FERAGUA
Asociación de Comunidades de Regantes de Andalucía

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN LA AGRICULTURA DE REGADÍO

1.- CONTAMINACIÓN DIFUSA 3
1.1.- PROCESO DE CONTAMINACIÓN DIFUSA 3
1.1.1.- INTRODUCCIÓN Y CONCEPTO 3
1.1.2.- ACTIVIDADES CAUSANTES DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA 4
1.1.3.- SUSTANCIAS RESPONSABLES DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA 4
1.2.- FACTORES QUE FAVORECEN LA CONTAMINACIÓN DIFUSA 4
1.3.- CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS DE FUENTES AGRARIAS 5
1.3.1.- LEGISLACIÓN APLICABLE 5
1.3.2.- ZONAS VULNERABLES POR NITRATOS 6
1.3.3.- OBLIGACIONES Y RECOMENDACIONES PARA PRÁCTICAS AGRÍCOLAS 6
1.3.3.1.- DE CARÁCTER GENERAL 6
1.3.3.2.- ESPECÍFICAS PARA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE CULTIVOS DE REGADÍO 8
1.4.- BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA 10
2.- BIODIVERSIDAD 11
2.1.- AGRICULTURA Y BIODIVERSIDAD 11
2.2.- MARCO LEGAL DE PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD CON INCIDENCIA EN LA AGRICULTURA 12
2.3.- BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA PRESERVAR LA BIODIVERSIDAD 12
3. -USO EFICIENTE DEL AGUA 13
3.1.- REQUERIMIENTOS DE AGUA Y ENERGÍA EN EL REGADÍO 13
3.2. - INFLUENCIA DE LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN EL USO DEL AGUA 15
3.3. - MEJORAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO 16
3.4. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA 17
4. OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 17
4.1. FACTORES RELACIONADOS CON EL REQUERIMIENTO DE ENERGÍA EN EL REGADÍO 17
4.2. AHORRO ENERGÉTICO EN EL REGADÍO 18
4.2.1. REDUCCIÓN DE LA DEMANDA Y DE LA PRESIÓN 19
4.2.2 ORGANIZACIÓN DE LA DEMANDA 20
4.2.3. MEJORA TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES 21
4.3. BUENAS PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 22

1. CONTAMINACIÓN DIFUSA

1.1. PROCESO DE CONTAMINACIÓN DIFUSA

1.1.1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTO

La contaminación difusa consiste en la aparición de agentes contaminantes en el medio procedentes de fuentes múltiples, fijas o móviles, en un concepto opuesto a la contaminación puntual, con origen en fuentes localizadas.

La contaminación difusa supone la introducción de formas de materia o de energía en el medio ambiente que, alterando su equilibrio natural, generan un efecto o impacto negativo sobre el mismo, pero con la complejidad de generarse a través de vías indirectas y desde fuentes no localizadas, siendo por tanto muy difícil establecer la responsabilidad de la misma. En la Figura adjunta puede verse su funcionamiento esquematizado.

Procesos de contaminación difusa. Fuente: ITSMO 94, S.L.

La contaminación difusa es un fenómeno de gran complejidad, por lo que los acercamientos realizados hasta ahora en la materia para su investigación son escasos. No obstante, es un problema de alta gravedad por los efectos negativos que produce sobre los medios hídrico, atmosférico y edáfico.

1.1.2. ACTIVIDADES CAUSANTES DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

Las fuentes de contaminación difusa más importantes son:

- La agricultura.
- La ganadería.
- Las zonas aeroportuarias.
- Las vías de transporte.
- Los suelos contaminados.
- Las zonas urbanas dispersas.
- Las zonas mineras.
- Las recreativas.
- Las praderas.
- Las gasolineras.

A pesar de la cantidad de potenciales fuentes generadoras de contaminación difusa, es conocido que una de las más importantes es, sin duda, la actividad agrícola, tanto en zonas de regadío como de secano. Esta actividad produce contaminación difusa a causa de la utilización excesiva de fertilizantes, así como por el uso de productos fitosanitarios, empleados para combatir plagas y prevenir enfermedades en los cultivos.

1.1.3. SUSTANCIAS RESPONSABLES DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

Como se ha puesto de manifiesto en el apartado previo, las actividades que producen contaminación difusa son muy variadas y de diversa índole. Es por ello que las sustancias responsables de dicha contaminación, procedentes del desarrollo de cada una de esas actividades, van a ser muy numerosas y diferentes entre sí.

Simplificando, todas estas sustancias se podrían agrupar en los siguientes grandes grupos:

1. Fertilizantes: nitrogenados, fosfatados, potásicos, etc.

2. Sustancias nocivas y peligrosas: fitosanitarios (insecticidas, herbicidas, fungicidas), metales, hidrocarburos aromáticos, etc.

3. Sustancias derivadas de la ganadería. Se suelen considerar los diferentes tipos de deyecciones ganaderas (estiércol, purines, gallinaza) según la procedencia y el contenido de materia seca.

1.2. FACTORES QUE FAVORECEN LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

- La pendiente del suelo.
- La existencia de acuíferos.
- Los suelos inundados.
- La proximidad de cursos de agua.

- La permeabilidad del suelo y sus características físico-químicas.
- Las condiciones climáticas.
- El tipo de fertilizante y su aplicación.
- Las técnicas de manejo del suelo y el método de riego.
- La existencia de plagas y enfermedades en los cultivos.
- El uso de fitosanitarios prohibidos y de gran peligrosidad para la salud.
- El efecto de las mareas en zonas de estuarios.

1.3. CONTAMINACIÓN DIFUSA POR NITRATOS DE FUENTES AGRARIAS

1.3.1. LEGISLACIÓN APLICABLE

1. Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

2. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

3. Decreto 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.

4. Orden de 7 de julio de 2009, conjunta de las Consejerías de Agricultura y Pesca y Medio Ambiente, por la que se aprueba la modificación de las zonas vulnerables designadas mediante Decreto 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.

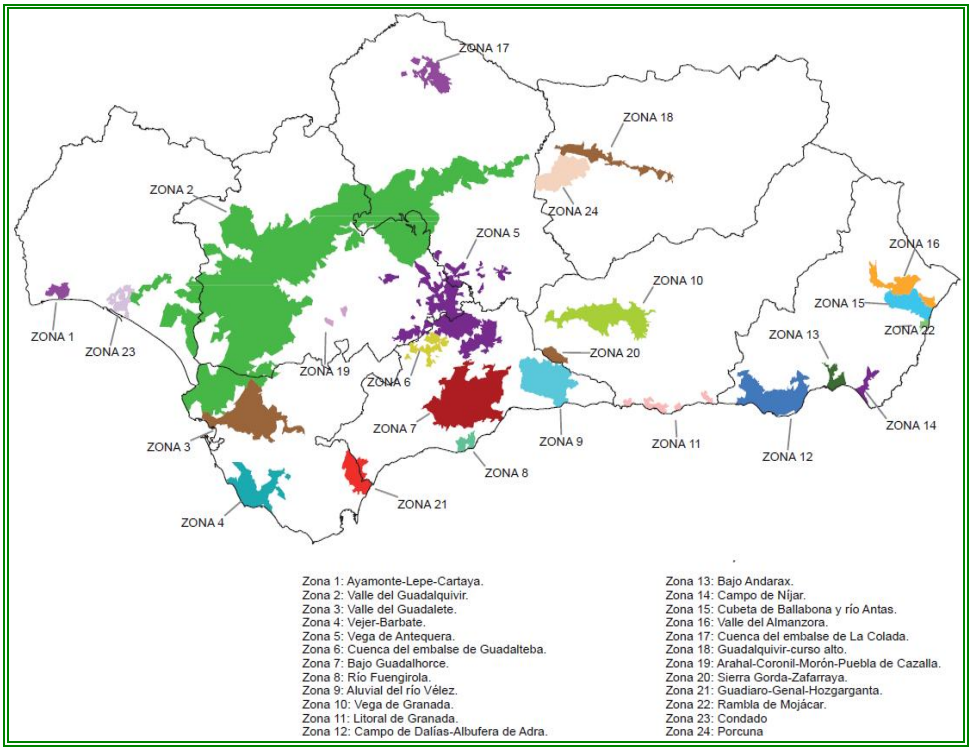
5. Orden de 18 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía.

6. Corrección de errata a la Orden de 18 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía.

7. Orden de 9 de marzo de 2010, por la que se modifica la de 18 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedente de fuentes agrarias designadas en Andalucía.

1.3.2. ZONAS VULNERABLES POR NITRATOS

A continuación se presenta un mapa con la distribución oficial (Orden de 7 de julio de 2009) de las zonas vulnerables por nitratos en Andalucía.



Zonas vulnerables por nitratos. Fuente: Orden de 7 de julio de 2009 (BOJA nº 157, 13/08/2009).

1.3.3. OBLIGACIONES Y RECOMENDACIONES PARA PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Según dicta la normativa vigente, a continuación se ponen de manifiesto las obligaciones y recomendaciones para prácticas agrícolas en zonas vulnerables a nitratos.

1.3.3.1. DE CARÁCTER GENERAL

Obligaciones generales.

1. Cantidad límite de aplicación de fertilizantes de origen orgánico y lodos por hectárea y año: ≤ 170 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno (UFN, equivalente a 1 Kg. de Nitrógeno).

2. Prohibido aplicar fertilizantes nitrogenados y de cualquier otro tipo, ¿cuándo?:

   - En períodos de lluvia.
   - En suelos helados o con nieve, suelos inundados o saturados de agua (excepto en arrozales).
   - En parcelas con pendiente media > 15% con cultivos leñosos, y pendiente media > 10% de cultivos herbáceos, salvo que se usen técnicas contra la erosión (bancales, terrazas, laboreo de conservación, laboreo perpendicular a la línea de máxima pendiente) o técnicas que aseguren la no pérdida de nitrógeno (enterrado del abonado de fondo o en cobertera con el cultivo ya establecido).

- En terrenos no cultivados, salvo que tengan cubierta vegetal o haya previsiones de implantación de vegetación en ≤ 15 días.
- En los 10 m de márgenes de cursos de agua o zonas de acumulación de agua.
- En días de vientos, para evitar derivas.

3. Entre los 10-50 m de cursos de agua o zonas de acumulación de agua existirán las siguientes limitaciones:

- No se abonará en días de viento.
- No se utilizarán fertilizantes líquidos, salvo que se utilicen técnicas de fertirrigación.

4. No usar abonos de origen orgánico y lodos en margen de seguridad de 50 m de cursos de agua o zonas de acumulación de aguas superficiales, incluido pozos, perforaciones y fuentes de agua para consumo humano o con condiciones de potabilidad.

5. En terrenos no cultivados con previsión de implantación inmediata de cubierta vegetal, podrán incorporarse ≤ 20 Tm/Ha de estiércol ó 40 m^3/Ha de purín durante 3 años.

Recomendaciones generales.

1. Usar técnicas de aplicación de fertilizantes de distribución homogénea.

2. Alternar cultivos que aprovechen mejor el nitrógeno remanente en el suelo de la fertilización del cultivo anterior.

3. Programar correctamente los riegos usando las herramientas informáticas disponibles para calcular las necesidades hídricas de los cultivos.

4. Calcular las necesidades de nitrógeno de los cultivos en función de:

- Nitrógeno en el suelo antes de la implantación del cultivo o al inicio del cultivo.
- Nitrógeno disponible a partir de la mineralización de la materia orgánica del suelo.
- Nitrógeno aportado por el agua de riego y la de lluvia.
- Nitrógeno disponible por aportaciones de estiércol o purines.
- Necesidades estacionales del cultivo.

5. Suplir déficits nutricionales de plantaciones con aplicaciones foliares.

1.3.3.2. ESPECÍFICAS PARA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE CULTIVOS DE REGADÍO

Cultivos	Limitación obligatoria	Recomendación
Algodón	≤ 55 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces, cuando la planta tenga altura de 10 cm. y al inicio de la floración.
Arroz	≤ 18 UFN por tonelada de producción esperada. No abonar tras la diferenciación de la panícula.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces, en la fase de ahijado y en la fase anterior a la diferenciación de la panícula. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.
Caña de azúcar	≤ 2 UFN por tonelada de producción esperada.	Fraccionar los aportes de fertilizantes nitrogenados.
Cereal	≤ 35 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del total del N a utilizar en el cultivo.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces, ahijado y encañado.
Cítricos	≤ 6 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar fertilizantes nitrogenados durante la parada invernal ni cuando el fruto esté próximo a la maduración.	Aplicar la 1/2 de dosis de N en fase previa a la floración y la otra tras el cuajado de los frutos. En fertirrigación realizar análisis anuales de aguas. Realizar análisis foliares bianuales. Realizar analíticas en suelo cada 4 años.
Flor cortada en invernadero	Clavel-Clavellina: ≤ 100 g de N por m^2 de invernadero.	Realizar análisis anuales de suelo y agua de riego. En fertirrigación, hacer aportaciones mensuales de N según necesidades.
Frutales	≤ 7 UFN por tonelada de producción esperada.	Abonar en frutales de hueso y pepita antes de floración y de aparición de las hojas. En fertirrigación realizar análisis anuales de aguas. Hacer análisis foliares bianuales. Realizar analíticas al suelo cada 4 años.
Girasol	≤ 40 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces, cuando la planta tenga altura de 20 cm. y al inicio de la formación del capítulo.
Hortalizas aire libre	UFN por tonelada de producción esperada: Ajo: ≤ 7. Alcachofa: ≤ 10. Cebolla-sandía: ≤ 4. Coliflor-lechuga–zanahoria–melón: ≤ 5. Espárrago: ≤ 14. No aplicar lodos.	Fraccionar el abonado de cobertera en varias veces según desarrollo y necesidades del cultivo. Utilizar en abonado de fondo fertilizantes de los grupos 1 y 2, enterrándolos adecuadamente.
Hortalizas en invernadero	UFN por tonelada de producción esperada:	Utilizar fertirrigación y aplicar la fertilización nitrogenada a lo largo del desarrollo del cultivo

	Calabacín–berenjena–judía verde: ≤ 7. Melón-pimiento: ≤ 5. Pepino-sandía: ≤ 4. Tomate ciclo corto: ≤ 6. Tomate ciclo largo: ≤ 12. No aplicar lodos.	según necesidades. Realizar análisis anuales de suelo y agua de riego.
Maíz	≤ 35 UFN por tonelada de producción esperada para ensilado, y ≤ 25 para grano. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces, cuando la planta tenga altura de 30 cm. y al inicio de la floración. No aportar N una vez que aparecen los primeros penachos.
Olivar	≤ 25 UFN por tonelada de producción esperada.	En fertirrigación, ajustar las aplicaciones de N según las necesidades del cultivo. En fertirrigación, realizar análisis anuales de aguas. Realizar análisis foliares bianuales. Realizar analíticas al suelo cada 4 años.
Patatas	≤ 6 UFN por tonelada de producción esperada en variedades importadas, y ≤ 8 UFN en variedades nacionales. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total. No aplicar lodos.	Fraccionar el abonado de cobertera en 2 veces. No aplicar N después de 60 días desde la siembra.
Remolacha	≤ 4,2 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.	Aplicar el abono de cobertera en 2 veces, una en el aclareo y otra un mes posterior. No aplicar N una vez que la raíz alcance un mínimo de 400 g.
Subtropicales	UFN por tonelada de producción esperada: Aguacate: ≤ 25. Chirimoyo: ≤ 18.	En fertirrigación, realizar análisis de suelo y agua y hacer aportaciones semanales entre marzo a octubre. En chirimoyo, fraccionar las aportaciones de N entre marzo y septiembre y, como mínimo, en 3 veces, en marzo, julio y septiembre.
Tabaco	≤ 60 UFN por tonelada de producción esperada. No aplicar en fondo o sementera > del 30% del N total.	Fraccionar el abonado de cobertera ≥ 2 veces. No aplicar fertilizantes del grupo 3 antes del trasplante.
Fresa y fresón	≤ 5 UFN por tonelada de producción esperada. En fondo o sementera no aplicar > del 30% del total del N a utilizar en el cultivo. No aplicar lodos.	En fertirrigación realizar análisis anuales de aguas. Realizar análisis foliares anuales.

Fuente: Orden de 18 de noviembre de 2008 (y su corrección de errores de 27 de febrero de 2009)

En aquellas explotaciones donde se calcule el balance efectivo del nitrógeno se podrán efectuar aplicaciones superiores a las contempladas *siempre que* se justifiquen en dicho cálculo. Para obtener el balance se tendrán en cuenta:

1. Las aportaciones del suelo a partir del análisis del contenido en nitrógeno al inicio del cultivo.

2. Las aportaciones, en su caso, de estiércol, purines y otras materias orgánicas.

3. Los datos periódicos de las aportaciones de nitrógeno por agua de riego.

4. La estimación de la producción y la extracción del nitrógeno por el cultivo.

1.4. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

1. Antes de usar un tipo de fertilizante es importante conocer lo siguiente:

   - Periodo de aplicación adecuado según extracciones de los cultivos y más rentable según el tipo de cultivo y las condiciones climáticas del lugar.
   - Dosis adecuada a utilizar y hacerlo de forma localizada.
   - Abonos de liberación lenta existentes, cuyo efecto es más duradero.
   - Si se usan compost y lodos de depuradora, saber bien su origen y composición (que no contengan contaminantes perjudiciales para el suelo).
   - El abonado en forma de amoniaco debe hacerse por sementera.
   - No aplicar fertilizantes en suelos hidromorfos, inundados (excepto en arrozales) o helados, ni en épocas de lluvia.
   - En terrenos con pendientes o próximos a cursos de agua, no usar abonos líquidos, y sí abonos sólidos mediante labores de enterramiento.
   - Dejar un margen de seguridad sin abonar de 10 m para los cursos de agua o zonas de acumulación de aguas, y de 35-50 m para las fuentes de agua que sirvan para el consumo humano.

2. Enterrar los residuos de las cosechas para mejorar las características del suelo.

3. Utilizar equipos de distribución de fertilizantes y fitosanitarios que regulen eficazmente su dispersión, y aquellos elementos de protección para la salud necesarios para su aplicación. Realizar las regulaciones necesarias previamente a la aplicación.

4. Los productos fitosanitarios y drogas veterinarias que se usen deben estar autorizados y ser de baja peligrosidad para las personas y la fauna. Seguir las indicaciones de uso del fabricante.

5. Disponer de instalaciones en las que únicamente se guarden este tipo de productos y cuyo acceso a las mismas esté limitado.

6. Realizar un laboreo poco profundo para mantener la estructura y conservar la fertilidad del suelo. Preferiblemente realizar laboreos verticales.

7. Alternar cultivos distintos en una misma parcela para evitar que el suelo quede desnudo durante un periodo de tiempo largo.

8. Respecto a los tipos de riego es importante tener en cuenta:

   - Los riegos a manta y por surcos son más adecuados para terrenos profundos arcillosos, de baja permeabilidad y cultivos con sistema radicular profundo. No son aconsejables en zonas de riesgo elevado y moderado de contaminación por nitratos.

- En cuanto a los riegos por aspersión hay que distribuir bien los aspersores sobre la parcela, controlar la intensidad del riego según la permeabilidad del suelo, considerar el viento y el tipo de vegetación.

- Respecto a los riegos localizados, son los más recomendados por el gran ahorro hídrico y económico que suponen. Deben estar adaptados a las necesidades hídricas de cada cultivo. Es importante su mantenimiento y hay que variar periódicamente sus caudales y tiempo de riego.

9. Las zonas de bebederos para el ganado no deben ubicarse próximos a cuerpos de agua (arroyos, ríos, lagunas, pozos, etc.) ni a zonas de recarga de acuíferos.

10. Realizar una gestión adecuada de los excrementos ganaderos y demás residuos sólidos generados (sobretodo en sistemas intensivos):

- Disponer de áreas adecuadas para su almacenamiento temporal.

- Seguir un procedimiento correcto de separación, transporte, almacenamiento y eliminación de los mismos sin riesgo de afección al medio ambiente.

11. No eliminar productos químicos, agrícolas o veterinarios próximos a cuerpos de agua ni a zonas de recarga de acuíferos.

2. BIODIVERSIDAD

2.1. AGRICULTURA Y BIODIVERSIDAD

Tal y como queda patente en el informe de la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica: "La biodiversidad es la base de la agricultura"[1]. En este sentido, es importante, por una parte, entender que la agricultura contribuye de forma determinante a la conservación y al uso sostenible de la biodiversidad, y por otra, que es uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad.

La biodiversidad mantiene muchos de los servicios básicos que nos proporcionan los ecosistemas, sin duda esenciales para la vida en la Tierra. Atendiendo a lo establecido en el informe "La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio"[2] publicado por las Naciones Unidas, se puede afirmar que los servicios de los ecosistemas en la agricultura incluyen:

1. Regulación de plagas y enfermedades.

2. El ciclo de nutrientes, como la descomposición de la materia orgánica.

3. Embargo y conversión de nutrientes, como en las bacterias fijadoras de nitrógeno.

4. Regulación de la materia orgánica del suelo y retención de agua del suelo.

5. Mantenimiento de la fertilidad del suelo y la biota.

6. La polinización por abejas y otros animales salvajes.

---

[1] Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008). La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. Montreal, 56 páginas.

[2] Millennium Ecosystem Assessment (2005), Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis, Washington D. C., World Resources Institute.

Una de las iniciativas legales que más está promoviendo el desarrollo de una agricultura compatible con la conservación y el mantenimiento de los valores de la biodiversidad andaluza, es la vinculada a la condicionalidad impuesta por la Política Agraria Común (PAC). La condicionalidad establece una serie de obligaciones que el agricultor contrae y debe cumplir, entre otras cuestiones en materia de conservación de la biodiversidad, para ser beneficiario de las subvenciones que otorga la PAC.

En este sentido, es significativo que la recientemente presentada "Estrategia Andaluza de Gestión Integrada de la Biodiversidad" establece, como una de sus principales líneas estratégicas, el profundizar en la integración de la biodiversidad dentro de la política agraria y pesquera de la Junta de Andalucía.

Es por tanto una prioridad la compatibilización de la conservación y fomento de la biodiversidad con el desarrollo de la agricultura.

2.2. MARCO LEGAL DE PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD CON INCIDENCIA EN LA AGRICULTURA

1. Directiva 2009/147/CE, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

2. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

3. Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres.

4. Orden de 22 de junio de 2009, por la que se establecen los requisitos legales de gestión y las buenas condiciones agrarias y medioambientales que deben cumplir los agricultores y ganaderos que reciban pagos directos en el marco de la política agrícola común, los beneficiarios de determinadas ayudas de desarrollo rural, y los agricultores que reciban ayudas en virtud de programas de apoyo a la reestructuración y reconversión y a la prima por arranque del viñedo.

2.3. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA PRESERVAR LA BIODIVERSIDAD

En base a la transposición de la Directiva 92/43 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres, la condicionalidad obliga a:

1. No recoger, cortar, arrancar o destruir plantas de especies protegidas.

2. No poseer, transportar o comerciar especies vegetales protegidas.

3. No utilizar métodos de destrucción masivos o no selectivos para la captura o muerte: trampas, artefactos eléctricos, redes, cebos envenenados, vehículos de motor, etc.No introducir especies, subespecies o razas distintas de las autóctonas.

A continuación se listan una serie de prácticas tendentes a mejorar y preservar la biodiversidad en espacios agrícolas:

4. No dañar ni eliminar, salvo autorización previa de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca, lo que en la terminología de la condicionalidad de la PAC se conoce como "elementos estructurales", es decir, aquellos componentes de la parcela que por sus características cumplen funciones relevantes para mantener su potencial productivo y para conservar la fauna, flora y el paisaje asociado al ejercicio de la actividad agraria. De esta manera se evita la fragmentación de hábitats. Los elementos estructurales que deben conservarse son:

- Los márgenes de las parcelas (lindes y ribazos).
- Las terrazas de retención.

- Las islas y enclaves de vegetación natural.
- Los roquedos y/o majanos.
- Los setos y sotos o bosques de ribera.
- Las charcas, lagunas, estanques y abrevaderos naturales.
- Los árboles de barrera en línea, y árboles en grupo o aislados.
- Las pequeñas construcciones (muretes de piedra seca, etc.).

5. Para evitar perjudicar a muchas especies faunísticas, deberá observarse un especial cuidado en la aplicación de productos fitosanitarios, especialmente en terrenos encharcados, con nieve o próximos a cursos de agua. Deberá evitarse la aplicación de estos tratamientos en los elementos estructurales antes listados, ya que constituyen refugio de numerosas especies, así como minimizarse en barbechos y rastrojos.

6. Dejar pasos para el libre tránsito de la fauna (pequeñas aberturas) en los cerramientos de parcelas. De esta manera se minimizan algunos problemas de pérdida de conectividad entre ecosistemas.

7. Además de proteger el sustrato edáfico frente a los agentes erosivos, el mantenimiento de la cubierta vegetal favorece el desarrollo de muchos seres vivos, especialmente microorganismos.

8. Respetar, en la medida de lo posible, los ciclos de la fauna (especialmente avifauna) presente en el lugar que pudiera verse afectada, fundamentalmente en el periodo de recogida.

9. La colocación de setos vivos, muy beneficiosos por evitar la pérdidas de suelos por erosión o por favorecer el sombreo, aumenta notablemente la biodiversidad de la matriz agrícola. Es importante que se haga partiendo de especies autóctonas adaptadas a las condiciones ecológicas de la zona.

10. Conocer el marco legal, requisito necesario para poder aplicarlo correctamente.

3. USO EFICIENTE DEL AGUA

3.1. REQUERIMIENTOS DE AGUA Y ENERGÍA EN EL REGADÍO

Las necesidades de agua netas de los cultivos dependen básicamente de las condiciones climáticas y del cultivo. La forma de calcularla es a través de la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c ET_0$$

Donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo, K_c es el coeficiente de cultivo y ET_0 es la evapotranspiración potencial. Pero estas necesidades de agua pueden satisfacerse por el agua de lluvia o por el riego. De esta manera debe cumplirse la siguiente ecuación de balance:

$$ET_c = P_e + H_n$$

Siendo P_e la lluvia efectiva y H_n la cantidad de agua neta aplicada con el riego. En la Tabla 1 podemos ver los requerimientos netos de agua para diferentes cultivos en Andalucía y bajo condiciones de pluviosidad medias.

	Requerimientos netos (m^3/ha)	
Cultivo	**Media**	**Intervalo de variación**
Algodón	5658	4.700-6.890
Arroz	12429	12.000-13.000
Cítricos	4983	3.650-5.660
Extensivos Invierno	2112	1.260-2.870
Frutales	5712	5100-6100
Girasol	3700	2.750-4.330
Hortícolas	3220	1.700-4.200
Invernadero	6130	5.200-6.300
Maíz	5024	4.470-5.590
Olivar	2378	1.800-3.200
Frutales subtropicales	5286	4500-5500
Remolacha Azucarera	4900	4.500-5.000

Tabla 1. Requerimientos netos de agua (m^3/ha).
Fuente Agenda del Regadío Andaluz- Horizonte 2015 (2011)

La energía necesaria para el riego de un cultivo dependerá del volumen de agua elevado (*V*) y de la altura manométrica (*H)* aportada por la bomba:

$$E = \frac{\gamma V H}{\eta}$$

Donde *γ* es el peso específico del agua*, η* es el rendimiento del bombeo. El volumen de agua de riego puede expresarse de la siguiente forma:

$$V = H_b S = \frac{H_n}{Ra} S$$

Siendo H_b la lámina bruta*, S* la superficie*,* H_n la lámina neta y *Ra* el rendimiento de aplicación. De esta forma la energía depende de la lámina neta, de la superficie de riego, de los rendimientos de riego y de la bomba y de la altura manométrica o requerimientos de presión. En la Figura 1 pude observarse los requerimientos de energía (kWh/ha) para diferentes cultivos regados mediante riego localizado (*Ra*=0,9).

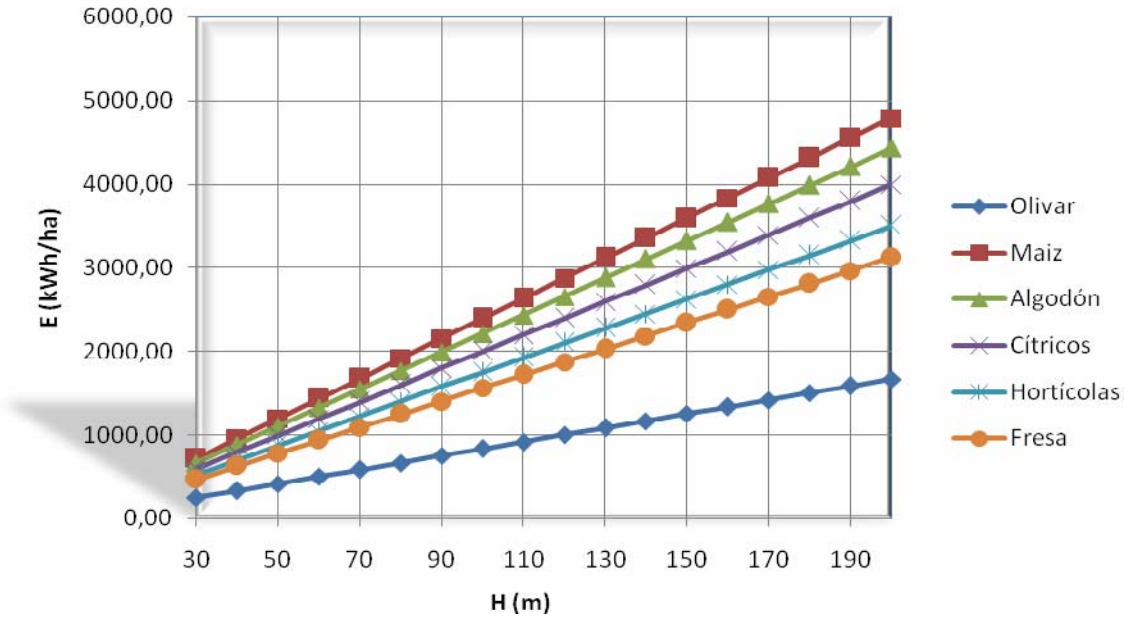


Figura 1. Requerimientos de energía para diferentes cultivos en función de la altura de elevación

Puede considerarse un cultivo como gran consumidor de energía a partir de 1500 kWh/ha. Esto significa que la dependencia energética de la mayoría de los cultivos de la Figura anterior alcanza esta categoría desde los 90 m de altura de elevación.

3.2. INFLUENCIA DE LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN EL USO DEL AGUA

El principal objetivo de la modernización ha sido reducir el consumo de agua por medio de la mejora de la eficiencia en el uso del recurso. Dicha mejora se puede conseguir gracias a la instalación de sistemas de distribución de agua con menores pérdidas y mediante sistemas de riego en parcela con mayor eficiencia de aplicación. Si incluimos la eficiencia en la distribución (E_d) la lámina bruta (H_b) será:

$$H_b = \frac{H_n}{E_d R_a}$$

La eficiencia en la distribución y transporte del agua hace referencia al porcentaje del agua que es tomada de la fuente (río, embalse, acuífero, etc.) que finalmente llega a la toma en parcela. Por tanto, considera las pérdidas que se producen en la conducción del agua. Dicha eficiencia en canales abiertos oscila generalmente entre el 60% y el 90% aunque depende de diversos factores tales como el mantenimiento, revestimiento o longitud de la conducción. Aun así, en canales con un buen mantenimiento raramente supera el 70-75%. En redes de riego a presión, dichas pérdidas son mínimas y con un buen mantenimiento la eficiencia es habitualmente mayor del 90%.

El rendimiento de aplicación del agua en parcela es la relación entre el agua que realmente consume o aprovecha el cultivo en evapotranspiración y el agua que se aplica con el riego. Este rendimiento depende de los sistemas de riego en parcela y del manejo que se hace de los mismos.

Generalmente las modernizaciones llevadas a cabo en los últimos años han consistido en la sustitución de sistemas de distribución mediante canales abiertos por redes de distribución mediante tuberías a presión. En la nueva situación, el riego por superficie ha sido sustituido por riego por aspersión o por goteo. En la Tabla 2 se muestra la mejora en la eficiencia global que supone el cambio de un sistema con red de canales y riego por superficie por otro con red a presión y aspersión o goteo en parcela.

Red de distribución y sistema de riego	E_d (%)	R_a (%)	Eficiencia global (%)
Canales abiertos + Riego por superficie	80	70	56
Canales abiertos+Aspersión	80	75	60
Red a presión + Aspersión	90	75	68
Canales abiertos + Goteo	80	90	72
Red a presión + Goteo	90	90	81

Tabla 2. Valores de eficiencia considerando la red de distribución y el sistema de riego en parcela

El riego por superficie es utilizado en algunos cultivos como el arroz por inundación con un rendimiento de aplicación alto siempre que se hagan las operaciones periódicas de nivelación del terreno, dado el alto nivel de aprovechamiento de los retornos, consiguiéndose unas eficiencias globales superiores al 80%.

Asimismo, en zonas tradicionales de cultivos extensivos o continentales situadas en las vegas tradicionales de riego, la aplicación de riego por gravedad mediante surcos en tierras niveladas y con longitudes de los surcos de riego inferiores a 250 m, se pueden conseguir eficiencias de aplicación del 75%, siendo este sistema el más apropiado para dichas zonas regables, evitando el alto coste de la energía que hace inviable muchas explotaciones de riego.

3.3. MEJORAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Es importante seleccionar y elegir el método de riego adecuado para aplicar el agua necesaria para el cultivo y que se adapte al tipo de suelo. Hay que tener en cuenta que el consumo importante de agua ocurre en parcela. En la Tabla 3 pueden observarse los rendimientos de los diferentes sistemas de riego. Además, los requerimientos de energía dependen del método de riego. Los riegos localizados necesitan menos de 3.5 kgf/cm^2.

Método de riego	Media estacional	Periodo punta
Superficie		
Surcos	55-77	77-80
Canteros de escurrimiento	63-84	77-87
Canteros de inundación	77-84	80-87
Aspersión		
Móvil	70-80	70-80
Fijo	70-87	70-87
Cañón	67-75	55-70
Pivote	80-87	80-87
LEPA	90-98	90-98
Localizado		
Goteo superficial	74-93	74-93
Goteo enterrado	80-95	80-95

Tabla 3. Rendimientos de aplicación de los métodos de riego (%)

Y aún más importante es hacer una programación adecuada del riego con el objetivo de establecer con precisión la cantidad de agua a aplicar y el momento adecuado del riego. Una de las mejores formas de ahorrar energía es no aplicar agua en exceso y ahorrar el coste asociado a su bombeo.

Existen diversas formas para programar el riego de una forma adecuada. Pero las más usadas a escala de explotación son las siguientes:

Balances de agua en el suelo. Mediante un balance de entradas (precipitaciones y agua de riego) y salidas en forma principalmente de evapotranspiración es posible simular el balance de agua en el suelo y de esta forma conocer cuándo y cuánto regar. Los datos climáticos para la realización de dichos balances se encuentran fácilmente accesibles en la red de estaciones climáticas de la Junta de Andalucía (http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria).

Para la realización de los balances existen aplicaciones informáticas de libre difusión como por ejemplo Cropwat, el cual fue desarrollado por FAO y está disponible en http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html

Sondas de humedad en el suelo. Mediante los mismos es posible conocer en tiempo real el contenido de humedad en el suelo y, de esta forma, saber cuándo es necesario aplicar el riego. Existen diferentes tipos de sondas de humedad en el mercado dentro de un amplio rango de precios según su complejidad.

A escala de investigación existen otros métodos más sofisticados tales como los dendrómetros, los sensores remotos o análisis del flujo de savia. No obstante, su fragilidad y complicado manejo hacen que habitualmente no sean herramientas idóneas para el regante.

3.4. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Como buenas prácticas para una gestión racional del agua de riego podemos citar:

1. Buen conocimiento de los requerimientos de agua.
2. Aplicación adecuada de las cantidades de agua.
3. Buen estado del sistema de distribución de agua que reduzca las perdidas en la distribución.
4. Manejo correcto del método de riego que maximice el rendimiento de aplicación.
5. Buen mantenimiento en las instalaciones de riego.
6. Creación de servicios de asesoramiento al regante.
7. Formación de técnicos y agricultores en las nuevas tecnologías y en el manejo del riego.
8. Implantación de tarifas binómicas que penalicen los excesos en el uso del agua.
9. Mejora de los sistemas de regulación internos (balsas, canales internos etc.).
10. Explotación mediante controles dinámicos que apliquen el agua de acuerdo a los requerimientos.

4. OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1. FACTORES RELACIONADOS CON EL REQUERIMIENTO DE ENERGÍA EN EL REGADÍO

La disminución del consumo energético en el riego puede alcanzarse mediante la consideración de dos aspectos: la disminución del consumo de agua y la adecuación de los sistemas de bombeo y las pautas de manejo de la red de riego. El estudio debe considerarse, por tanto, desde dos puntos de vista: la gestión del agua y la gestión energética.

Son tres las vías que hay que acometer para reducir la energía:

1. Reducir el volumen de agua y mejorar el rendimiento del riego.
2. Reducir la altura manométrica.
3. Mejorar el rendimiento de las bombas.

En cada una de las tres vías anteriores intervienen diversos factores que influyen de forma diferente en los requerimientos energéticos tal como podemos ver en la Tabla 4.

	Factor	Efecto
Altura manométrica	Desnivel topográfico	Fuerte
	Presión requerida en la boca de riego	Moderada-Fuerte
Caudal/Volumen de agua	Demanda de agua del cultivo	Moderada-Fuerte
	Área de riego	Fuerte
Rendimientos (agua y energía)	Rendimiento de la bomba	Moderada
	Rendimiento del riego	Moderada

Tabla 4. Influencia de diversos factores sobre los requerimientos de energía

4.2. AHORRO ENERGÉTICO EN EL REGADÍO

La energía necesaria por tanto para el riego será:

$$E = \frac{\gamma H_n SH}{\eta Ra}$$

Siendo *H* la altura manométrica elevada por el sistemas de bombeo.

El ahorro energético puede evaluarse por la diferencia entre los consumos de energía entre dos situaciones (E_2 y E_1)

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100$$

$$\Delta E = 100 \cdot \left[1 - \frac{Ra_1}{Ra_2} \frac{\eta_1}{\eta_2} \frac{H_{n2}}{H_{n1}} \frac{H_2}{H_1} \right]$$

La forma de conseguir ahorros de energía puede ser a través de las siguientes acciones:

1. Mejora de los rendimientos de las bombas.
2. Mejora del rendimiento del riego.
3. Reducción de la demanda neta.
4. Reducción de las alturas manométricas a las que debe de funcionar la bomba.

4.2.1. REDUCCIÓN DE LA DEMANDA Y DE LA PRESIÓN

Los procedimientos de programación de riego calculan la cantidad de agua y el momento adecuado de riego. Los métodos basados en el balance de agua pueden ahorrar de un 15 al 35 % de agua. Métodos recientes indican los momentos adecuados de riego. El cambio a cultivos con menos requerimientos de agua dependerá de la función de productividad.

La altura manométrica depende del desnivel topográfico que haya que salvar y de la presión requerida por el sistema de riego. Respecto al desnivel en la mayoría de los casos poco puede hacerse y dependerá del origen del agua y de la ubicación de la zona de riego.

No obstante, pueden considerarse diversas estrategias de gestión como puede ser el bombeo a depósitos de regulación en horas en las que la energía es más barata. Respecto a la altura de presión se pueden considerar métodos de riego con menos requerimientos de presión. La altura manométrica dependerá de:

$$H(m) = Z(m) + 0.102 \cdot P(kPa)$$

Siendo Z el desnivel topográfico más las pérdidas de carga y P la presión requerida por el método de riego. Si se define Z^* por la siguiente expresión:

$$Z^* = \frac{Z}{0.102 \cdot P_1}$$

Siendo P_1 la presión correspondiente al método de riego en la situación inicial y se pretende reducir a P_2 con objeto de ahorrar energía. En la Figura 2 podemos ver la influencia de la reducción de la presión (P_2/P_1). Cuando toda la altura manométrica se deba a la presión requerida por el sistema de riego (Z^*=0) se alcanza el máximo ahorro energético. En este caso reducir la presión implica alcanzar un ahorro energético en la misma cuantía. Sin embargo, esta influencia se reduce a medida que Z^* es mayor, es decir cuando existen altas elevaciones debido al desnivel de cota.

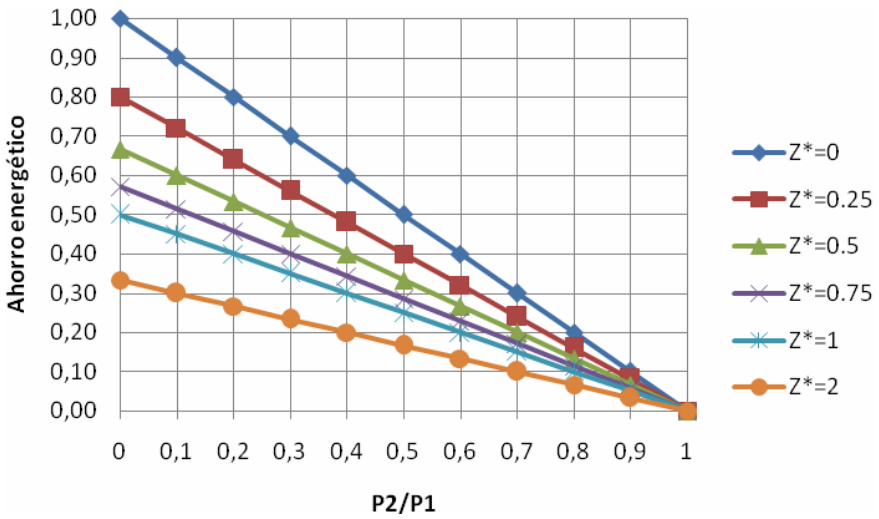


Figura 2. Influencia de la reducción de presión y de la altura de elevación en el ahorro energético

Queda de manifiesto la alta dependencia entre volumen de agua consumido y método de riego. Por tanto, cada cultivo tendrá unas necesidades energéticas diferentes al igual que cada método de riego. En la Tabla 5 podemos ver para una dotación neta de 5.000 m^3/ha y considerando un rendimiento del bombeo del 75 % las diferentes necesidades de energía para los métodos de riego más representativos.

Método	H(m)	R_a	E(kWh/ha)	E(kWh/m^3)
Superficie	3	0.5	108.89	0.044
Aspersión	45	0.7	1166.67	0.333
Pivote	35	0.8	793.98	0.198
Localizado	30	0.9	604.94	0.134

Tabla 5. Necesidades energéticas para diferentes métodos de riego

Para que sirva de referencia la desalación de agua requiere entre 3 y 4 kWh/m^3 y la depuración de aguas residuales aproximadamente 0.5 kWh/m^3.

4.2.2. ORGANIZACIÓN DE LA DEMANDA

A escala de red de distribución, la organización del riego es generalmente una medida muy efectiva. Habitualmente las redes de presión se diseñan a la demanda, lo que significa que el agua está disponible para todos los regantes durante las 24 horas del día.

Para que el riego a la demanda sea posible, en la estación de bombeo se debe ajustar la altura manométrica de forma que el hidrante con mayores necesidades energéticas (ya sea por su diferencia de cota con la estación de bombeo o por tu distancia) siempre obtenga al menos la presión requerida. Esto significa que otros hidrantes, con menores necesidades energéticas, estarán recibiendo un exceso de presión que debe ser eliminada de la red mediante válvulas reductoras.

Una manera efectiva de solucionar este problema es mediante la sectorización de la red. De esta forma, los hidrantes se agrupan en sectores con similar demanda energética, el riego se organiza por turnos y la altura manométrica en la estación de bombeo se ajusta a las necesidades de presión de cada sector en particular. Así, cuando los sectores más bajos rieguen, la altura manométrica puede ser significativamente menor a cuando lo hagan los altos.

Un ejemplo de propuesta de sectorización de una red de riego, en concreto la Comunidad de Regantes de Fuente Palmera, basada en diferencias de cotas entre hidrantes se muestra en la Figura 3. El sector 1 incluye las zonas bajas y el 2 las más elevadas. Al organizar el riego por turnos, cada sector dispondría de 12 horas de riego al día. Según se ha analizado en trabajos previos, esta medida derivaría en ahorros energéticos en torno al 20%.

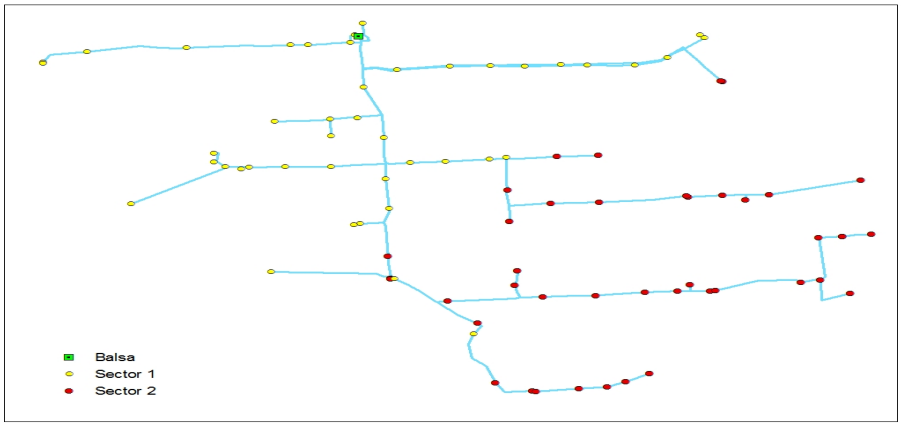


Figura 3. Propuesta de sectorización de la red de distribución de la C.R. de Fuente Palmera

No obstante, antes de adoptar este tipo de medidas es necesario un análisis previo de la red para lograr una sectorización óptima y evaluar los ahorros potenciales que podrían obtenerse.

4.2.3. MEJORA TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES

En gran parte de las ocasiones, las redes de distribución fueron diseñadas hace años cuando por diversos motivos el coste de la energía era sensiblemente inferior al actual. Este efecto influía en el diseño, dado que los costes de operación previstos eran inferiores a los actuales. Por esto, son necesarias medidas que permitan disminuir el consumo energético de este tipo de redes. Algunas de las medidas más importantes para la mejora técnica de las instalaciones son:

1. Detección y control de puntos críticos de consumo energético. Ya sea por su distancia o por su diferencia de cota en relación a la estación de bombeo, existen hidrantes con una especial demanda de energía. Hoy en día, gracias a los sistemas de telecontrol, es posible detectar cuando dichos puntos están regando y cuando no. Ajustes de la estación de bombeo de tal forma que la presión de consigna se reduzca cuando dichos puntos no estén regando pueden desembocar en ahorros energéticos significativos.

2. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habituales de la instalación. Habitualmente las redes de riego fueron diseñadas para suministrar caudales superiores a los usados en la actualidad. Esto hace que en ocasiones los grupos de bombeo se encuentren sobredimensionados y, por tanto, trabajando durante la mayor parte del tiempo en condiciones alejadas de su óptimo de funcionamiento. Una adaptación de estos sistemas de bombeo a otros con un mejor ajuste a las necesidades reales de bombeo del sistema puede llevar a importantes ahorros al mejorar el rendimiento de los mismos.

3. Instalación de pequeños grupos de bombeo en paralelo con bombas de velocidad variable. Las necesidades de caudal en las zonas regables no suelen ser constantes ya que el riego suele concentrarse en ciertos meses del año. La introducción de variadores de velocidad puede reducir la potencia absorbida por la bomba en los períodos de de menor demanda. Dependiendo de la complejidad del sistema, las posibilidades de optimización mediante variadores de velocidad son varias: Por ejemplo se debe considerar la regulación mediante un variador de velocidad, la regulación con dos variadores de accionamiento simultáneo o la regulación mediante dos variadores accionamiento secuencial.

4. Instalación de arrancadores estáticos. En el arranque de los motores que accionan las bombas se producen habitualmente intensidades muy altas. Los arrancadores estáticos aplican la tensión de forma progresiva, mediante rampas de tensión cuya duración se debe ajustar de manera que la intensidad de arranque no supere un determinado límite. De esta forma se evitan sobreintensidades en el sistema y se reduce el par de arranque que puede ser perjudicial desde el punto de vista mecánico.

5. Mejoras en el factor de potencia de los equipos. Es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) que demanda un motor y es indicativo de la eficiencia con que se está usando la energía eléctrica. Por lo general cuando el factor de potencia es inferior a 0.9 se aplican recargos sobre la tarifa eléctrica básica. Para corregir dicho factor en suministros de baja tensión basta con instalar una batería de condensadores en paralelo a la carga que compensen la energía reactiva que consumen los motores. En suministros de alta tensión además es necesario compensar el transformador mediante la instalación de un condensador fijo.

4.3. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La mejora de la eficiencia energética de una instalación puede alcanzarse de varias formas:

1. Realizando un mantenimiento adecuado de los equipos de bombeo.

2. Reduciendo la generación de energía reactiva con la instalación de una batería de condensadores.

3. Evaluando periódicamente los siguientes parámetros:

   - Presión proporcionada por la bomba. Se recomienda instalar manómetros en los puntos clave de la instalación.

   - Pedir el caudal que proporciona la bomba con un caudalímetro o dividiendo el volumen bombeado por tiempo de bombeo cuando solo se disponga de un contador.

4. Instalación de arrancadores electrónicos para realizar un arranque suave de los motores y evita picos de intensidad.

   - Instalación de variadores de frecuencia Además de favorecer un arranque y parada suave, constituyen el sistema ideal para adaptarse a condiciones donde el caudal y la presión son variables, típico de instalaciones de riego a la demanda.

5. Realizar una adecuada contratación de la tarifa eléctrica teniendo en cuenta:

   - Contratar para cada periodo tarifario la potencia que se va a usar de forma simultánea y no la máxima.

   - Adaptar la demanda, en la medida de lo posible, a los periodos de menor coste.

6. Cuando sea posible, en instalaciones con grandes variaciones de cota, sectorizar la red y organizar la demanda.

7. Selección de los puntos críticos de demanda en la red de riego y para ellos definir un telecontrol que favorezca una presión de consigna en la estación de bombeo diferente.