considera que el río Júcar circula siempre con al menos el caudal ecológico?. ¿En qué datos fundamenta su contestación?.
- ¿Existen problemas de contaminación en su zona debido a causas externas a su actividad? Indique cuales.

5.4. Otras cuestiones que desee destacar.

## **6. Análisis de posibles soluciones a problemas de:**

### **6.1. Cantidad de agua disponible.**

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.
- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.
- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

### **6.2. Calidad del agua.**

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.
- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.
- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

### **6.3. Eficiencia en el uso del agua.**

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.
- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

#### 6.4. Medioambientales.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.

- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

#### 6.5. Gestión del recurso.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.

- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

#### 6.6. Organización, formación y participación de los usuarios en la toma de decisiones.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.

- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

#### 6.7. Marco legal.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.

- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

#### 6.8. Problemas sociales y económicos.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.



- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

6.9. Existencia, creación y mantenimiento de las infraestructuras.

- Priorizar por orden de importancia las posibles soluciones a cada problema.

- Indicar las limitaciones para alcanzar cada una de las posibles soluciones.

- Indicar, en consecuencia, las necesidades de Investigación y/o Desarrollo.

6.10. Otros problemas que desee destacar.

6.11. ¿Sería usted capaz de ponerle precio a cada una de las soluciones que ha propuesto?  
¿Cree que ese precio sería aceptado por la generalidad de los usuarios?

**7. Otros aspectos que desee destacar.**

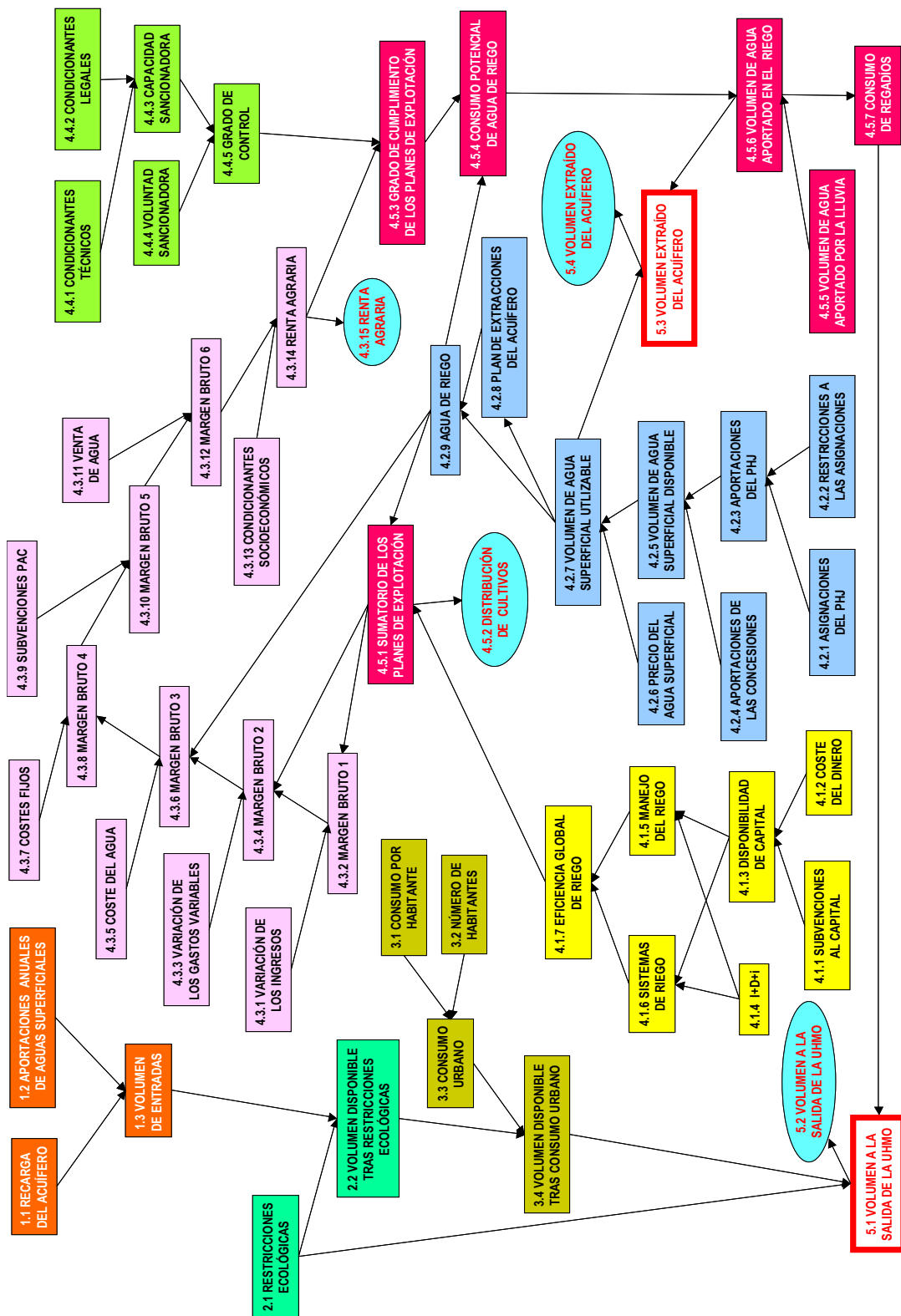


**ANEXO II**  
**RED BAYESIANA PARA LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA MANCHA**  
**ORIENTAL**



## ANEXO II. RED BAYESIANA PARA LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA MANCHA ORIENTAL.

En este Anexo aparece el conjunto de variables que forman la red bayesiana y la relación de dependencia existente entre las mismas.





**ANEXO III**  
**CUADROS DE PROBABILIDADES DE LAS VARIABLES**





### **ANEXO III. CUADROS DE PROBABILIDADES DE LAS VARIABLES.**

En este Anexo aparecen los estados y probabilidades de todas las variables del modelo. Cada uno de los cuadros de probabilidades está precedido por un código de letras que indican de que variable se trata y de un código alfanumérico asignado por el propio programa. La tabla A.1 relaciona estos códigos con el nombre completo de la variable.

Tabla A.1. Relación de las variables del modelo.

<b>Variable</b>	<b>Código</b>	<b>Número</b>
<b>Grupo 1. Volumen de entradas.</b>		
1.1. Recarga.	REC	C101
1.2. Aportaciones anuales de aguas superficiales.	ASUP	C102
1.3. Volumen de entradas.	VENT	C103
<b>Grupo 2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas.</b>		
2.1. Restricciones ecológicas.	RECO	C201
2.2. Volumen disponible tras restricciones ecológicas.	VTRECO	C202
<b>Grupo 3. Volumen disponible tras consumo urbano.</b>		
3.1. Consumo por habitante.	CHAB	C301
3.2. Número de habitantes.	HAB	C302
3.3. Consumo urbano.	CURB	C303
3.4. Volumen disponible tras consumo urbano.	VTCURB	C304
<b>Grupo 4. Consumo agrícola.</b>		
Subgrupo 4.1. Eficiencia global de riego.		
4.1.1. Subvenciones al capital.	SUBV	C401
4.1.2. Coste del dinero.	CDIN	C402
4.1.3. Disponibilidad de capital.	DISP	C403
4.1.4. Investigación + Desarrollo + Innovación.	I+D+I	C404
4.1.5. Manejo del riego.	MANEJO	C405
4.1.6. Sistemas de riego.	SISTM	C406
4.1.7. Eficiencia global de riego.	EFIC	C407
Subgrupo 4.2. Disponibilidad máxima de agua de riego.		
4.2.1. Asignaciones del Plan Hidrológico del Júcar.	ASPHJ	C501
4.2.2. Restricciones a las asignaciones.	RASPHJ	C502
4.2.3. Aportaciones del Plan Hidrológico del Júcar.	APPHJ	C503
4.2.4. Aportaciones de las Concesiones.	APCON	C504
4.2.5. Volumen total de aguas superficiales.	VTOT	C505
4.2.6. Precio del agua superficial.	PRSUP	C506

4.2.7. Volumen utilizable de aguas superficiales.	AGSUP	C507
4.2.8. Plan de extracciones del Acuífero.	PLAN	C508
4.2.9. Disponibilidad máxima de agua de riego.	AGRIE	C509
Subgrupo 4.3. Renta agraria.		
4.3.1. Ingresos.	VING	C601
4.3.2. Margen Bruto 1.	MB1	C602
4.3.3. Gastos variables.	VGAS	C603
4.3.4. Margen Bruto 2.	MB2	C604
4.3.5. Coste del agua.	COAG	C605
4.3.6. Margen Bruto 3.	MB3	C606
4.3.7. Costes fijos.	CFIJ	C607
4.3.8. Margen Bruto 4.	MB4	C608
4.3.9. Ayudas de la Política Agraria Comunitaria.	PAC	C609
4.3.10. Margen Bruto 5.	MB5	C610
4.3.11. Venta de agua.	VA	C611
4.3.12. Margen Bruto 6.	MB6	C612
4.3.13. Condicionantes socioeconómicos.	CS	C613
4.3.14. Renta agraria.	RA	C614
4.3.15. Renta agraria (bis).	RENTA	C1004
Subgrupo 4.4. Grado de control de los planes de explotación.		
4.4.1. Condicionantes técnicos.	CTEC	C701
4.4.2. Condicionantes legales.	CLEG	C702
4.4.3. Capacidad sancionadora.	CSAN	C703
4.4.4. Voluntad sancionadora.	VSAN	C704
4.4.5. Grado de control de los planes de explotación.	GCON	C705
Subgrupo 4.5. Consumo de regadíos.		
4.5.1. Sumatorio de los planes de explotación.	SPEI	C801
4.5.2. Distribución de cultivos.	CULTIVOS	C1003
4.5.3. Grado de cumplimiento de los planes de explotación.	CUMP	C802
4.5.4. Consumo potencial de agua de riego.	CPAG	C803
4.5.5. Volumen de agua aportado por la lluvia.	LLUV	C804
4.5.6. Volumen de agua aportado en el riego.	RIEG	C805
4.5.7. Consumo de regadíos.	REGA	C806
<b>Grupo 5. Variables resultado.</b>		
5.1. Volumen a la salida de la Unidad.	SALIDA	C901
5.2. Volumen a la salida de la Unidad (bis).	SALIDA2	C1001
5.3. Volumen extraído del Acuífero.	ACUIF	C902
5.4. Volumen extraído del Acuífero (bis).	ACUIF2	C1002

## REC(C101)

290 - 320	0.205
320 - 350	0.59
350 - 380	0.205

## ASUP(C102)

300 - 400	0.075
400 - 500	0.025
500 - 600	0.1
600 - 700	0.15
700 - 800	0.1
800 - 900	0.15
900 - 1000	0.15
1000 - 1100	0.075
1100 - 1200	0.05
1200 - 1300	0.05
1300 - 1400	0.025
1400 - 1500	0.05

## VENT(C103)

C101	290 - 320									
C102	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300
500 - 600	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168	0.016
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672	0.9168
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0672
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C101	290 - 320		320 - 350							
C102	1300 - 1400	1400 - 1500	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.6512
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488
1500 - 1600	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.9168	0.016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0672	0.9168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0672	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C101	320 - 350				350 - 380					
C102	1100 - 12	1200 - 13	1300 - 14	1400 - 15	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.3488	0.6512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.3488	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C101	350 - 380					
C102	900 - 100	1000 - 11	1100 - 12	1200 - 13	1300 - 14	1400 - 15
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.3488	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.6512	0.3488	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.6512	0.3488	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512	0.3488
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6512

## RECO(C201)

75.99 - 76	0.7
76 - 151	0.3

## VTRECO(C202)

C201	75.99 - 76									
C103	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1400	1400 - 1500
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.76
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C201	75.99 - 76				76 - 151					
C103	1500 - 1600	1600 - 1700	1700 - 1800	1800 - 1900	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.24	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C201	76 - 151							
C103	1100 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1400	1400 - 1500	1500 - 1600	1600 - 1700	1700 - 1800	1800 - 1900
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888	0.1728
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384	0.7888
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0384

#### CHAB(C301)

150 - 190	0.7
190 - 230	0.3

#### HAB(C302)

260 - 280	0.85
280 - 300	0.15

#### CURB(C303)

C301	150 - 190		190 - 230	
C302	260 - 280	280 - 300	260 - 280	280 - 300
2.7 - 3.5	0.6928	0.3856	0.0	0.0
3.5 - 4.3	0.3072	0.6144	0.7056	0.3296
4.3 - 5.1	0.0	0.0	0.2944	0.6704

#### VT CURB(C304)

C202	300 - 400			400 - 500			500 - 600			600 - 700
C303	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5
200 - 300	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 400	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C202	600 - 700		700 - 800			800 - 900			900 - 1000	
C303	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3
200 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C202	900 - 1000	1000 - 1100			1100 - 1200			1200 - 1300		
C303	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1
200 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C202	1300 - 1400			1400 - 1500			1500 - 1600			1600 - 1700
C303	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5	3.5 - 4.3	4.3 - 5.1	2.7 - 3.5
200 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0
1500 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04
1600 - 1700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96
1700 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C202	1600 - 1700		1700 - 1800			1800 - 1900		
C303	3,5 - 4,3	4,3 - 5,1	2,7 - 3,5	3,5 - 4,3	4,3 - 5,1	2,7 - 3,5	3,5 - 4,3	4,3 - 5,1
200 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
700 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
900 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1100 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1300 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1500 - 1600	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1700	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0
1700 - 1800	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96	0.04	0.04	0.04
1800 - 1900	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.96	0.96

#### SUBV(C401)

> 45%	0.05
35-45%	0.5
< 35%	0.45

#### CDIN(C402)

>EU +1	0.3
EU+0.5-EU+1	0.65
<EU+0.5	0.05

#### DISP(C403)

C402	>EU +1			EU+0.5-EU+1			<EU+0.5		
C401	> 45%	35-45%	< 35%	> 45%	35-45%	< 35%	> 45%	35-45%	< 35%
Alta	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0
Media	1.0	0.5	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	1.0
Baja	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0



## I+D+I(C404)

>30%	0.05
20-30%	0.6
<20%	0.35

## SISTM(C405)

C403	Alta			Media			Baja		
C404	>30%	20-30%	<20%	>30%	20-30%	<20%	>30%	20-30%	<20%
Mejor	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actual	0.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.0
Peor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0

## MANEJO(C406)

C403	Alta			Media			Baja		
C404	>30%	20-30%	<20%	>30%	20-30%	<20%	>30%	20-30%	<20%
Mejor	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actual	0.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.0
Peor	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0

## EFIC(C407)

C406	Mejor			Actual			Peor		
C405	Mejor	Actual	Peor	Mejor	Actual	Peor	Mejor	Actual	Peor
0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0
1	0.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.0
1.05	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## ASPHJ(C501)

0 - 20	0.05
20 - 40	0.15
40 - 60	0.3
60 - 80	0.4
80 - 100	0.08
100 - 117	0.02

## RASPHJ(C502)

0 - 40	0.05
40 - 80	0.15
80 - 100	0.8

## APPHJ(C503)

C502	0 - 40						40 - 80			
C501	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
0 - 20	1.0	1.0	0.9552	0.7184	0.56	0.4608	1.0	0.68	0.0576	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0448	0.2816	0.44	0.4624	0.0	0.32	0.8544	0.4368
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0768	0.0	0.0	0.088	0.5488
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0144
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 117	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C502	40 - 80		80 - 100					
C501	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117
0 - 20	0.0	0.0	1.0	0.1168	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.1168	0.0	0.0	0.8832	0.2336	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.5584	0.3856	0.0	0.0	0.7664	0.3456	0.0	0.0
60 - 80	0.3248	0.4624	0.0	0.0	0.0	0.6544	0.4576	0.0
80 - 100	0.0	0.152	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5424	0.816
100 - 117	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.384

## APCON(C504)

0 - 10	0.01
10 - 20	0.04
20 - 30	0.05
30 - 40	0.1
40 - 50	0.8

## VTOT(C505)

C504	0 - 10						10 - 20			
C503	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
0 - 20	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504	0.2496	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504	0.2496	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504	0.2496
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.856	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.144	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C504	10 - 20		20 - 30						30 - 40	
C503	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504	0.2496
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504
80 - 100	0.2496	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.7504	0.2928	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.7072	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.856	0.0	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.144	0.0	0.0

C504	30 - 40				40 - 50					
C503	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 117
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.2496	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.7504	0.2496	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.7504	0.2496	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.7504	0.2928	0.0	0.0	0.0	0.2496	0.7504	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	0.7072	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2496	1.0

## PRSUP(C506)

0.4	0.05
0.7	0.15
1	0.8

## AGSUP(C507)

C505	0 - 20			20 - 40			40 - 60			60 - 80
C506	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	0.4
0 - 20	1.0	1.0	1.0	1.0	0.44	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	1.0	0.52	0.84	0.0	1.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	1.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C505	60 - 80		80 - 100			100 - 120			120 - 140	
C506	0.7	1	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	0.4	0.7
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	1.0	0.0	0.0	0.28	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
60 - 80	0.0	1.0	0.0	0.72	0.0	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.28	0.0	0.0	1.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C505	120 - 140	140 - 167		
C506	1	0.4	0.7	1
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.36	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.64	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.12	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.88	0.0
120 - 140	1.0	0.0	0.0	0.0
140 - 167	0.0	0.0	0.0	1.0

#### PLAN(C508)

C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
280 - 300	0.08	0.08	0.09	0.1	0.13	0.22	0.34	0.55
300 - 320	0.09	0.09	0.1	0.12	0.19	0.27	0.36	0.33
320 - 340	0.11	0.1	0.11	0.17	0.24	0.28	0.22	0.12
340 - 360	0.12	0.12	0.16	0.2	0.24	0.17	0.08	0.0
360 - 380	0.14	0.17	0.2	0.22	0.15	0.06	0.0	0.0
380 - 400	0.2	0.22	0.21	0.13	0.05	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.26	0.22	0.13	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0

#### AGRIE(C509)

C508	280 - 300								300 - 320	
C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40
280 - 300	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0
320 - 340	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48
340 - 360	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.44	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.0	0.0

C508	300 - 320						320 - 340			
C507	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0
360 - 380	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0
380 - 400	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48
400 - 420	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C508	320 - 340				340 - 360					
C507	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0
420 - 440	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0
440 - 460	0.0	0.52	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	1.0

C508	340 - 360		360 - 380							
C507	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.52	1.0	1.0	1.0	1.0

C508	380 - 400								400 - 420	
C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0
420 - 440	0.0	0.52	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.48
440 - 460	0.0	0.0	0.52	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.52

C508	400 - 420					
C507	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



## VING(C601)

-5 - 0	0.05
0 - 5	0.7
5 - 10	0.25

## MB1(C602)

C801	240 - 260			260 - 280			280 - 300			300 - 320
C601	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0
140 - 160	0.9952	0.4304	0.0	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0048	0.5696	1.0	0.6304	1.0	0.7392	1.0	0.696	0.0256	0.736
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2608	0.0	0.304	0.9744	0.264
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C801	300 - 320		320 - 340			340 - 360			360 - 380	
C601	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.024	0.0	0.0544	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.976	0.8544	0.9456	0.872	0.1056	0.9312	0.1536	0.0	0.272	0.0
200 - 220	0.0	0.1456	0.0	0.128	0.8944	0.0688	0.8464	0.9248	0.728	0.9648
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0752	0.0	0.0352
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C801	360 - 380	380 - 400		400 - 420			420 - 440			
C601	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.2224	0.9984	0.3568	0.0	0.5872	0.0	0.0	0.0336	0.0	0.0
220 - 240	0.7776	0.0016	0.6432	0.9712	0.4128	1.0	0.3664	0.9664	0.5872	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0288	0.0	0.0	0.6336	0.0	0.4128	0.9952
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0048
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C801	440 - 460			460 - 480			480 - 500			500 - 520
C601	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	-5 - 0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.8304	0.032	0.0	0.2032	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.1696	0.968	0.5184	0.7968	0.7744	0.0144	0.9616	0.1456	0.0	0.4672
260 - 280	0.0	0.0	0.4816	0.0	0.2256	0.9856	0.0384	0.8544	0.6528	0.5328
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3472	0.0

C801	500 - 520	
C601	0 - 5	5 - 10
140 - 160	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0
260 - 280	0.896	0.064
280 - 300	0.104	0.936

VGAS(C603)

-5 - 0	0.05
0 - 5	0.7
5 - 10	0.25

COAG(C605)

0.05 - 0.07	0.25
0.07 - 0.1	0.6
0.1 - 0.12	0.15

CFIJ(C607)

28.35	0.05
31.5	0.85
34.65	0.1

MB4(C608)

C607	28.35									
C606	-60 - -40	-40 - -20	-20 - 0	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140
-100 - -80	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C607	28.35					31.5				
C606	140 - 160	160 - 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240	-60 - -40	-40 - -20	-20 - 0	0 - 20	20 - 40
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C607	31.5									
C606	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	160 - 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.56
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44

C607	34.65									
C606	-60 - -40	-40 - -20	-20 - 0	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140
-100 - -80	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C607	34.65				
C606	140 - 160	160 - 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.28	0.72	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.28	0.72	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.28	0.72	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.28	0.72
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28

PAC(C609)

16.8 - 18.9	0.45
18.9 - 21	0.5
21 - 23.1	0.05

MB5(C610)

C608	-100 - -80			-80 - -60			-60 - -40			-40 - -20
C609	16.8 - 18.9	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9
-100 - -80	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C608	-40 - -20		-20 - 0			0 - 20			20 - 40	
C609	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.9	18.9 - 21
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C608	20 - 40	40 - 60			60 - 80			80 - 100		
C609	21 - 23.1	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C608	100 - 120			120 - 140			140 - 160			160 - 180
C609	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.1	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18.1
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C608	160 - 180		180 - 200			200 - 220		
C609	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18	18.9 - 21	21 - 23.1	16.8 - 18	18.9 - 21	21 - 23.1
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896	0.1088	0.0128	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104	0.8912	0.976	0.896
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0112	0.104

VA(C611)

0.9	0.05
1	0.8
1.1	0.15

MB6(C612)

C610	-100 - -80			-80 - -60			-60 - -40			-40 - -20
C611	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9
-120 - -100	0.0	0.0	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.56	1.0	0.56	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.44	0.0	0.0	0.68	1.0	0.64	0.0	0.0	0.28	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.32	0.0	0.0	0.76	1.0	0.72	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.0	0.0	0.88
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C610	-40 - -20		-20 - 0			0 - 20			20 - 40	
C611	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	1.0	0.8	0.0	0.0	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.92	0.12	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	0.88	1.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C610	20 - 40	40 - 60		60 - 80			80 - 100			
C611	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.8	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.2	0.76	1.0	0.72	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.28	0.68	1.0	0.64	0.44	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36	0.56	1.0	0.56
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C610	100 - 120			120 - 140			140 - 160			160 - 180
C611	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.44	1.0	0.44	0.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.56	0.32	1.0	0.36	0.76	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.64	0.24	1.0	0.28	0.88
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.72	0.12
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C610	160 - 180		180 - 200			200 - 220			220 - 240	
C611	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	1.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.8	0.0	1.0	0.08	1.0	0.0	0.0	0.12	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.92	0.0	1.0	0.0	0.88	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.92	0.0	1.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C610	220 - 240	240 - 260		
C611	1.1	0.9	1	1.1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.24	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.76	0.0	0.0
240 - 260	0.8	0.0	1.0	0.0
260 - 280	0.2	0.0	0.0	0.72
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.28

CS(C613)

0.9	0.3
1	0.7

RA(C614)

C612	-120 - -100		-100 - -80		-80 - -60		-60 - -40		-40 - -20	
C613	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1
-120 - -100	0.44	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.56	0.0	0.56	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.44	0.0	0.68	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.32	0.0	0.76	1.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.0	0.88	1.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C612	-20 - 0		0 - 20		20 - 40		40 - 60		60 - 80	
C613	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	1.0	1.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.88	1.0	0.24	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.76	1.0	0.32	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.68	1.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C612	80 - 100		100 - 120		120 - 140		140 - 160		160 - 180	
C613	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.56	1.0	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.44	1.0	0.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.32	1.0	0.76	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	1.0	0.88	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	1.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C612	180 - 200		200 - 220		220 - 240		240 - 260		260 - 280	
C613	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	1.0	1.0	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	1.0	0.88	0.0	0.24	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.76	0.0	0.32	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.68	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C612	280 - 300	
C613	0.9	1
-120 - -100	0.0	0.0
-100 - -80	0.0	0.0
-80 - -60	0.0	0.0
-60 - -40	0.0	0.0
-40 - -20	0.0	0.0
-20 - 0	0.0	0.0
0 - 20	0.0	0.0
20 - 40	0.0	0.0
40 - 60	0.0	0.0
60 - 80	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0
240 - 260	0.44	0.0
260 - 280	0.56	0.0
280 - 300	0.0	1.0



RENTA(C1004)

C614	-120 - -10	-100 - -80	-80 - -60	-60 - -40	-40 - -20	-20 - 0	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
-1200 - 0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.04	0.0	0.0
200 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.08	0.0
400 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.92	0.16
600 - 800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.84
800 - 1000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000 - 2200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2200 - 2400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2400 - 2600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2600 - 2800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2800 - 3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	160 - 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240	240 - 260	260 - 280
-1200 - 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600 - 800	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
800 - 1000	0.8	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1000 - 1200	0.0	0.76	0.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200 - 1400	0.0	0.0	0.72	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1400 - 1600	0.0	0.0	0.0	0.64	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600 - 1800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0
1800 - 2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.48	0.0	0.0	0.0
2000 - 2200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.56	0.0	0.0
2200 - 2400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.6	0.0
2400 - 2600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.64
2600 - 2800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36
2800 - 3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	280 - 300
-1200 - 0	0.0
0 - 200	0.0
200 - 400	0.0
400 - 600	0.0
600 - 800	0.0
800 - 1000	0.0
1000 - 1200	0.0
1200 - 1400	0.0
1400 - 1600	0.0
1600 - 1800	0.0
1800 - 2000	0.0
2000 - 2200	0.0
2200 - 2400	0.0
2400 - 2600	0.0
2600 - 2800	0.68
2800 - 3000	0.32



## CTEC(C701)

80-100	0.6
40-80	0.3
0-40	0.1

## CLEG(C702)

80-100	0.5
40-80	0.3
0-40	0.2

## CSAN(C703)

C701	80-100			40-80			0-40		
C702	80-100	40-80	0-40	80-100	40-80	0-40	80-100	40-80	0-40
140-200	1.0	0.75	0.0	0.75	0.062	0.0	0.0	0.0	0.0
70-140	0.0	0.25	1.0	0.25	0.938	0.375	1.0	0.375	0.0
0-70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.625	0.0	0.625	1.0

## VSAN(C704)

80-100	0.5
40-80	0.4
0-40	0.1

## GCON(C705)

C703	140-200			70-140			0-70		
C704	80-100	40-80	0-40	80-100	40-80	0-40	80-100	40-80	0-40
Bajo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34	0.33	0.75	1.0
Medio	0.0	0.125	0.625	0.55	1.0	0.66	0.67	0.25	0.0
Alto	1.0	0.875	0.375	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## SPEI(C801)

C509	280 - 300			300 - 320			320 - 340			340 - 360
C407	0.9	1	1.05	0.9	1	1.05	0.9	1	1.05	0.9
240 - 260	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.56	0.0	0.0	0.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	1.0	0.28	0.44	0.0	0.0	0.68	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.72	0.0	1.0	0.24	0.32	0.0	0.0	0.76
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.76	0.0	1.0	0.2	0.24
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C509	340 - 360		360 - 380			380 - 400			400 - 420	
C407	1	1.05	0.9	1	1.05	0.9	1	1.05	0.9	1
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	1.0	0.16	0.12	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.84	0.0	1.0	0.08	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.92	0.0	1.0	0.04	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.96	0.0	1.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C509	400 - 420	420 - 440			440 - 460		
C407	1.05	0.9	1	1.05	0.9	1	1.05
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.88	0.0	0.0	0.24	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.76	0.0	0.0
420 - 440	0.96	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.04	0.0	0.0	0.92	0.0	1.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.08	0.0	0.0	0.84
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## CULTIVOS(C1003)

C801	240 - 260	260 - 280	280 - 300	300 - 320	320 - 340	340 - 360	360 - 380	380 - 400	400 - 420	420 - 440
Dist 1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 4	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Dist 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Dist 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Dist 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Dist 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C801	440 - 460	460 - 480	480 - 500	500 - 520
Dist 1	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 2	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 3	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 4	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 5	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 6	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 7	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 8	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 9	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 10	0.0	0.0	0.0	0.0
Dist 11	1.0	0.0	0.0	0.0
Dist 12	0.0	1.0	0.0	0.0
Dist 13	0.0	0.0	1.0	0.0
Dist 14	0.0	0.0	0.0	1.0

## CUMP(C802)

C614	-120 - -100			-100 - -80			-80 - -60			-60 - -40
C705	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo
0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
50	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
100	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0

C614	-60 - -40		-40 - -20			-20 - 0			0 - 20	
C705	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio
0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
50	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
100	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0

C614	0 - 20		20 - 40			40 - 60			60 - 80	
C705	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
50	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0
100	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	80 - 100			100 - 120			120 - 140			140 - 160
C705	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo
0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0
50	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	140 - 160		160 - 180			180 - 200			200 - 220	
C705	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio
0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
50	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	200 - 220		220 - 240			240 - 260			260 - 280	
C705	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0
50	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C614	280 - 300		
C705	Bajo	Medio	Alto
0	0.0	1.0	1.0
50	1.0	0.0	0.0
100	0.0	0.0	0.0

CPAG(C803)

C509	280 - 300			300 - 320			320 - 340			340 - 360
C802	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0
280 - 300	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.52	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 560	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C509	340 - 360		360 - 380			380 - 400			400 - 420	
C802	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.52	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.48
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
500 - 560	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C509	400 - 420	420 - 440			440 - 460		
C802	100	0	50	100	0	50	100
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.48	0.0
500 - 560	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.52	1.0

LLUV(C804)

0.98	0.317
1	0.334
1.08	0.349

RIEG(C805)

C803	280 - 300			300 - 320			320 - 340			340 - 360
C804	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08	0.98
260 - 280	0.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.72	1.0	0.0	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.8	0.68	1.0	0.0	0.32	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.76	0.68	1.0	0.0	0.36
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.0	0.0	0.68	0.64
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.32	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C803	340 - 360		360 - 380			380 - 400			400 - 420	
C804	1	1.08	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08	0.98	1
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	1.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.6	0.64	1.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.4	0.0	0.0	0.52	0.6	1.0	0.0	0.4	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0	0.44	0.6	1.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C803	400 - 420	420 - 440			440 - 460			460 - 480		
C804	1.08	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.36	0.56	1.0	0.0	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.64	0.0	0.0	0.28	0.56	1.0	0.0	0.48	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.72	0.0	0.0	0.24	0.52	1.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.76	0.0	0.0	0.16
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.84
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C803	480 - 500			500 - 560		
C804	0.98	1	1.08	0.98	1	1.08
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.52	1.0	0.0	0.16	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.08	0.36	0.32	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.92	0.32	0.36	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.16	0.32	1.0

REGA(C806)

C805	260 - 280	280 - 300	300 - 320	320 - 340	340 - 360	360 - 380	380 - 400	400 - 420	420 - 440	440 - 460
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	1.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.88	0.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.72	0.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.52	0.64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36	0.84	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	1.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.16	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.84	0.36
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.64
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	460 - 480	480 - 500	500 - 520	520 - 540	540 - 700
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.48	0.72	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.28	0.88	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.12	1.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16
500 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.68



## ACUIF(C902)

C805	260 - 280								280 - 300	
C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.3696	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.48	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
260 - 280	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	280 - 300						300 - 320			
C507	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488
240 - 260	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.512
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C805	300 - 320				320 - 340					
C507	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.488	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488
220 - 240	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.512	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	320 - 340		340 - 360							
C507	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448
180 - 200	0.488	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856
200 - 220	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.3696
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.512	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	360 - 380								380 - 400	
C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.3696	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.512	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
360 - 380	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	380 - 400						400 - 420			
C507	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
340 - 360	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C805	400 - 420				420 - 440					
C507	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.48	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
320 - 340	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	420 - 440		440 - 460							
C507	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448
280 - 300	0.48	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856
300 - 320	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.3696
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	460 - 480								480 - 500	
C507	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.3696	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440 - 460	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
460 - 480	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	480 - 500						500 - 520			
C507	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.0	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420 - 440	0.48	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4832
440 - 460	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4832	0.5168
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4832	0.5168	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4832	0.5168	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5168	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



C805	500 - 520				520 - 540					
C507	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.0	0.4832	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
380 - 400	0.0	0.4832	0.5168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400 - 420	0.4832	0.5168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488
420 - 440	0.5168	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.488	0.512	0.0	0.0	0.0
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0
520 - 540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540 - 700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C805	520 - 540		540 - 700							
C507	120 - 140	140 - 167	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 167
60 - 80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80 - 100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100 - 120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120 - 140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140 - 160	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160 - 180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180 - 200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200 - 220	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220 - 240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240 - 260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260 - 280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280 - 300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300 - 320	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
320 - 340	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
340 - 360	0.0	0.0448	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360 - 380	0.0	0.5856	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0064
380 - 400	0.488	0.3696	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0768
400 - 420	0.512	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1264
420 - 440	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1264
440 - 460	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1248	0.1216
460 - 480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1248	0.1248	0.1264
480 - 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1248	0.1248	0.1264	0.1264
500 - 520	0.0	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1248	0.1248	0.1264	0.1248	0.1264
520 - 540	0.0	0.0	0.0624	0.1248	0.1248	0.1248	0.1264	0.1248	0.1248	0.1152
540 - 700	0.0	0.0	0.9376	0.8128	0.688	0.5632	0.4368	0.312	0.1872	0.048

SALIDA2(C1001)

C901	-1000 - -30	-300 - -20	-200 - -10	-100 - 0	0 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600
< 500 hm3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0
> 500 hm3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

C901	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1400	1400 - 1500	1500 - 1600
< 500 hm3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
> 500 hm3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

C901	1600 - 1700	1700 - 1800	1800 - 1900	1900 - 2000	2000 - 3000
< 500 hm3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
> 500 hm3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ACUIF2(C1002)

C902	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	160 - 180	180 - 200	200 - 220	220 - 240	240 - 260
< 320 hm3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
> 320 hm3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

C902	260 - 280	280 - 300	300 - 320	320 - 340	340 - 360	360 - 380	380 - 400	400 - 420	420 - 440	440 - 460
< 320 hm3	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
> 320 hm3	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

C902	460 - 480	480 - 500	500 - 520	520 - 540	540 - 700
< 320 hm3	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
> 320 hm3	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0

## **ANEXO IV**

### **PROGRAMACIÓN LINEAL DE LA VARIABLE 4.5.1. “SUMATORIO DE LOS PLANES DE EXPLOTACIÓN INDIVIDUALES”**





## **ANEXO IV. PROGRAMACIÓN LINEAL DE LA VARIABLE 4.5.1.**

### **“SUMATORIO DE LOS PLANES DE EXPLOTACIÓN INDIVIDUALES”.**

En este Anexo vienen recogidas las ecuaciones utilizadas para calcular, a través de la programación lineal, diferentes distribuciones de cultivos, así como los ingresos generados y los gastos en insumos correspondientes a cada una de ellas, en función del volumen de agua de riego disponible.

Esta información se ha utilizado para la construcción de la variable 4.5.1. “Sumatorio de los Planes de explotación individuales”.

Significado de las variables:

x0: Superficie dedicada (ha)	x3: Gasto en insumos (€ ha <sup>-1</sup> )
x1: Volumen de riego aportado (hm <sup>3</sup> )	x4: Ingresos (€ ha <sup>-1</sup> )
x2: Necesidades de riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	x5: Diferencia entre los ingresos obtenidos por la venta de las cosechas y el gasto en insumos (millones de €)

El segundo número que acompaña a la variable indica el grupo de cultivos al que hace referencia, excepto el número 8 que significa “Total”.

Restricciones:

1. Las combinaciones de grupos de cultivos deben consumir siete volúmenes diferentes de agua: 310, 330, 385, 420, 440 y 460 hm<sup>3</sup>. Se han considerado estos volúmenes debido a que representan los valores máximos y mínimos entre los que deberían encontrarse las extracciones anuales para bombeos, así como otros valores intermedios.
2. La superficie total ocupada por los siete grupos debe ser igual a 105.000 has.
3. La superficie ocupada por los cultivos del Grupo 1 en el caso más restrictivo se considera que debe ser de al menos 8.500 has, aunque nunca debe superar las 22.000 has.
4. La superficie ocupada por los cultivos del Grupo 2 no debe ser inferior a 12.000 has en el caso más restrictivo. Según va aumentando la disponibilidad de agua se ha ido aumentado la superficie mínima que debe ocupar este grupo de cultivos. Esto es así porque al tener un margen bruto inferior al Grupo 1, al maximizar el margen bruto total el programa maximiza la superficie de este último, en detrimento del Grupo 2. Sin embargo, la experiencia demuestra que la superficie dedicada a cultivos del Grupo 2 siempre es superior a la dedicada a los cultivos del Grupo 1.
5. La superficie dedicada a los cultivos del Grupo 3 está limitada superiormente a 3.500 has. Según va aumentando la disponibilidad de agua, se obliga a que la superficie dedicada a estos cultivos aumente desde un mínimo de 1.500 has hasta alcanzar el máximo progresivamente. Esto es debido a que aunque es posible cultivar especies pertenecientes a otros grupos más rentables siempre existirá una pequeña parte residual correspondiente a estos cultivos.
6. La superficie dedicada a los cultivos del Grupo 4 se ha mantenido constante en 8.000 has. La adormidera es un cultivo que funciona por cupos y, por lo tanto, no depende de la cantidad de agua disponible. El ajo necesita de una alta especialización, lo que

impide su cultivo de forma masiva. Ambas razones, junto con el hecho de que se trata de cultivos con necesidades de riego moderadas, implican que este grupo de cultivos sea insensible a la variación de las dotaciones de agua disponible.

7. La superficie dedicada a los cultivos del Grupo 5 sigue un comportamiento opuesto al de los cultivos de los Grupos 1 y 2, es decir, a mayores dotaciones menor superficie cultivada. Esto es debido a que se trata de especies con consumos moderados y que ofrecen un margen bruto medio, por lo que interesa cultivarlos cuando la disponibilidad de agua es baja, aunque no cuando es alta. Se considera que con altas restricciones la superficie será de al menos 50.000 has, disminuyendo progresivamente hasta por encima de las 32.000 has en situaciones de alta disponibilidad de agua. Es necesario tener en cuenta que dentro de este grupo se encuentran los cultivos leñosos (vid y olivo), que ocupan unas 5.200 has (ITAP, 2003b) y deben mantenerse constantes a medio - largo plazo.
8. La superficie dedicada a los cultivos del Grupo 6 sigue un comportamiento similar a los del Grupo 3. Para altas restricciones de riego la superficie debe ser de al menos 2.500 has, aumentado progresivamente hasta las 4.500 has. Son cultivos de muy poca importancia en cuanto a la extensión total que ocupan, por lo que se alejaría de la realidad un incremento desmesurado de su superficie.
9. La superficie dedicada al Grupo 7 debe mantenerse entre 8.000 y 30.000 has, disminuyendo según aumentan las dotaciones pero sin ser inferior al 10% de la superficie dedicada a los cultivos COP.

Las restricciones anteriores quedan resumidas en el siguiente cuadro.

		Dotación hm <sup>3</sup>						
Variable modificada		310	330	350	385	420	440	460
Superficie cultivada ha	Grupo 1				>8.500	<22.000		
	Grupo 2	>12.000	>15.000	>18.000	>21.000		>24.000	
	Grupo 3	>1.500	>2.000	>2.500	>3.000		3.500	
	Grupo 4				8.000			
	Grupo 5	>50.000	>47.000	>44.000	>41.000	>38.000	>35.000	>32.000
	Grupo 6	>2.500	>3.000	>3.500	>4.000		4.500	
	Grupo 7				>8.000	<30.000		

A continuación se muestran las ecuaciones consideradas para cada dotación de agua.

Dotación: 310 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```

model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>12000;
x03<3500;
x03>1500;
x04=8000;
x05>50000;
x06<4500;
x06>2500;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=310;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;
x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58 ;
end

```

Dotación: 330 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```

model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>15000;
x03<3500;
x03>2000;
x04=8000;
x05>47000;
x06<4500;
x06>3000;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=330;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;
x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58 ;
end

```

Dotación: 350 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```

model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>18000;
x03<3500;
x03>2500;
x04=8000;
x05>44000;
x06<4500;
x06>3500;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=350;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;
x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58;
end

```

Dotación: 385 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```

model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>21000;
x03<3500;
x03>3000;
x04=8000;
x05>41000;
x06<4500;
x06>4000;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=385;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;
x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58;
end

```

Dotación: 420 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```
model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>24000;
x03=3500;
x04=8000;
x05>38000;
x06=4500;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=420;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;

x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58;
end
```

Dotación: 440 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```
model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>24000;
x03=3500;
x04=8000;
x05>35000;
x06=4500;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=440;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;

x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58;
end
```

Dotación: 460 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>.

```
model:
x01+x02+x03+x04+x05+x06+x07=x08;
x01<22000;
x01>8500;
x02>24000;
x03=3500;
x04=8000;
x05>32000;
x06=4500;
x07>8000;
x07<30000;
x08=105000;
x11+x12+x13+x14+x15+x16+x17=x18;
x11=x21*x01/1000000;
x12=x22*x02/1000000;
x13=x23*x03/1000000;
x14=x24*x04/1000000;
x15=x25*x05/1000000;
x16=x26*x06/1000000;
x17=x27*x07/1000000;
x18=460;
x21=6523;
x22=7111;
x23=4489;
x24=2675;
x25=2625;
x26=2284;
x27=0;
x31=1925;
x32=1075;
x33=419;
x34=2346;
x35=613;
x36=347;
x37=0;
x41=4365;
x42=2229;
x43=1017;
x44=4916;
x45=1384;
x46=891;
x47=300;
x51=x41-x31;
x52=x42-x32;
x53=x43-x33;
x54=x44-x34;
x55=x45-x35;
x56=x46-x36;
x57=x47-x37;
(x01*x31+x02*x32+x03*x33+x04*x34+x05*x35+x06*x36+x07*x37)/1000000=x38;
(x01*x41+x02*x42+x03*x43+x04*x44+x05*x45+x06*x46+x07*x47)/1000000=x48;
(x01*x31+x02*x52+x03*x53+x04*x54+x05*x55+x06*x56+x07*x57)/1000000=x58;
max=x58 ;
end
```