



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería Agronómica

**Análisis comparativo sobre la producción de
maíz en extensivo mediante riego por goteo y
otros sistemas de irrigación**

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Tutor/a: Javier Sanz Ronda

JUNIO de 2014

Copia para el tutor/a

A mis padres y hermano, por todo su apoyo durante mi trayectoria como estudiante, y que seguro seguiré teniendo.

A Eduardo, que ha permanecido a mi lado en todo momento, y con más hincapié en los más difíciles, y que sea así toda la vida.

Y por último, a todos los amigos que me he encontrado en este camino y que espero conservar.

ÍNDICE

	Pág.
MEMORIA	
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	7
3. OBJETIVOS	11
4. MATERIAL Y MÉTODOS	13
4.1. Material.	16
4.1.1. Costes de los sistemas de riego.	16
4.1.2. Costes de las prácticas de cultivo.	17
4.1.3. Ingresos de la cosecha.	18
4.2. Métodos de análisis.	18
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5.1. Resultados.	19
5.1.1. Costes del sistema de riego .	23
5.1.2. Costes de las prácticas de cultivo y materias primas.	24
5.1.3. Ingresos de la cosecha.	24
5.1.4. Balance.	25
5.1.5. Otras observaciones.	25
5.2. Discusión	26
6. CONCLUSIONES	29
7. BIBLIOGRAFÍA	31
ANEJOS	
ANEJO I. EL MAÍZ	37
ANEJO II. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	51
ANEJO III. PRÁCTICAS DE CULTIVO DE LOS CASOS ESTUDIADOS	89

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos cultivados en el mundo. Sus principales usos podrían resumirse del siguiente modo:

- Alimentación humana: obtención de aceites, almidón, harinas y productos derivados.
- Alimentación animal: en grano o harinas para piensos, tallos y grano para alimento en verde o ensilado, zuros triturados como alimento de vacuno, engorde de cerdos y aves.
- Enmiendas agrícolas: los tallos pueden ser triturados y agregados al suelo como enmienda orgánica.
- Usos industriales. Producción energética (2 toneladas de zuros equivalen a 1 tonelada de carbón), industria papelera, industria textil, obtención de furfural, bebidas alcohólicas, siropes, consumo en fresco, fabricación de cervezas y determinados tipos de whisky, etc.

Este cultivo es uno de los principales cultivos a nivel mundial, con una producción total de 817 millones de t/año (FAO, 2009). Según las últimas estadísticas de la FAO (2009), su mayor productor es EE.UU., seguido de cerca por China. Otros países que destacan por su producción son Brasil, Méjico, Argentina, India e Indonesia. España ocupa el puesto 27 en el ranking de países productores a nivel mundial pero es el noveno en el ámbito de Europa.

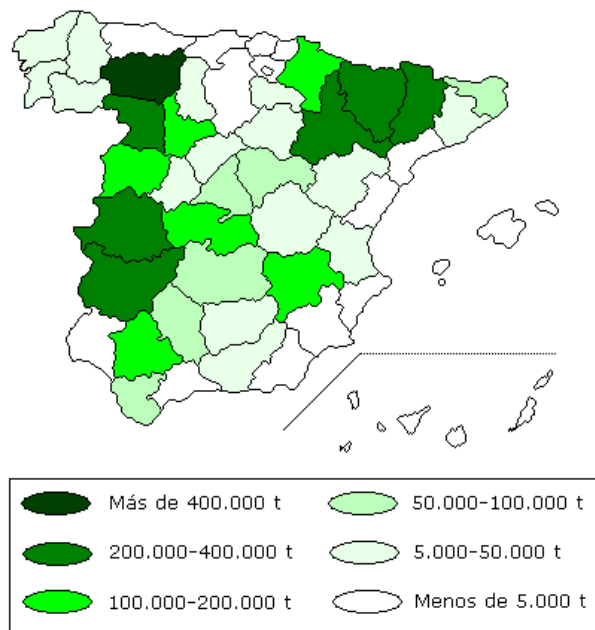


Figura 1.1. Análisis provincial de la superficie, rendimiento y producción de maíz (en toneladas) de España. (Fuente: MAGRAMA, a partir de los datos del Anuario de Estadística Agraria del MARM 2008)

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

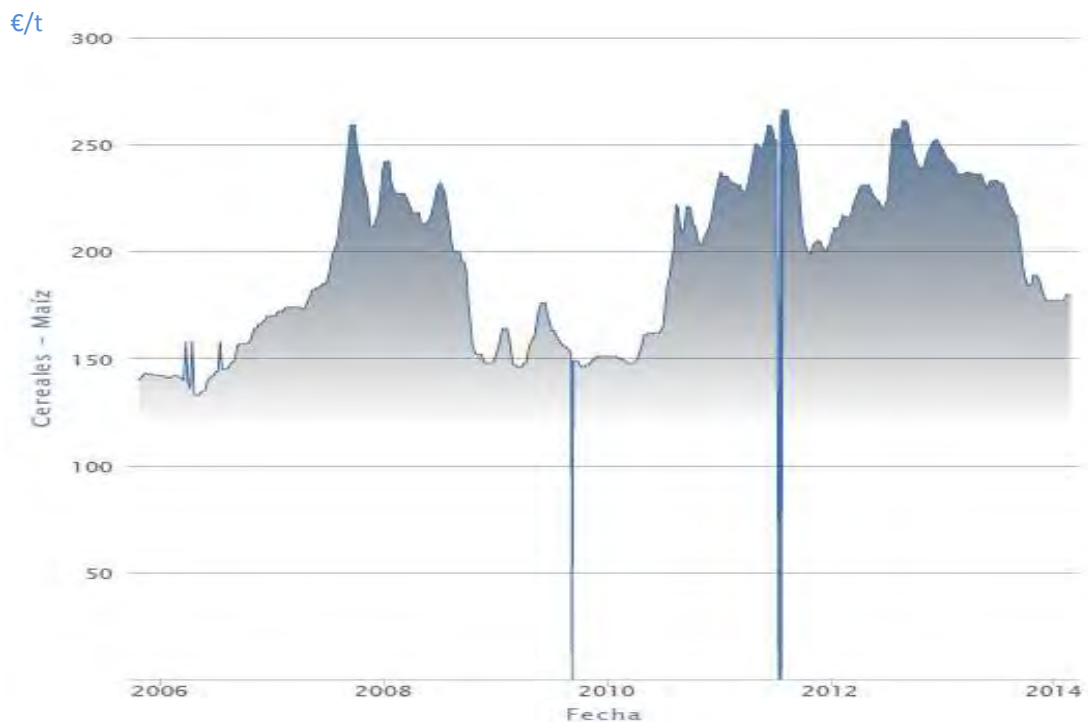
Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

En cuanto a nuestro país (ver figura 1.1.), las principales Comunidades Autónomas productoras de maíz son Castilla y León, con más de un 25% de la producción total, y Extremadura y Aragón con entre un 15 y un 25%. Otras Comunidades Autónomas con producciones destacables son, por orden de cantidad, Castilla la Mancha (10-15%), Andalucía y Cataluña (5-10%). Por último debemos mencionar a Galicia, Navarra y Madrid, con menos de un 5% de producción cada una.

En los últimos años, el cultivo de maíz sirve como sustituto de otros cultivos ya no tan rentables, como la remolacha, y permiten la continuidad de las explotaciones de regadío, por lo que adquiere cierta importancia.

En contraposición, a lo largo de los años, la producción media por hectárea de maíz y la variación de precios del producto en grano es variable (ver gráfica 1.1.). Por ello, el margen de beneficios está muy ligado a los gastos que requiere su cultivo, tanto de laboreo, como de inputs empleados o el sistema de riego empleado. Este último es fundamental para el cultivo de maíz en la zona de Castilla y León, donde vamos a centrar el trabajo, ya que es la Comunidad Autónoma productora de maíz más importante de España.

Evolución de precios del Maíz



Gráfica 1.1. Evolución de precios del maíz grano a lo largo de los 10 últimos años, cuyo valor medio es de 194.67 €/t. (Fuente: Lonja de Salamanca)

En cuanto al laboreo, si la maquinaria y tractores empleados están dimensionados acorde con el tamaño de explotación, el ahorro que pueda plantearse, sería mínimo. En cambio, con un sistema de riego apropiado, se pueden contemplar varios aspectos importantes para mejorar la producción y el beneficio.

Por todo ello, es muy importante saber algo más sobre las ventajas que ofrecen cada uno de ellos y además valorar la posibilidad de aumentar dichas producciones, modificando el sistema de abonado mediante la fertirrigación, especialmente con el goteo. Los costes de instalación, el ahorro energético y el uso eficiente del agua son otros factores que interesan en los tiempos que corremos, acelerándose con tantas recomendaciones ambientales planteadas a nivel europeo.

Se pretende estudiar, por tanto, el resultado que tendría el uso de un sistema de riego por goteo, frente a la aspersión y/o al riego por inundación, en el cultivo de maíz explotado de forma extensiva, valorando sus gastos globales en el transcurso del ciclo productivo y su producción final.

De esta forma, analizando las alternativas que se plantean, llegaremos a las conclusiones, que ayudarán al productor a elegir el sistema de riego que más se adapte a sus necesidades, conociendo, no sólo la uniformidad de distribución del agua, sino también la eficiencia económica.

Por todo lo anteriormente expuesto, considero interesante realizar el estudio recopilando, agrupando y sintetizando la información para, con un sencillo análisis, conseguir un resultado práctico.

2. ANTECEDENTES

La finalidad de este Trabajo Fin de Máster es evaluar el interés económico del cultivo de maíz en función del sistema de riego empleado, en la zona de Castilla y León, centrándonos en obtener y emplear datos de las regiones secas dentro de la Comunidad Autónoma, ya que es donde se acentúa el gasto y la importancia del regadío.

Como tarea previa se recopilarán datos sobre los distintos sistemas de riego a comparar, sus requerimientos técnicos y económicos, y el impacto sobre el desarrollo final del cultivo. Para ello, obtendremos información directa desde los agricultores que acostumbren a emplear dichos sistemas, y desde empresas de riego que se encargan de su montaje o distribución.

En este apartado no se destacan antecedentes sobre estudios semejantes al que se propone, debido a la inexistencia de una comparativa exhaustiva del sistema de riego localizado con otros sistemas de irrigación en la zona destacada, pero se recogen algunos antecedentes de estudios sobre este tema, desde centros de investigación nacionales y estudios diversos sobre comparativas de diversos sistemas de riego en otras áreas geográficas.

El trabajo se realiza con el conjunto de información obtenida, junto con el apoyo de datos relevantes que aparecen en la documentación aportada por:

– Estudios y ensayos:

RUFAT LAMARCA, J.; GIRONA GOMIS, J.; ARBONÉS FLORENSA, A.; MARTA SOLÀ, M.; y DEL CAMPO ARRATE, J. (2006). Mejora de la eficiencia del agua de riego en maíz. Estudio comparativo del riego a presión respecto al riego a manta en el área regable de los canales de Urgell (Lleida). Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

BUSQUETS, B. Ensayo de riego por goteo en finca de maíz en Algerri, Lleida.

DEUMIER, J.M.; LACRIS, B.; BOUTHIER, A.; VERDIER, J.L.; MANGIN, M. (2008). Maize irrigation and saving water. Management strategies for the irrigation of maize in restricted water resource situations.

– Organismos:

CENTER, “Centro nacional de tecnología de regadíos”, que desarrolla con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el IRYDA, “Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario”.

CENTER

La Administración General del Estado creó en 1985 el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER) mediante el RD 1640/1985. Actualmente, el CENTER está adscrito a la Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Está ubicado en la finca “El Palomar”, donde también se encuentra la Escuela de Capacitación Agraria (CENCA).

El CENTER es el instrumento tecnológico de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal para afrontar los retos asociados a la planificación y gestión de los regadíos, en el marco del desarrollo sostenible del medio rural y de la gestión integrada de recursos hídricos.

Sus objetivos principales son:

- Promover la eficiencia hídrica y la gestión sostenible del binomio agua-regadío
- Fomentar el empleo de energías alternativas y la eficiencia energética
- Promover el uso de buenas prácticas para lograr una agricultura de regadío sostenible y respetuosa con el medio ambiente
- Analizar y fomentar el aprovechamiento para riego de recursos hídricos no convencionales: aguas regeneradas, aguas procedentes de desalación y otras fuentes
- Estudiar el impacto, la vulnerabilidad y la adaptación del regadío al cambio climático
- Centro de investigación aplicada, desarrollo, experimentación, normalización e innovación en tecnologías de vanguardia para el regadío
- Centro de formación, capacitación, vigilancia y transferencia de tecnología y de difusión del conocimiento, de referencia nacional e internacional
- Impulsar y realizar actividades de cooperación internacional para el desarrollo en materia de agua y regadío

IRYDA

Organismo autónomo de la Administración del Estado, dependiente del Ministerio de Agricultura y creado mediante ley 35/1971 de 21 de julio (BOE n.º 75, de 23-VII-1971). Sus fines fundamentales fueron los siguientes:

- Transformación económica y social de grandes zonas y de comarcas que así lo precisen, en orden a la elevación de las condiciones de vida de la población campesina.
- Creación, mejora y conservación de explotaciones agrarias de características socio-económicas adecuadas.
- El mejor aprovechamiento y conservación de los recursos naturales en aguas y tierras, dentro de su competencia.

Para la realización de sus fines, el IRYDA asumió las funciones y medios de la Dirección General de Colonización y Ordenación Rural, del Instituto Nacional de Colonización y del Servicio Nacional de Concentración Parcelaria y Ordenación Rural. Como instrumentos jurídicos de su actuación cabe citar, fundamentalmente, la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario de 12-I-1973 (BOE n.º 30, de 3 de febrero), la Ley de fincas manifiestamente mejorables de 16-XI-1979 (BOE n.º 281, de 23 de noviembre), y la Ley de Arrendamientos Rústicos.

3. OBJETIVOS

- Exponer las características del sistema de riego por goteo aplicado al cultivo en extensivo de maíz.
- Conocer la viabilidad técnica y económica del sistema de riego por goteo en maíz, pudiendo ser interesante en cuanto al ahorro energético, el uso eficiente de agua y fertilizantes, y la rápida recuperación de la inversión, comparándole con otros sistemas de irrigación.
- Realizar una comparativa económica entre el riego por goteo y otros sistemas, como la aspersión y/o el riego por inundación, en el cultivo de maíz.
- Valorar el coste medio ambiental en cada caso, en función del consumo de agua, fertilizantes; y energético, para no basarse tan sólo en una decisión económica.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Según hemos ido describiendo anteriormente, el grueso de este trabajo es el análisis de las ventajas e inconvenientes, y la repercusión de los diferentes sistemas de irrigación que se pueden emplear en el cultivo de maíz.

Para ello vamos a desarrollar los escenarios ideales para cada tipo de riego, y analizaremos actividades o técnicas propias de cada uno de ellos, el coste final y por lo tanto el beneficio que repercute al productor de maíz.

Se tratarán los siguientes sistemas de riego, que se describen brevemente a continuación:

- **RIEGO POR INUNDACIÓN:** Con este sistema, la energía que distribuye el agua por la parcela es la derivada de su propio peso, al circular libremente por el terreno a favor de pendiente. Con este método de riego se suele mojar la totalidad del terreno y requiere el reparto de agua mediante surcos para controlar su distribución. En el análisis comparativo la nivelación es correcta para el fin. El tamaño medio de parcela considerada para el trabajo es de 5 ha, ya que no se recomienda este tipo de riego en parcelas mayores de 6 ha.



Figura 4.1. Maíz aporcado y preparado para el riego por inundación.

- **RIEGO POR ASPERSIÓN mediante COBERTURA TOTAL:** Un sistema de cobertura total de aspersores es una instalación de riego con agua a presión que consiste, básicamente, en una red de ramales portaemisores que, dispuestos de forma regular, cubren la totalidad de la parcela o bloque de riego. El tamaño medio de parcela que considerada para el trabajo es de 5 ha, ya que no se recomienda este tipo de riego en parcelas mayores de 6 ha.



Figura 4.2. Instalación de riego por aspersión mediante cobertura total

- **RIEGO POR ASPERSIÓN mediante PÍVOT:** El agua es conducida a presión. Al llegar a los emisores produce gotas que mojan todo el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia. El pívot circular es el más estandarizado, cuenta con una cabeza central, anclada a una base hormigonada, donde se realiza la conexión a tomas de agua y eléctrica. El pívot puede realizar ciclos de 360°, o quedarse en los sectores necesarios para el riego. El tamaño medio de parcela que consideramos para este trabajo es de 33 ha, ya que no se recomienda este tipo de riego en parcelas menores de 6 ha.



Figura 4.3. Instalación de riego por aspersión mediante pívot circular.

- **RIEGO LOCALIZADO:** Con este sistema se moja sólo la parte el suelo próximo a las plantas. El agua a baja presión llega mediante tuberías hasta las plantas. El tamaño medio de parcela que consideramos para este trabajo es de 15 ha, ya que este tipo de riego se puede adaptar a parcelas de cualquier tamaño.



Figura 4.4. Instalación de riego localizado mediante cinta de goteo.



Figura 4.5. Desarrollo del cultivo de maíz con riego localizado.

Además, lo enfocaremos en todo momento al cultivo de maíz, del cual se amplía más información sobre la planta y el cultivo en el **ANEJO I. El maíz**. Y también, el desarrollo más amplio sobre los diferentes sistemas de irrigación se encuentra en el **ANEJO II. Descripción de los sistemas de riego**.

Todos los datos los obtendremos en función del tamaño medio de explotación en Castilla y León, que es de 57,7 ha/explotación, considerando sólo la Superficie Agraria Útil (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2008).

Las labores propias para cada sistema de riego y la cantidad de materias primas se detallan más ampliamente en el ANEJO III. Prácticas de cultivo en los casos estudiados.

4. 1. Material

Para realizar el análisis comparativo de los sistemas de riego citados, se han recopilado una serie de datos con los que se realizará la síntesis y el desarrollo de las conclusiones.

Con esto nos referimos a que se valorarán los costes de cada sistema de riego, los costes de las prácticas de cultivo particulares de cada caso, y los ingresos por parte de la cosecha, además de valorar el consumo de materias primas.

4. 1. 1. Costes del sistema de riego

En este apartado se tienen en cuenta los costes que provienen de las infraestructuras necesarias, del agua, de la mano de obra y el gasto energético en cada caso estudiado, como vemos en la siguiente tabla.

Tabla 4.1. Resumen de los elementos que participan en los costes del sistema de riego.

COSTES DEL SISTEMA DE RIEGO
Coste anual de infraestructuras (€/ha)
Coste del agua (€/ha)
Coste mano de obra (instalación) (€/ha)
Coste mano de obra (riego) (€/ha)
Gasto energético (€/ha)

En cuanto a las infraestructuras, se ha calculado el coste total de estas en €/ha, teniendo en cuenta cada uno de los elementos necesarios en la instalación. Posteriormente se ha tenido en cuenta el coste anual en €/ha, contando con una vida útil de 20 años y unos intereses medios del 4.33%, obteniendo así la cuota anual del material que se reutiliza todos los años de vida útil, y añadiendo, según el caso, el

material que se repone, obteniéndose así el valor económico que repercutiría en el coste del sistema de riego.

La tasa de agua es común para todos los casos y que se ha tomado como referencia una comunidad de regantes de canal cualquiera, en el que el coste no se contabiliza por agua consumida, sino por hectárea regable. De todas formas, se tiene en cuenta el gasto de agua en cada caso (según CALENDARIOS DE RIEGO para los diferentes sistemas de riego) y así se calcula el coste medio ambiental.

Para el coste de mano de obra se ha relacionado el tiempo medio requerido para la instalación del sistema de riego y el tiempo destinado por parte del regante a la atención del correcto funcionamiento del sistema de riego y trabajo asociado a este, con un coste de 10€/h, que es el salario que se ha considerado, por encima del salario mínimo interprofesional.

Por último en cuanto a costes asociados al sistema de riego, está el gasto energético, que se ha calculado empleando curvas características de motobombas, considerando un caudal y una presión de trabajo necesaria, para obtener la potencia requerida en cada caso, y así traducirla a consumo de gasoil y, por lo tanto, en coste en €/ha.

Todos estos datos se detallan en el **ANEJO II. Descripción de los sistemas de riego.**

4. 1. 2. Costes de las prácticas de cultivo

El coste de las prácticas de cultivo se refiere al coste por parte de las labores de cultivo propias de cada caso estudiado, y a las materias primas empleadas en su manejo para el desarrollo del maíz, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.2. Resumen de los elementos que participan en los costes de las prácticas de cultivo.

COSTES DE PRÁCTICAS DE CULTIVO Y MATERIAS PRIMAS	
Labores de cultivo (€/ha)	
Abono (€/ha)	
Semilla (€/ha)	
Fitosanitarios (€/ha)	

El coste por las labores de cultivo se han calculado según los datos de la Plataforma de Conocimiento para el Medio Rural y Pesquero (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008), teniendo en cuenta aquellas actividades que se realizan en cada caso particular en función del sistema de riego.

En cuanto a las materias primas, destacamos que el consumo de semilla y fitosanitarios coincide en cantidad en todos los casos estudiados, pero en el caso del abono, que se calcula según el PLAN DE FERTILIZACIÓN (para los diferentes sistemas de riego), obtenemos datos para su valoración económica y medio ambiental.

Todos los datos relacionados con este coste se desarrollan en el **ANEJO III. Prácticas de cultivo de los casos estudiados.**

4. 1. 3. Ingresos de la cosecha

En este apartado sólo participa la producción de maíz obtenido con cada sistema de riego.

Tabla 4.3. Resumen de los elementos que participan en los ingresos de la cosecha.

INGRESOS DE LA COSECHA
Producción (€/ha)

Según la media de producción que se obtiene en cada uno de los sistemas de riego estudiados, y el precio medio del maíz, calculamos los ingresos; datos que se encuentran detallados en el **ANEJO III. Prácticas de cultivo para los casos estudiados.**

Estos, enfrentados a los costes anteriores, nos demostrarán el beneficio económico que se obtiene de la producción de maíz en cada caso, que se desarrolla en el apartado **5. Resultados y discusión.**

4. 2. Métodos de análisis

Para realizar la comparación entre los distintos sistemas de riego, centrándonos en la producción de maíz en extensivo, vamos a enfrentar todos los datos obtenidos hasta ahora en el trabajo, y desarrollaremos las conclusiones finales a partir de los resultados que obtengamos de dicho enfrentamiento.

En la tabla 5.1. se visualiza toda la información más importante, en valores económicos, para realizar la comparación; desde los costes por parte de los sistemas de riego, de las prácticas de cultivo y materias primas, los ingresos por cosecha, y por tanto de los beneficios que se obtienen en cada caso. También se destaca el consumo de agua y fertilizantes.

Además, en la tabla 5.2. se realiza una evaluación sobre el efecto medio ambiental de cada uno de los sistemas de riego estudiados, para enfrentarlos y no desarrollar sólo conclusiones económica

En el apartado **5. Resultados y discusión**, se desarrollan detenidamente los valores más significantes e interesantes de la comparación, destacando aspectos positivos y negativos de cada sistema de riego, discutiéndolos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. 1. Resultados

Después de desarrollar toda la información anterior, procedemos a realizar la comparación de la producción de maíz mediante el empleo de los siguientes sistemas de riego:

- Riego por inundación
- Riego por aspersión
 - Mediante cobertura total
 - Mediante pívot
- Riego localizado

En la tabla 5.2. se desarrolla el resumen de todos los datos económicos comparables para cada sistema de irrigación, mientras que en la tabla 5.3. se enfrentan según factores que determinan el coste medio ambiental.

No todos los sistemas se recomiendan para los mismos tamaños de parcela, por lo que alguno de ellos, como el riego por inundación o mediante cobertura total, que se aconsejan para parcelas menores de 5 – 6 ha, al igual que la instalación de un pívot en aquellas que tengan una superficie mayor de 6 ha, debido al encarecimiento de las infraestructuras. En cambio el riego localizado no supone ningún problema en cuanto al tamaño de parcela. En la realización de este trabajo, para el cálculo de algunos costes, se ha empleado un tamaño medio para cada caso, como se dispone a continuación:

Tabla 5.1. Tamaño medio de parcelas empleadas para el análisis comparativo.

Sistema de irrigación	Tamaño medio de parcela
Riego por inundación	< 5 ha
Riego por aspersión con cobertura total	5 ha
Riego por aspersión con pívot	33 ha
Riego localizado	15 ha

Tabla 5. 2. Cuadro comparativo de los valores a destacar para la comparación de los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz.

	Riego por inundación	Riego por aspersión		Riego localizado
		Cobertura total	Pivot	
Tamaño de parcela recomendado	< 5 ha	< 6 ha	> 6 ha	-
Tamaño parcela tipo de la comparación	< 5 ha	5 ha	33 ha	15 ha
Coste total de infraestructuras (€/ha)	1500.00	5890.02	1670.83	2128.37
COSTES DEL SISTEMA DE RIEGO				
Coste anual de infraestructuras (€/ha)	113.62	446.17	126.56	481.63
Coste del agua (€/ha)	200.00	200.00	200.00	200.00
Coste mano de obra (instalación) (€/ha)	-	54.00	-	40.50
Coste mano de obra (riego) (€/ha)	280.00	17.36	3.77	13.45
Gasto energético (€/ha)	-	208.72	158.64	87.92
TOTAL	593.62	926.25	488.97	823.50
COSTES DE PRÁCTICAS DE CULTIVO Y MATERIAS PRIMAS				
Labores de cultivo (€/ha)	267.89	255.17	255.17	250.40
Abono (€/ha)	485.07	466.40	461.69	462.01
Semilla (€/ha)	192.00	192.00	192.00	192.00
Fitosanitarios (€/ha)	50.00	50.00	50.00	50.00
TOTAL	994.96	963.57	958.86	954.41

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

Tabla 5. 2. (Cont.) Cuadro comparativo de los valores a destacar para la comparación de los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz.

	Riego por inundación	Riego por aspersión		Riego localizado
		Cobertura total	Pívot	
INGRESOS DE LA COSECHA				
Producción (€/ha)	1946.70	2686.45	2803.25	3173.12
TOTAL	1946.70	2686.45	2803.25	3173.12
BALANCE				
Beneficios (€/ha)	358.12	796.63	1355.42	1395.21
Observaciones:				
Gasto agua (m ³ /ha)	13800	10850	9450	8400
Gasto Nitrógeno (kg N/t cosecha·ha)	27.6	20.6	19.6	15.4
Gasto Fósforo (kg P/t cosecha·ha)	11.3	7.3	6.9	6.9
Gasto Potasio (kg K/t cosecha·ha)	12.0	7.5	7.1	6.8

Tabla 5. 3. Cuadro comparativo de los factores ambientales, y su repercusión en una escala de 0 – 10 en los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz.

Factor ambiental	Riego por inundación	Riego por aspersión		Riego localizado
		Cobertura total	Pivot	
Agua empleada en el riego	0	6	8	10
Fertilizantes	2	6	8	10
Energía	10	4	6	8
Fabricación de material	10	5	7	2
MEDIA DE LA VALORACIÓN	5.5	5.25	7.25	7.5



Figura 5.1. Toma de agua del canal.



Figura 5.2. Sonda de humedad del suelo.



Figura 5.3. Zona de acumulación de agua en riego por aspersión.

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

5. 1. 1. Costes del sistema de riego

El coste de las infraestructuras podemos valorarle como total, en caso de que la inversión se pague el primer año, o repartido entre los años de vida útil teniendo en cuenta los intereses, que es como le consideramos en el análisis comparativo.

En cualquiera de los casos, los dos sistemas en los que los costes de infraestructuras son mayores son el riego con cobertura total (446.17 €/ha) y el riego localizado (481.63 €/ha). Hay que tener en cuenta que en el caso del riego con pivót se ha considerado que si aprovechamiento es de 360°, y que en caso de que el giro no fuese completo, el coste de instalación asciende. En cuanto al riego por inundación, las infraestructuras sólo se basan en el acondicionamiento del suelo.



Figura 5.4. Infraestructura de riego por aspersión mediante cobertura total de aluminio en maíz.

El coste de agua es el mismo para todos los casos (200 €/ha), ya que el análisis se realiza contemplando las situación de riego con agua de canal, para poder compara el riego por inundación, siendo el coste por hectárea regable y no por volumen consumida. No obstante, más adelante comentaremos el consumo de agua para cada caso.

La mano de obra puede ser de instalación, aquella que se requiere para montar los distintos elementos de riego cada campaña, considerada en los casos de riego con cobertura total (54 €/ha) y en riego localizado (40.5 €/ha), algo menos intensa en el segundo caso. Por otra parte esta la mano de obra necesaria para el correcto funcionamiento del riego, considerada en todos los casos en función del tiempo requerido por parte del regante, donde destaca el riego por inundación (208.72 €/ha) por la elevada mano de obra necesaria, y el riego por pivót (3.77 €/ha) por la escasez de esta.



Figura 5.5. Máquina preparada para extender cinta de goteo.

Por último y factor importante dentro de los costes de cada sistema de riego, el gasto energético, que está relacionado con la presión de trabajo que requiere cada opción estudiada. En el riego por inundación se prescinde de ella y el riego localizado destaca por consumir un 44.6% menos que el riego con cobertura total, y un 57.7% menos que el riego con pívot.

El coste total por el sistema de riego es más elevado en el caso de la cobertura total (926.25 €/ha) frente al más bajo que es el pívot (488.97 €/ha)

5. 1. 2. Costes de prácticas de cultivo y materias primas

En las prácticas de cultivo destaca el coste de labores, más elevado en riego por inundación (267.89 €/ha) por el aporcado del maíz necesario para el riego, y menos en el riego localizado (250.40 €/ha) ya que se prescinde del aporcado y del abonado de cobertera, ya que se aplica mediante fertirrigación.

En cuanto a las materias primas, la semilla (192 €/ha) y los fitosanitarios (50 €/ha) son comunes para todos los casos, en cambio el abonado varía, ya que influye la producción esperada frente a las pérdidas por lixiviación por la acción del riego. Destaca que el coste de abono es muy parecido en todos los casos, salvo en riego por inundación que es un poco más elevado (485.07 €/ha), debido al arrastre del abono por la gran cantidad de agua que se aplica en cada riego.

El abono, al igual que el agua consumida, se analizarán también más adelante, como coste medioambiental, en función de las pérdidas.

5. 1. 3. Ingresos de la cosecha

Destacar que el aporte económico por cosecha más bajo es en el riego por inundación (1946.70 €/ha) y el más elevado en riego localizado (3173.12€/ha).

5. 1. 4. Balance

Teniendo en cuenta que los beneficios que nos deja el cultivo de maíz en cada caso son:

$$\text{Beneficios} = \text{Ingresos de la cosecha} - (\text{Costes del sistema de riego} + \text{Costes de prácticas de cultivo y materias primas})$$

En el resultado final destaca en riego por inundación por tener la rentabilidad más baja (358.12 €/ha) y el riego localizado por la más elevada (1395.21 €/ha), muy cerca de la del pívot, considerando que se aprovecha el giro completo de 360°, que no siendo así, aun destacaría más el riego localizado sobre este.

5. 1. 5. Otras observaciones

Con la repercusión social y ambiental que tiene el sector agrícola, es importante destacar el coste medioambiental que tienen estos sistemas; no sólo en el consumo energético que ya se ha comentado, sino también en el agua y los fertilizantes.

En el balance ambiental de la tabla 5.3. destacan los sistemas de riego localizado y aspersión mediante pívot como los menos agresivos con el medio ambiente, a pesar del consumo energético que requiere la fabricación de los materiales del primero.



Figura 5.6. Accionamiento de limpieza de un filtro autolimpiante necesario para el riego localizado en zonas de agua canalizada.

El consumo de agua está vinculado a la eficiencia del sistema de riego, destacando el riego localizado (8400 m³/ha) que consume un 11% menos que el riego con pívot (9450 m³/ha), un 22.6% menos que el riego con cobertura total (10850 m³/ha) y un 39.1% menos que el riego por inundación (13800m³/ha). Razones de este ahorro son

la indiferencia ante el viento y la evaporación del agua durante el riego con altas temperaturas.

En cuanto a los fertilizantes, su consumo depende además de la cosecha esperada, de la pérdida de nutrientes por lixiviación debido al manejo de riego; por ello también se destaca el riego localizado (15.4 kg N/t cosecha·ha) frente al resto, ya que se requiere un 21.4% menos que en riego con pívot, un 25.2% menos que en cobertura total y un 44.2% menos que en riego por inundación.

Además en otros nutrientes como el fósforo o el potasio también se requieren alrededor de un 2%, 7% y 41% menos respectivamente.

5. 2. Discusión

Si en cuanto a balance económico y también medio ambiental, destaca el riego localizado, no sólo se demuestra la viabilidad de uso de este sistema de riego en la producción de maíz en extensivo en Castilla y León, sino que también que es una de las mejores opciones de todas las planteadas, junto con el riego por aspersión mediante pívot.



Figura 5.7. Parcela de maíz con riego por aspersión mediante pívot.

Hay que destacar que el riego localizado permite un tratamiento fertilizante continuo de la parcela a lo largo del ciclo de la planta, llegando con las unidades fertilizantes nitrogenadas hasta el final de este; además de la uniformidad del riego, evitando problemas con el aire o la evaporación por exceso de temperatura durante el riego; por ello se incrementa la producción media en los cultivares desarrollados mediante este sistema de irrigación.



Figura 5.8. Parcela de maíz con riego localizado mediante cinta de goteo.

Con la tecnología, cada vez más presente en el campo, y la necesidad de producir alimentos ante el crecimiento exponencial de la población, es necesario emplear sistemas de riego capaces de regar más superficie con la misma cantidad de agua, como es en el caso del riego localizado.

6. CONCLUSIONES

- El riego localizado compite en viabilidad con el riego por aspersión mediante pivot, pero aunque los costes de infraestructuras del primero sean superiores, el incremento en la producción final de maíz, junto con el ahorro energético, superan dicha diferencia, siendo ligeramente más rentable.
- Este tiene un menor consumo energético. Debido principalmente al ahorro de agua y a la presión de trabajo a utilizar, ya que con goteo trabajaremos a una presión en torno a 1 bar, mientras que con aspersión trabajamos a 4 bar, esto puede llegar a suponer un ahorro de energía del 50% siempre que trabajemos con agua superficial.
- A la fácil instalación del sistema de riego localizado, le acompaña su capacidad de sectorización y la posibilidad de instalación en todo tipo de parcelas cuyas pendientes sean propicias para el riego, evitando la escorrentía en los sistemas por aspersión.
- Cualquier factor de ahorro favorece el balance, pero también una elevada producción, caracterizada siempre por un correcto manejo de la fertilización (logrado mediante la fertirrigación), y una buena uniformidad de riego, que se logran con el riego localizado.
- El riesgo de la inversión es mucho menor en el riego localizado, ya que parte del material que conforman las infraestructuras se adquiere anualmente, sin adelantar el importe de estas por adelantado el primer año y/o sin repercusión de intereses durante el ciclo de vida útil.
- Las investigaciones sobre este sistema de riego respecto a la cinta de goteo, están dirigiéndose a encontrar un material con características biodegradables, que se emplee una campaña, al igual que las actuales cintas de goteo de menor espesor, y que no exija su recogida, dejándola en la tierra y evitando así la mano de obra de su recogida y la gestión pertinente con empresas para el reciclado del material.



Figura 6.1. Instalación de riego localizado en cultivar de maíz.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANTÚNEZ, A.; MORA, D. y FELMER, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego. INIA Tierra adentro.
- BELTRÁN ASO, J. (2011). Abonado de los cereales de primavera: maíz. En: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- BOLAÑOS, J. y EDMEADES, G.O. (1993). La fenología del maíz. En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, Vol 4, p 251-261.
- BUSQUETS, B. Ensayo de riego por goteo en finca de maíz en Algerri, Lleida.
- CENTRO PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO Y FORESTAL, INC. (1998). Guía técnica nº 33: Cultivo de maíz. Santo Domingo.
- COLAIZZI, P.D.; EVETT, S.R. y HOWELL, T.A. (2011). Corn production with spray, lepa and SDI. USDA Agricultural Researc Service. Bushland, Texas.
- DERAS FLORES, H. (2011). Guía técnica: el cultivo del maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.
- DEUMIER, J.M.; LACRIS, B.; BOUTHIER, A.; VERDIER, J.L.; MANGIN, M. (2008). Maize irrigation and saving water. Manegement strategies for the irrigati3n of maize in restricted water resource situations.
- DEUMIER, J.M.; LACROIX, B.; BOUTHIER, A.; VERDIER, J.L. y MANGIN, M. (2008). Irrigation du maïs et economie d'eau. Stratégies de conduites de l'irrigation du maïs en cas de ressource en eau restrictive. Irrigazette nº108.
- GUERRERO GARCÍA, A. (1999). Cultivos herbáceos extensivos. Mundi-Prensa. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2008). Plataforma de Conocimiento para el medio rural y pesquero. Madrid.
- NETAFIM. (2010). Corn production manual. Netafim. USA.
- ROSIQUE, P. (2008). Irrigation du maïs et économie d'eau. Maïs irrigué en goutte-à-goutte enterré: une expérimentation en milieu méditerranéen. Irrigazette nº108.
- RUFAT LAMARCA, J.; GIRONA GOMIS, J.; ARBONÉS FLORENSA, A.; MARTA SOLÀ, M.; y DEL CAMPO ARRATE, J. (2006). Mejora de la eficiencia del agua de

riego en maíz. Estudio comparativo del riego a presión respecto al riego a manta en el área regable de los canales de Urgell (Lleida). Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

RURALCAT Y GENCAT. (2006). Dossier Tècnic de Formació y Asesoramiento al sector Agroalimentario nº 11: Gestión eficiente del Agua de riego (II). Comunitat virtual agroalimentària i del món rural y Generalitat de Catalunya.

STORI, R.; VITALI, M. (2007). Corn Irrigation: Technical – economic trial between gun and T-Tape. T-Tape by T-Systems.

TARIFA DE PRECIOS FERROPLAST. (2014). Plásticos Ferro, S.L. A Coruña.

TARIFA DE PRECIOS IRRITEC. (2014). Irritec Iberia, S.A. Carmona, Sevilla.

TARIFA DE PRECIOS JOHN DEERE WATER. (2014). Comercial Agrícola Castellana, S.L. Valladolid.

TARIFA DE PRECIOS SANE-RIEGO. (2014). Sane-Riego, S.A. Valladolid.

TARJUELO MARTÍN-BENITO, J.M. (2005). El riego por aspersion y su tecnología. Mundi-Prensa. Madrid.

VILLALOBOS, F.J.; MATEOS, L.; ORGAZ, F. y FERERES, E. (2009). Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Mundi-Prensa. Madrid.

- Páginas web consultadas:

BANCO DE ESPAÑA

EDUFIEMP (Portal de educación financiera para empresarios y emprendedores)

FAO (Food and Agriculture Organization)

INE (Instituto Nacional de Estadística)

INFORIEGO (Junta de Castilla y León e Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León)

INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria)

LONJA DE SALAMANCA

MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)

SMI (Salario Mínimo Interprofesional)

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

ANEJOS

ÍNDICE ANEJOS

	Pág.
ANEJOS	
ANEJO I. EL MAÍZ	37
1. La Planta.	37
1.1. Origen y clasificación.	37
1.2. Descripción botánica.	37
1.3. Necesidades y exigencias.	41
2. El Cultivo.	43
2.1. Abonado.	43
2.2. Preparación del terreno.	45
2.3. Siembra.	45
2.4. Riego.	46
2.5. Tratamiento fitosanitario.	47
2.6. Recolección.	47
ANEJO II. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	51
1. Sistema de riego por inundación.	51
1.1. Coste de las infraestructuras .	53
1.2. Coste del agua.	55
1.3. Necesidad de mano de obra.	55
1.4. Gasto energético.	56
2. Sistema de riego por aspersion.	57
2.1. Sistema de riego mediante cobertura total.	57
2.1.1. Coste de las infraestructuras.	58
2.1.2. Coste del agua.	60
2.1.3. Necesidad de mano de obra.	61
2.1.4. Gasto energético.	62

	Pág.
2.2. Sistema de riego mediante pívot.	64
2.2.1. Coste de las infraestructuras.	64
2.2.2. Coste del agua.	66
2.2.3. Necesidad de mano de obra.	67
2.2.4. Gasto energético.	68
3. Sistema de riego localizado.	70
3.1. Coste de las infraestructuras .	71
3.2. Coste del agua.	74
3.3. Necesidad de mano de obra.	75
3.4. Gasto energético.	77
ESQUEMA 1. Planta general de sistema de riego con cobertura total en maíz.	79
ESQUEMA 2. Planta general de sistema de riego con pívot en maíz.	81
ESQUEMA 3. Planta general de sistema de riego localizado en maíz .	83
CALENDARIO DE RIEGO para el sistema de inundación y calendario de riego para el sistema de aspersión con cobertura total.	85
CALENDARIO DE RIEGO para el sistema aspersión con pívot y calendario de riego para el sistema localizado.	87
ANEJO III. PRÁCTICAS DE CULTIVO DE LOS CASOS ESTUDIADOS	89
1. Prácticas de cultivo en riego por inundación.	89
1.1. Labores de cultivo.	89
1.2. Materias primas empleadas.	91
1.3. Producción.	93
2. Prácticas de cultivo en riego por aspersión.	93
2.1. Practicas de cultivo en riego con cobertura total.	93
2.1.1. Labores de cultivo.	93
2.1.2. Materias primas empleadas.	95
2.1.3. Producción.	95
2.2. Practicas de cultivo en riego con pívot.	96
2.2.1. Labores de cultivo.	96
2.2.2. Materias primas empleadas.	96
2.2.3. Producción.	97

	Pág.
3. Prácticas de cultivo en riego localizado .	97
3.1. Labores de cultivo.	97
3.2. Materias primas empleadas.	99
3.3. Producción.	100
PLAN DE FERTILIZACIÓN en riego por inundación.	101
PLAN DE FERTILIZACIÓN en riego por aspersion mediante cobertura total.	103
PLAN DE FERTILIZACIÓN en riego por aspersion mediante pivot.	105
PLAN DE FERTILIZACIÓN en riego localizado.	107

ANEJO I. EL MAÍZ

1. La planta

1. 1. Origen y clasificación

La mayoría de los estudios sobre el origen del maíz proponen su origen entre México y Guatemala. Muchos investigadores creen que el teosinte (*Euchlaena mexicana*), una antigua y aún floreciente especie herbácea salvaje de México y Guatemala, es el progenitor del maíz, y que éste es una versión domesticada. Esto se deduce por las semillas fértiles que se pueden conseguir de la polinización de maíz con teosinte. Ocurre lo mismo con el *Tripsacum*, por los que también se le relaciona con esta especie, considerándose su posible ancestro. Su importancia reside en la relación fitogenética con el género *Zea*.

El maíz pertenece a la Familia *Gramineae* y a la Tribu *Maydeae*. Esta tribu se caracteriza por tener inflorescencias masculinas y femeninas separadas.

La clasificación completa del maíz es la siguiente:

Tabla I.1. Clasificación botánica del maíz.

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofita o Fanerógama
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	<i>Monocotiledoneae</i>
Subclase:	<i>Glumiflorae</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poacea</i> o <i>Gramineae</i>
Tribu:	<i>Maydeae</i>
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L.

(Fuente: Guía técnica nº 33: Cultivo de maíz. CENTRO PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO Y FORESTAL, INC.)

1. 2. Descripción botánica

El maíz es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, que alcanza de 2 a 2.5 m de altura, pudiendo llegar hasta los 5 m. Podemos ir viendo las diferentes etapas de crecimiento en la figura I.3.

La raíz

Posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso, formado por tres tipos de raíces:

- Las raíces primarias, emitidas por la semilla, comprenden la radícula y las raíces seminales.
- Las raíces principales o secundarias, que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyendo casi la totalidad del sistema radicular.
- Las raíces aéreas o adventicias, que nacen en último lugar, en los nudos de la base del tallo, por encima de la corona, y sirven de anclaje para la planta.

El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que ha sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo.

Los pelos radiculares absorbentes están presentes en grandes cantidades en el sistema radicular del maíz. Estos pelos aprovechan el agua y los nutrientes indispensables para un buen desarrollo de la planta.

MISTRİK y MISTRİKOVA (1995) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces en el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz.

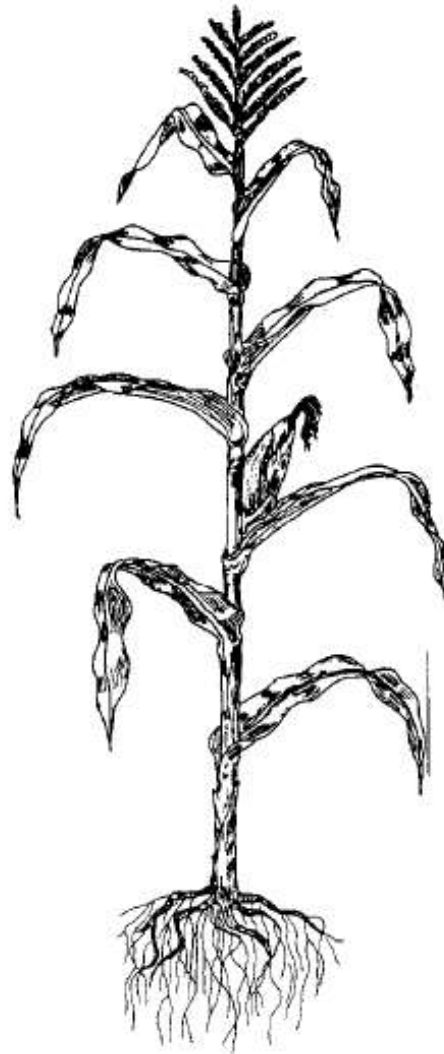


Figura I.1. Planta de maíz.

El tallo

Es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. Los entrenudos de la base son cortos, y se alargan a medida que se encuentran en posiciones superiores hasta terminar en el entrenudo más largo, que lo constituye la base de la espiga. Los entrenudos son medulares, no huecos.

Las hojas

Se desarrollan a partir de las yemas foliares. Al principio el crecimiento es mayormente apical (en las puntas); posteriormente se van diferenciando los tejidos mediante crecimiento en todos los sentidos hasta adquirir la forma característica de la hoja del maíz, larga, angosta, con venación paralelinervia y constituida por la vaina, la lígula y el limbo. Desarrolla entre 15 y 30 hojas, alargadas y abrazadoras de 4 a 10 cm

de ancho por 35 a 50 cm de longitud; tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado.

Las flores

En el maíz existen flores estaminadas y pistiladas, ubicadas en diferentes lugares de la misma planta, por lo que se denomina monoica.

Las flores estaminadas (masculinas) se encuentran por parejas en espiguillas, estas últimas se distribuyen en ramas de la inflorescencia, conocida como espiga o panoja. Tienen de 6 a 10 mm. Cada flor tiene tres estambres largamente filamentados.

Las flores pistiladas (femeninas) se encuentran en una inflorescencia con un soporte central denominado tusa, cubierto de brácteas foliares. Se disponen de dos en dos, lo cual explica que el número de hileras de la mazorca siempre sea par. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20 cm, formando su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca (barba del maíz).

Como resultado de la separación de mazorca y panoja, y del fenómeno llamado proterandria en la floración, el maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación.

El fruto

La mazorca está formada por una parte central llamada zuro; también es conocida por los agricultores por diferentes nombres, como “corazón” “pirulo”. El zuro representa del 15% al 30% del peso de la espiga.

El fruto es clasificado como cariósida, fruto seco que no se cae de su soporte. Éste proviene de un ovario compuesto. La cubierta del grano está fuertemente adherida al pericarpio. Se dispone en hileras longitudinales, teniendo cada mazorca varios centenares.

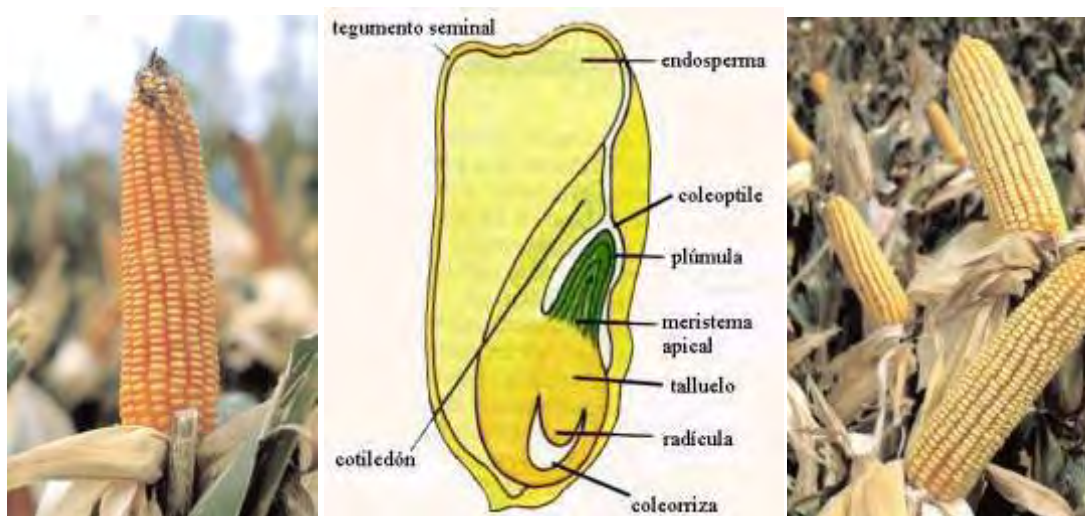


Figura 1.2. Mazorca y estructura del grano.

Crecimiento y desarrollo de la planta de maíz

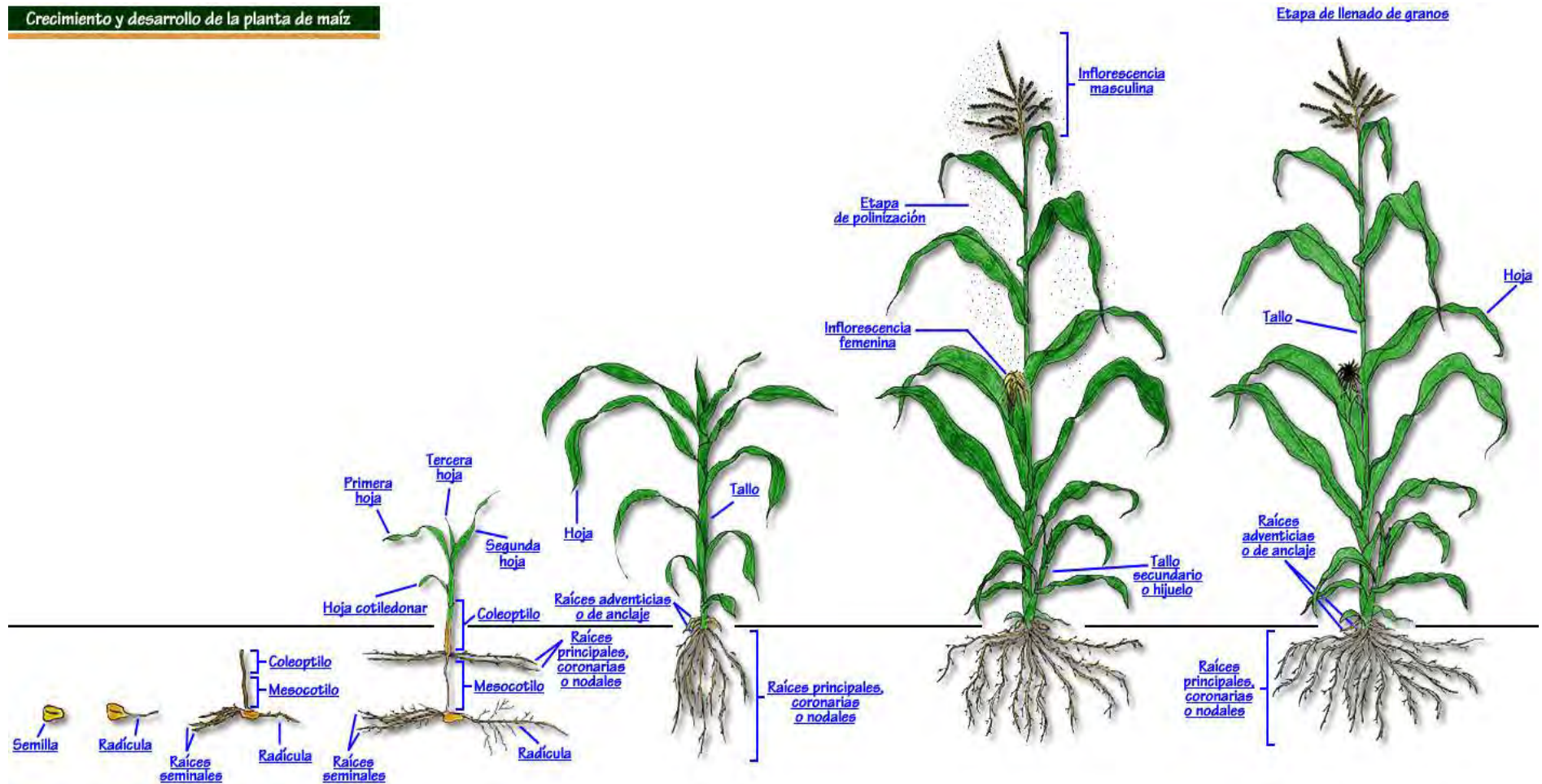


Figura I.3. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de maíz.

1. 3. Necesidades y exigencias

El maíz se cultiva en la mayoría de los países del mundo y regiones agrícolas que están comprendidas bajo las siguientes condiciones:

Localización

En general, el maíz se adapta desde los 50° de latitud norte hasta alrededor de los 40° de latitud sur. Esta es una amplia franja que abarca múltiples regiones agrícolas del mundo.

El maíz crece desde el nivel del mar hasta elevaciones cercanas a los 4000 metros sobre éste. Es posible cultivar maíz, con óptimos rendimientos desde el nivel del mar hasta alrededor de los 2500 msnm. Los rendimientos disminuyen en altitudes mayores a los 3000 msnm.

A baja o media altitud las plantas pueden alcanzar alturas de tres metros o más, mientras que a grandes altitudes (más de 3000 m) las plantas apenas llegan a unos 0.5 m de altura.

Luz y fotoperiodo

El maíz es una de las plantas cultivadas que más responde a los efectos de la luz. Depende de la luz solar intensa y prolongada para su mejor y más rápido desarrollo. Si ocurren días nublados durante la polinización, se produce una importante reducción en el rendimiento en grano. Una disminución de 30 a 40% en la intensidad de luz, produce un retraso en la madurez de 5 a 6 días. Las variedades tardías son las más sensibles a la falta de luz.

Se ha observado que las variedades de maíz adaptadas a climas de días cortos, al ser expuestas a días de 11 a 15 horas de luz durante el mes de junio, retrasan su floración. Por el contrario, los días cortos promueven la floración.

Temperatura

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10°C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18°C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es una planta de países cálidos, con temperaturas relativamente elevadas durante toda su vegetación.

La temperatura más favorable para la nascencia se encuentra próxima a los 15°C.

En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24°C y 30°C. Por encima de los 30°C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Los días soleados seguidos de noches frescas, son los más beneficiosos para el crecimiento rápido del maíz. Si ocurren altas temperaturas nocturnas, las plantas consumen demasiada energía en la respiración celular, y la cantidad total de material que se acumula en los granos es menor que en las noches frescas, cuando la respiración es menos intensa.

Si las temperaturas son excesivas (superiores a los 40°C) durante la emisión de polen y el alargamiento de los pistilos, pueden producirse problemas.

Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que se haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en el transporte de humedad al grano.

El hecho de que hoy haya variedades con muy diferente duración de ciclo ha permitido que se extienda bastante el área del maíz, pudiendo sembrarse en zonas más frías con híbridos de ciclo más corto, que, aunque son menos productivos, generalmente, que los de ciclo largo, se pueden sembrar más tarde y recolectar antes en estas áreas, que antes eran marginales por falta de temperatura.

Humedad

Las fuertes necesidades de agua del maíz condicionan también el área de cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando quince o veinte días antes de ésta, período crítico de necesidades de agua.

En España el maíz es una planta propia de los regadíos o de los secanos húmedos del norte y noroeste.

Suelo

El maíz se adapta a muy diferentes suelos, donde puede producir muy buenas cosechas, siempre que se utilicen variedades adecuadas y técnicas de cultivo apropiadas.

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos), por su facilidad para inundarse, y los muy sueltos (arenosos), los cuales afectan al desarrollo de la planta por su propensión a secarse demasiado.

En general, los mejores suelos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos), fértiles, profundos y con elevada capacidad de retención de humedad. El maíz es capaz de desarrollarse en suelos de 60 cm de profundidad. No obstante, los suelos más profundos pueden tener mayor capacidad de retención de humedad y ser más favorables.

Prefiere pH comprendido entre 5.5 y 8., aunque los mejores resultados se obtienen en suelos ligeramente ácidos.

El maíz es medianamente tolerante a la salinidad. Las sales pueden retrasar la nascencia de semillas, pero apenas muy ligeramente su porcentaje de germinación. Un contenido de sales totales solubles de 0.5% en el suelo, o de 153 g/l en la solución del suelo, impiden el desarrollo normal del maíz. Si toda la raíz se ve afectada por concentraciones de sales mayores del 0.5%, el rendimiento de grano se puede reducir a la mitad.

2. El cultivo

2. 1. Abonado

Extracciones

La extracción media que se calcula de elementos nutritivos de NPK en el maíz, por cada 1000 kg de cosecha de grano esperada, se expresa en la tabla I.2., en unidades de N, P₂O₅ y K₂O, (BELTRÁN ASO, 2011):

Tabla I.2. Extracción de nutrientes del maíz.

N	27 Ud
P₂O₅	10 Ud
K₂O	20 Ud

Un análisis de suelo nos diría si existe o no fósforo o potasio asimilables y, según las cantidades existentes, podrían modificarse estas cifras orientativas de abonado.

Influencia del nitrógeno

El N influye en el rendimiento y también en la calidad, pues de él depende el contenido de proteínas del grano. Cuando la planta padece hambre de N, disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central, dando lugar a una especie de dibujo en forma de V.

Al acentuarse la carencia de N, la hoja entera amarillea, y paulatinamente van poniéndose amarillas las hojas por encima de la primera.

Cuando los daños son causados por sequía, las hojas también se vuelven amarillas, pero entonces se produce el fenómeno en todas al mismo tiempo.

La absorción del N tiene lugar, especialmente a las 5 semanas que transcurren desde diez días antes de la floración hasta veinticinco o treinta días después de ella. Durante estas cinco semanas la planta extrae el 75% de sus necesidades totales.

Las mazorcas procedentes de plantas que han sufrido falta de nitrógeno tienen las puntas vacías de grano.

Influencia del fósforo

El ácido fosfórico favorece la fecundación y el buen desarrollo del grano. Favorece también el desarrollo de raíces.

En una carencia de fósforo, los pistilos emergen muy lentamente o que origina fecundaciones que dan mazorcas irregulares y que suelen tener carreras de granos rudimentarios.

La absorción del fosfórico por la planta es importante en las proximidades de la floración y continúa durante unos tres meses. Las cinco semanas de necesidades máximas de N coinciden con las del fósforo.

Influencia del potasio

La carencia de potasa origina raíces muy débiles, y las plantas son muy sensibles al encamado, así como al ataque de hongos.

En las plantas jóvenes se nota a veces la carencia de potasa en que las plantas toman tonalidades amarillas o amarillo-grisáceas, apareciendo algunas veces rayas o manchas amarillentas. Las puntas y los bordes de las hojas se secan y aparecen como chamuscadas o quemadas.

La falta de potasa se nota en las mazorcas en que, como en el N quedan vacías las puntas.

El maíz necesita las dos terceras partes de la potasa durante el mes que transcurre desde quince días antes hasta quince días después de la floración.

Magnesio

En algunas zonas, en terrenos arenosos, puede presentarse carencia de magnesio. Se detecta al presentar la planta rayas amarillentas a lo largo de las nerviaciones y, con frecuencia, color púrpura en la cara inferior de las hojas bajas.

Si se observa la falta de magnesio puede corregirse en el maíz sembrando, en años sucesivos, con abonos que contengan magnesio.

En general, las mazorcas que han sufrido carencias son de menor tamaño que las procedentes de plantas bien nutridas.

Oligoelementos

Algunas veces se observan síntomas de carencia de ciertos oligoelementos, tales como el boro. Las carencias de boro suelen producirse sólo en terrenos ácidos y, cuando ocurren, las mazorcas aparecen arrugadas por el lado que queda frente al tallo, mientras el resto de la mazorca es normal.

A veces, el imperfecto llenado de las plantas no está originado por ninguna carencia, sino porque las espigas no cubren totalmente la mazorca, pudiendo la parte descubierta no llegar a granar por la acción de insectos o pájaros o por accidentes meteorológicos.

Épocas de aplicación

El maíz es una planta muy sensible a la aplicación de los fertilizantes, tanto por aumento de producción como por la calidad del grano. En pocas plantas se nota una influencia tan clara del N aportado como fertilizante en la cantidad de proteínas del grano y, de la misma manera, una fertilización corta en N nos dará con seguridad una disminución notable de la producción.

Dada la importancia que tiene para la producción de la cosecha la existencia de N abundante 10 ó 15 días antes de la floración y durante esta, la aportación de N debe asegurar cubrir las necesidades hasta el final del ciclo.

El abonado de fondo de N puede ser la mitad o la tercera parte del abono total suministrado. Naturalmente, todo el abono fosfórico y potásico debe suministrarse de fondo.

El abono nitrogenado de cobertera debe suministrarse como mínimo en dos veces, momento del aclare y un mes después.

Recomendaciones de abonado

Por lo general hay que procurar realizar un abonado de fondo en Marzo, antes de realizar la segunda labor de preparación del suelo, en la que se aplican todas las necesidades de fósforo y potasio, junto con un tercio del nitrógeno.

A finales de Mayo o principios de Junio se aplica el nitrógeno restante, aunque también se puede suministrar en varias dosis según avanza el cultivo, en función de la posibilidad que haya de poderlo aplicar o no.

2. 2. Preparación del terreno

La preparación del terreno tendrá por objeto la obtención de una tierra mullida en profundidad, pero no debe quedar hueca, por lo que, una vez trabajada, deberá ser asentada sin apelmazar. La capa superficial deberá quedar bien nivelada y sin terrones.

Las labores tendrán que dejar también el suelo desprovisto de malas hierbas en el momento de la siembra.

2. 3. Siembra

Época

La oportuna elección de la época de siembra es uno de los factores importantes para lograr una buena producción de maíz.

El maíz germina a partir de los 10°C de temperatura media. La experiencia en la Comunidad de Castilla y León es sembrar a partir del 1 de abril, empleando variedades de ciclo 400 en las siembras más tempranas, y 300 en las un poco más tardías.

Densidad

Una buena densidad de población es un requisito imprescindible para obtener una buena cosecha. Hay que olvidar que, cuando las siembras quedan claras, el mayor tamaño de las mazorcas no compensa la falta de plantas.

Lo ideal es emplear una sembradora neumática de precisión, con una dosis de unas 100 000 semillas/ha. Como la nascencia viene a ser del 85 – 90 %, la densidad real queda en 85 – 90 000 plantas/ha, que la podemos considerar óptima para esta zona.

Profundidad

El grano debe enterrarse poco profundo, sobre todo en tierras fuertes y arcillosas. La profundidad debe variar entre 2 a 3 cm en un suelo bastante húmedo y 8 a 10 cm en tierra arenosa que se deseque fácilmente.



Figura I.4. Parcela sembrada de maíz.

2. 4. Riego

Una falta de agua en el maíz provoca el cierre de los estomas, reduciendo la fotosíntesis, o que afecta al rendimiento. No deben, pues, producirse, durante el ciclo del maíz, periodos de falta de agua.

Es particularmente perjudicial para el rendimiento una falta de agua durante la floración. Se calcula que una deficiencia durante ella puede producir una disminución del 30% de la cosecha.

Cuando el maíz padece falta de agua durante la floración, la formación del penacho se detiene, por lo que no es difícil comprobar posteriormente que un maíz ha padecido sequía durante esta, ya que los penachos no acaban de descollar bien.

Hay agrónomos que recomiendan retrasar el primer riego con el fin de que las raíces profundicen y se extiendan buscando zonas más bajas donde existe humedad. Creemos que esto es aconsejable, siempre y cuando no se retrase el primer riego hasta el punto en el que el maíz padezca sed.

Una vez dado el primer riego, ya no debe sufrir nunca la planta de falta de agua, cumpliendo con las necesidades del cultivo, como se aprecia en la figura I.5.

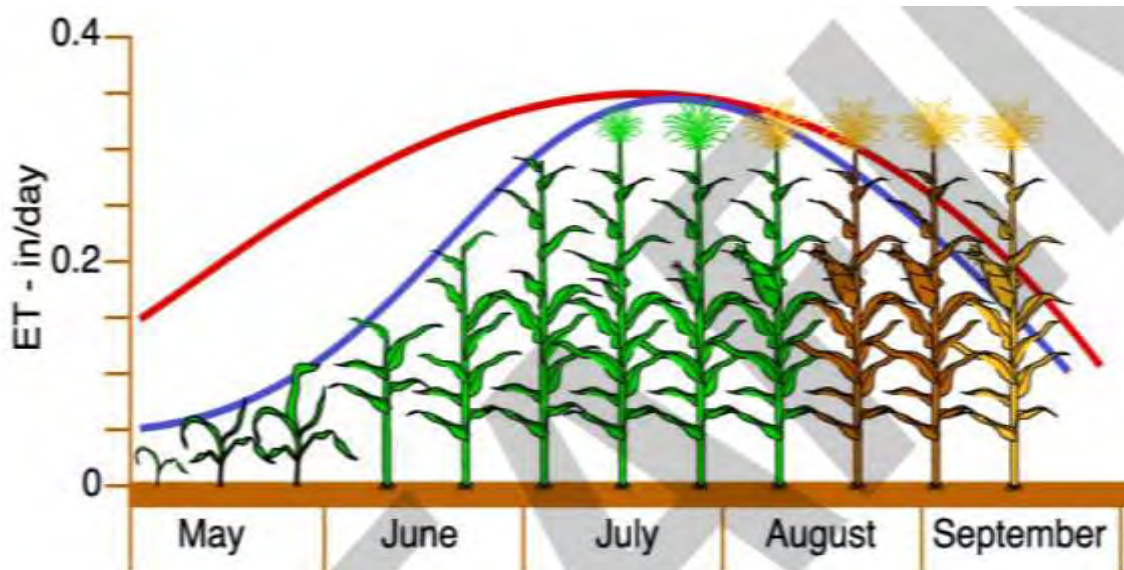


Figura 1.5. Necesidades de agua del maíz. La línea roja representa la ET de referencia (ET_o) en función de las condiciones ambientales. La línea azul, la de la etapa de crecimiento teniendo en cuenta la cosecha. (Fuente: NETAFILM)

2. 5. Tratamientos fitosanitarios

Se suelen realizar varios tratamientos fitosanitarios, en preemergencia o postemergencia precoz se aplica el herbicida para erradicar la vegetación arvense existente, y a partir de Julio, si fuera necesario, se realizaría un tratamiento insecticida para evitar pérdidas por el efecto de plagas y enfermedades, aunque no es frecuente.

2. 6. Recolección

El maíz puede cosecharse desde que ha alcanzado la madurez fisiológica, que se logra cuando del 50 al 75% de las espigas se vuelven amarillas. Sin embargo, en este momento suele tener demasiada humedad.

La recolección del maíz comprende el arranque de las mazorcas, la eliminación de las brácteas de estas, el desgranado y la siega o desmenuzamiento de los tallos.

El maíz, para ser conservado, debe tener 13 – 14% de humedad, por lo que si la recolección es temprana (mediados de Octubre), suele darse el caso de tener que rebajar la humedad del grano desde el 25 – 30% hasta el porcentaje anteriormente dicho. Para ello se lleva al secadero.

En el cuadro resumen que se muestra a continuación (ver tabla 1.3.), se describen cada una de las etapas del desarrollo fenológico del maíz, con su descripción, los eventos fenológicos que ocurren en cada una de ellas, y el manejo agronómico recomendado.

Tabla I.3. Etapas del desarrollo fenológico del maíz.

Etapa	Descripción	Eventos fenológicos	Manejo agronómico
VE	Coleóptilo emerge de la superficie del suelo.	Meristemo apical debajo de la superficie del suelo. El crecimiento de las raíces seminales decrece y comienza el desarrollo de raíces nodales en los nudos inferiores.	Preparación suelo para garantizar buena emergencia, con humedad y temperatura adecuadas. Plántulas muy sensitivas al microambiente. Absorción de nutrientes sólo con las raíces seminales.
V3	Tres hojas completamente desarrolladas	Meristemo apical debajo de la superficie del suelo. El crecimiento de las raíces seminales cesa y se acentúa el de las raíces nodales.	Temperatura superficial crítica para las plántulas. Los daños al follaje no afectan al meristemo apical, que está bajo el suelo. El buen establecimiento de plántulas es vital para un buen rendimiento.
V6	Seis hojas completamente desarrolladas	Meristemo apical sobre la superficie del suelo. Meristemo se convierte en flor masculina incipiente. Todas las hojas se encuentran iniciadas, pero no visibles. Tallo inicia fase de elongación rápida. Raíces nodales en nudos inferiores. Degeneración y pérdida de las dos hojas inferiores.	Termina la fase inicial de acumulación lenta de biomasa. Comienza la fase acelerada de crecimiento del cultivo, con expansión del follaje, captura de radiación (alrededor del 40%) y absorción de nutrientes. Raíces nodales exploran un volumen extenso de suelo. Respuesta a la fertilización con N.
V9	Nueve hojas completamente desarrolladas	Flor masculina en rápido crecimiento. Conversión de meristemos laterales en mazorcas. Crecimiento rápido del cultivo; expansión del follaje y captura cada vez mayor de la radiación disponible. Desarrollo de raíces nodales en nudos adicionales.	Tasa de crecimiento aún mayor debido a mayor intercepción de radiación (60%). Expansión rápida del follaje y absorción de nutrientes, Iniciación de óvulos en las mazorcas incipientes (número por hilera). Fertilización adicional.

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

Tabla 1.3. (Cont.). Etapas del desarrollo fenológico del maíz.

Etapa	Descripción	Eventos fenológicos	Manejo agronómico
V12 a V15	Doce a quince hojas completamente desarrolladas	Mazorcas en fase de iniciación de óvulos. Espiga en rápido crecimiento y en competencia por recursos con las mazorcas. Follaje y cultivo en rápida expansión. Captura casi total de radiación disponible. Mazorcas inferiores abortan	La acumulación de la biomasa entra a la fase lineal. Estrés ambiental reduce el número de óvulos y mazorcas por planta. Alta demanda de humedad y nutrientes.
V18 a V22	Dieciocho a veintidós hojas completamente desarrolladas	Espiga a punto de emergencia. Rápido crecimiento de óvulos en mazorcas iniciadas. Expansión del follaje casi cesa y la cobertura del suelo es casi completa. Se observan raíces adventicias.	Desarrollo de la mazorca muy sensitiva a estrés ambiental. Altos rendimientos de nutrientes y humedad. Estrés afecta más a la floración femenina, retardando la emisión de los estigmas y reduciendo el rendimiento en grano.
VT	Visible la última rama de la espiga, pero los estigmas aún no han emergido	Espiga totalmente expuesta. Derramamiento de polen por una a dos semanas. Altura y número final de hojas establecidos.	El rendimiento es muy susceptible al estrés ambiental. Óvulos en estado de crecimiento rápido. Follaje intercepta el 90% de radiación
R1	Emisión de los estigmas	Estigmas emergen para ser polinizados. El grano de polen toma 24 horas para fecundar el óvulo.	Se determina el número de óvulos fertilizados por mazorca. Estrés causa polinización pobre y bajo número de granos por planta. Absorción de K cesa después de R1.
R2	Etapa de ampolla, diez a doce días después de la fecundación (ddf)	El endosperma esté lleno de líquido claro y el grano parece una ampolla. Se observa el embrión; éste tiene los meristemas apicales y la primera hoja formada. Estigma se oscurecen y degeneran, Comienza la fase lineal de acumulación en grano.	El almidón comienza a acumularse en los granos. Redistribución de N y P de otras partes de la planta hacia el grano. Senescencia de hojas inferiores. Grano con 85% de humedad.

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

Tabla 1.3. (Cont.). Etapas del desarrollo fenológico del maíz.

Etapa	Descripción	Eventos fenológicos	Manejo agronómico
R3	Etapa de leche 18 ddf	Líquido claro lechoso en el endosperma. Concentración alta de azúcares. El embrión comienza a crecer rápidamente y termina la división celular. Estigmas muertos.	Comienza la fase lineal de llenado del grano con tasa cercana a 5 a 6 mg/día. Grano con 80% de humedad.
R4	Etapa de masa, 24 a 28 ddf	Grano se llena con sustancia blanca pastosa. Embrión tiene 4 hojas y ha crecido mucho respecto a R3. Acumulación de almidón en endosperma. Almidón seco o endurecido se deposita de la corona hacia la base del grano formando la línea de leche. Desarrollo de la línea de leche indicador del estadio fisiológico.	Removilización de nutrientes de la planta hacia los granos. Senescencia rápida de las hojas. Número final de granos determinado. Granos con 70% de humedad.
R5	Etapa de dentado, 35 a 42 ddf	La parte superior del grano se llena con almidón seco.	Removilización de nutrientes e la planta hacia los granos. Senescencia más rápida de las hojas. Granos con 50 a 60% de humedad.
R6	Madurez fisiológica, 55 a 65 ddf	Los granos alcanzan su peso máximo. La línea de almidón seco ha avanzado hasta la base, formando la capa negra y ésta es visible. La planta se seca.	Final del cultivo. Grano con 30 a 35% de humedad. Pérdida adicional de humedad depende del clima.

Notas:

a) No todas las plantas de un campo llegan al mismo tiempo a una etapa fisiológica; por tanto, se considerará que una plantación ha llegado a una etapa cuando el 50% de las plantas han alcanzado la misma.

b) Las hojas se consideran completamente desarrolladas cuando se puede observar el cuello de la hoja, o sea la unión de la vaina con el limbo.

(Fuente: Bolaños y Edmeades. 1993. *La fenología del maíz*. En: *Síntesis de resultados experimentales del PRM*. Vol. 4.)

ANEJO II. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

A continuación se describen los sistemas de riego que se van a comparar en el trabajo, detallando características fundamentales de ellos, y cuando sea posible, concretar el tipo de material se emplea en el estudio económico.

Se hace especial hincapié en el coste de las infraestructuras, el agua, la mano de obra que requieren y el gasto energético; datos fundamentales en el análisis comparativo final.

La información proviene de empresas especializadas y varios profesionales productores de maíz grano, en las distintas modalidades de riego.

1. Sistema de riego por inundación

La característica principal del riego por inundación es la forma de distribuir el agua en el suelo. Esta distribución es por gravedad. Al avanzar el agua sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en la parcela y la infiltración de la misma en el perfil del suelo.

Ventajas

- Simplicidad de instalaciones e infraestructura.
- Fácil mantenimiento.
- El empleo de energía gravitatoria, conlleva necesidades energéticas escasas o nulas.

Inconvenientes

- Generalmente, menor eficiencia de aplicación que los riegos por aspersión y goteo (mayor consumo de agua).
- La superficie del terreno es el sistema de conducción y distribución por ello se requiere que la parcela esté nivelada
- Puesto que muchos están situados en tierras bajas, los sistemas por superficie tienden a estar afectados por inundación y salinidad si no se ha previsto un adecuado drenaje.
- Pueden provocar pérdidas de nutrientes por lixiviación y pérdidas de suelo por erosión.

- Dificultad de aplicar dosis bajas.
- Requerimientos elevados de mano de obra.
- Dificultades para la automatización y el telecontrol.

Red de distribución

El agua puede llegar hasta la parcela por medio de cualquier sistema de distribución, bien por tuberías (normalmente a baja presión) o por una red de canales y acequias donde el agua circula por gravedad.

Dentro del sistema de riego la red principal tiene el cometido básicamente de transporte. En sistemas de acequias, el gasto conducido por gravedad es desviado mediante compuertas y partidores, manuales o automáticos hacia una red de distribución cuyos ramales de último orden constituyen la red terciaria, en el entorno inmediato a los tablares, dentro de la parcela. Subdivididos o no en módulos cada vez más pequeños, el gasto distribuido es entregado a las tomas en cabeza de los canteros.

Objetivos en el diseño

- Equilibrio entre los procesos de avance e infiltración para que la lámina infiltrada en cada punto de la parcela sea similar.
- Evitar pérdidas por percolación profunda y por escorrentía superficial.
- Mejora de la eficiencia en la red de distribución.



Figura II.1. Red de distribución del sistema de riego por inundación.

1. 1. Coste de las infraestructuras

Por lo general este coste se basa en el nivelado y/o refinado de la parcela (figura II.2. y figura II.3.), para lo cual la inversión media es de 1500 €/ha, con una vida útil de 20 años.



Figura II.2. Maquinaria para el nivelado y refinado de la parcela.



Figura II.3. Parcela preparada para el sistema de riego por inundación.

Repartiremos el coste entre los años que será aprovechable dicha inversión, considerando el valor de interés legal medio de los últimos 10 años según el BANCO DE ESPAÑA reflejado en la siguiente tabla:

Tabla II.1. Tipos de Interés lega en los últimos 10 años.

Año	Porcentaje anual del interés (%)
2005	4.00
2006	4.00
2007	5.00
2008	5.50
2009	4.75
2010	4.00
2011	4.00
2012	4.00
2013	4.00
2014	4.00
Media de los últimos 10 años	4.33

De esta manera, el coste anual que repercute por la inversión en infraestructuras para el riego por inundación (ver tabla II.2.), será la cuota anual de un préstamo calculada a partir del coste total de la inversión, los años de vida útil, y los intereses (reflejados en la tabla II.1.) según EDUFIEMP.

$$C_0 = a \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Donde: C_0 es el capital prestado

a es la cuota del préstamo

i es el tipo de interés nominal aplicable, en tanto por uno

n es el periodo, expresado en años ya que la cuota que buscamos es anual

$$1500 \text{ €} = a \cdot \frac{1 - (1 + 0.0433)^{-20}}{0.0433}$$

$$a = 113.62 \text{ €/año}$$

Tabla II.2. Coste de las infraestructuras en riego por inundación.

Infraestructura	Coste total (€/ha)	Vida útil (años)	Coste anual (€/ha)
Nivelado y/o refinado	1500.00	20	113.62

1. 2. Coste del agua

Para realizar la comparativa, hemos decidido establecer el riego con toma de agua desde canal, para que sea posible realizar el trabajo también con riego por inundación.

El coste no depende del agua consumida, sólo de las hectáreas regables, correspondiendo, dependiendo de zonas, desde 120 €/ha a 280 €/ha, por lo que emplearemos un coste medio, reflejado en la tabla II.3., al igual que el caudal disponible, que es de 125 m³/h.

Tabla II.3. Coste del agua en riego por inundación

Agua	Caudal disponible (m ³ /h)	Coste (€/ha)
Tasa por superficie regable	125.00	200.00

Aunque el coste económico no esté relacionado con el consumo de agua, se demuestra, con el desarrollo de un ejemplo de calendario de riego (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE INUNDACIÓN**, final del ANEJO II), el agua necesaria que repercute como coste ambiental, y el número de riegos que influye en la necesidad de mano de obra, todo ello para cubrir las necesidades hídricas del cultivo de maíz.

En la tabla II.4. se detalla la cantidad de agua que se emplea en el riego y la que es eficaz y aprovechable por la planta. La eficiencia del riego por inundación es de un 55% (ANTÚNEZ *et al.* 2010).

Tabla II.4. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por inundación.

	mm	m ³ /ha
Riego aplicado	1380.00	13800.00
Riego aprovechado	759.00	7590.00
Agua desperdiciada	621.00	6210.00

1. 3. Necesidad de mano de obra

Para la instalación de este sistema no es necesario gran cantidad de mano de obra, ya que basta con el aporcado, labor que esta referenciada con el resto de labores en el apartado 1.1. del Anejo III.

La demanda de trabajo humano corresponde al periodo de riego, debido a la obligación de encauzar el agua correctamente a través de la parcela. El tiempo estimado que tarda en regarse una hectárea de maíz con este sistema es de 8 h/riego.

Considerando que la atención requerida por parte del regante es del 25% del tiempo de riego, la mano de obra necesaria con este sistema de irrigación sería una media de 2 h/ha y riego.



Figura II.4. Transcurso del agua a través de la parcela de maíz.

Según el calendario de riego desarrollado al final del documento son necesarios unos 14 riegos, que considerando que el salario del regante sea de 10 €/h, se especifica el coste total de mano de obra en la tabla siguiente:

Tabla II.5. Coste de la mano de obra en riego por inundación

Mano de obra	Tiempo riego (h/ha)	Nº riegos	% tiempo regante	Tiempo regante (h/ha)	Coste del regante (€/h)	Coste total (€/ha)
Riego	8.00	14	25	28.00	10.00	280.00

1. 4. Gasto energético

Con el riego por inundación, no es necesaria la impulsión del agua, ya que fluye por la propia gravedad.



Figura II.5. Riego por inundación.

2. Sistema de riego por aspersión

El riego por aspersión sigue siendo en España uno de los sistemas de riego a presión más importantes. Por tanto, este sistema de riego juega un papel cuantitativo importantísimo dentro del sector del riego nacional y de ahí que sea necesario tener información fiable sobre el funcionamiento de los aspersores, que son los responsables de distribuir el agua con suficiente uniformidad en el terreno.

Ventajas

- Se adapta a las distintas dosis de riego necesarias.
- No necesita nivelación.
- Facilita por lo general la mecanización.
- Fácil de automatizar.
- Suele permitir el tratamiento con fertilizantes, fitosanitarios y lucha anti-helada.

Inconvenientes

- Puede lavar algunos tratamientos si no se cuida su programación.
- Mala uniformidad en el reparto por la acción de fuertes vientos.
- Alto coste de inversión inicial y mantenimiento y funcionamiento (energía) si no está bien diseñado.

2. 1. Sistema de riego mediante cobertura total

Se entiende así por el sistema fijo en el que todas las tuberías que forman la red de riego permanecen fijas durante el ciclo del cultivo.

Nos centraremos en los sistemas fijos aéreos, aquellos que normalmente se montan después de la siembra y se recogen y almacenan antes o después de la recolección.



Figura II.6. Instalación de cobertura total en parcela de maíz (sin alargadera de aspersor colocada).

Descripción de los elementos de la instalación

- Tuberías: tanto la principal como la secundaria, aunque suelen ser metálicas (ej. Aluminio) pueden ser de cualquier material que aguante la intemperie y las presiones de trabajo sin fugas ni deterioros.
- Elementos de control: pueden ser un hidrante o una válvula reguladora y sirven, dependiendo de sus características, tanto para limitar el caudal que llega a los aspersores, como para regular la presión en la parcela de riego.

Los componentes mínimos que debe tener una instalación de riego por aspersión mediante cobertura total son:

- Unidad o grupo de bombeo (salvo cota piezométrica suficiente por gravedad).
- Tuberías principales.
- Hidrantes.
- Elementos de control y regulación.
- Tubería lateral o ramal de riego.
- Aspersores.

2. 1. 1. Coste de las infraestructuras

Este coste se basa en la adquisición de una bomba de presión, el cabezal de riego y el material de conducción necesario, tubería general, elementos de control, tubería secundaria y aspersores con caña alta.

La bomba de riego tiene la misión de dar una presión al sistema de 5.0 bar, para que la uniformidad de riego sea óptima, con una presión en los aspersores de 3.0 – 3.5 bar. Para completar el cabezal de riego, consideraremos la presencia de un filtro de malla (ver figura II.7.) para evitar impurezas que colapsen los orificios de salida del agua en el sistema de riego.



Figura II.7. Filtro de malla

El resto de material necesario son tuberías de aluminio, elementos de control del mismo material, al igual que los aspersores de talla alta y estabilizadores largos.

Como el ejemplo adoptado para el caso de riego mediante cobertura total es una parcela de 5 ha, el coste de las infraestructuras se resume en la tabla II.6, calculando el coste monetario por hectárea (ver **ESQUEMA 1 de PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON COBERTURA TOTAL EN MAÍZ**, final del ANEJO II).

Tabla II.6. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante cobertura total, desglosada.

Elementos de la infraestructura	Coste (€)
Instalación para una parcela de 5 ha regables	
Motor 6 cilindros, a 1500 rpm da 82,5 CV	8740.00
Bomba de riego capaz de dar 170000 l/h a una altura H = 65 mca a 1450 rpm	4040.00
Cuadro mandos colocado e instalado	600.00
Acople del equipo de bombeo para su transporte	1000.00
Filtro de malla de 6", con orificios de filtración de 400 micras y capacidad para un caudal de 250 m ³ /h	713.40
Tubería general aluminio de 133 mm ø 10 ud de 9 m (96.00 €/ud) 11 ud de 6 m (75.00 €/ud)	1785.00
Elementos de control aluminio, cruces 133 mm ø con 2 salidas de 2" ø + válvulas de esfera 2" ø + hembras de 50 x 2" ø 11 ud (21.90 €/ud)	240.90
Tubería secundaria aluminio de 6 m y 50 mm ø 562 ud (12.50 €/ud)	7025.00
Aspersores + T con soporte aspersor altura de 0,7 m y 50 mm ø + alargadera de 1,5 m (maíz) + estabilizadores 600 mm (maíz) 292 ud (18.05 €/ud)	5270.60
Tapones finales 22 ud (1.60 €/ud)	35.20
TOTAL	29450.10
Coste de la infraestructura (€/ha)	5890.02

(Fuente precios: Catálogos comerciales y consultas.)

Repartiremos el coste entre los años que será aprovechable dicha inversión, considerando el valor de interés legal medio de los últimos 10 años según el BANCO DE ESPAÑA, que es de 4.33, detallado en el caso de riego por inundación (apartado 1.1. del ANEJO II).

De esta manera, el coste anual que repercute por la inversión en infraestructuras para el riego por aspersión mediante cobertura total (ver tabla II.6.), será la cuota anual de un préstamo calculada a partir del coste total de la inversión, los años de vida útil, y los intereses (reflejados en la tabla II.1.) según EDUFIEMP.

$$C_0 = a \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Donde: C_0 es el capital prestado

a es la cuota del préstamo

i es el tipo de interés nominal aplicable, en tanto por uno

n es el periodo, expresado en años ya que la cuota que buscamos es anual

$$5890.02 \text{ €/ha} = a \cdot \frac{1 - (1 + 0.0433)^{-20}}{0.0433}$$

$$a = 446.17 \text{ €/ha} \cdot \text{año}$$

Tabla II.7. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante cobertura total.

Infraestructura	Coste total (€/ha)	Vida útil (años)	Coste anual (€/ha)
Instalación del sistema de riego por cobertura total completo	5890.02	20	446.17

2. 1. 2. Coste del agua

Como se ha citado anteriormente, la toma de agua se hace desde canal.

El coste no depende del agua consumida, sólo de las hectáreas regables, correspondiendo, dependiendo de zonas, desde 120 €/ha a 280 €/ha, por lo que emplearemos un coste medio, reflejado en la tabla II.3., al igual que el caudal disponible, que es de 125 m³/h.

Tabla II.8. Coste del agua en riego por aspersión mediante cobertura total.

Agua	Caudal disponible (m ³ /h)	Coste (€/ha)
Tasa por superficie regable	125.00	200.00

Aunque el coste económico no esté relacionado con el consumo de agua, se demuestra, con el desarrollo de un ejemplo de calendario de riego (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL**, final del ANEJO II), el agua necesaria que repercute como coste ambiental, y el número de riegos que influye en la necesidad de mano de obra, todo ello para cubrir las necesidades hídricas del cultivo de maíz.



Figura II.8. Parcela de cobertura total regando.

En la tabla II.9. se detalla la cantidad de agua que se emplea en el riego y la que es eficaz y aprovechable por la planta. La eficiencia del riego por aspersión mediante cobertura total es de un 70% (ANTÚNEZ *et al.* 2010).

Tabla II.9. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por aspersión con cobertura total.

	mm	m ³ /ha
Riego aplicado	1085.00	10850.00
Riego aprovechado	759.50	7595.00
Agua desperdiciada	325.50	3255.00

2. 1. 3. Necesidad de mano de obra

Para la instalación de este sistema es necesario mano de obra, ya que hay que colocar todo el material distribuido correctamente por toda la parcela para lograr una distribución uniforme del agua por la parcela. El tiempo estimado para ello es de 4 h/ha, con un coste de 13.5 €/h, considerando el jornal del trabajador junto con la maquinaria necesaria para el transporte, distribución y su recogida después de la campaña de riego.



Figura II.9. Material necesario para la instalación de la cobertura total.

La demanda de trabajo humano corresponde también al periodo de riego, debido a la necesidad de cambiar el accionamiento en los elementos de control, para activar los diferentes turnos de riego.

Las necesidades de riego por parte del cultivo, son 1085 mm (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL**, final del ANEJO II). El total de agua necesaria para las 5 ha es de 54250 m³, Como se necesitan 31 riegos, se traduce en 1750 m³/riego, que con un caudal de 125 m³/h, el tiempo destinado para cada uno de ellos en las 5 ha es de 14 h, que en una hectárea repercuten en 2.8 h/riego.

Considerando que la atención requerida por parte del regante es del 2% del tiempo de riego, la mano de obra necesaria con este sistema de irrigación sería una media de 0.056 h/ha y riego.

Considerando que el salario del regante sea de 10 €/h, se especifica el coste total de mano de obra total en la tabla siguiente:

Tabla II.10. Coste de la mano de obra en riego por aspersión mediante cobertura total.

Mano de obra	Tiempo riego (h/ha)	Nº riegos	% tiempo regante	Tiempo regante (h/ha)	Coste del regante (€/h)	Coste total (€/ha)
Riego	2.8	31	2	1.74	10.00	17.36
Instalación				4.00	13.50	54.00
					TOTAL	71.36

2. 1. 4. Gasto energético

La necesidad de presurizar el agua de riego, para que el sistema funcione correctamente, crea la obligación de usar una motobomba, equipada con un motor que suministra la potencia adecuada para el punto de funcionamiento sobre la curva característica (ver figura II.11.). El acople entre la bomba y el motor diesel se hace mediante espaciador de toma directa (ver figura II.10.).

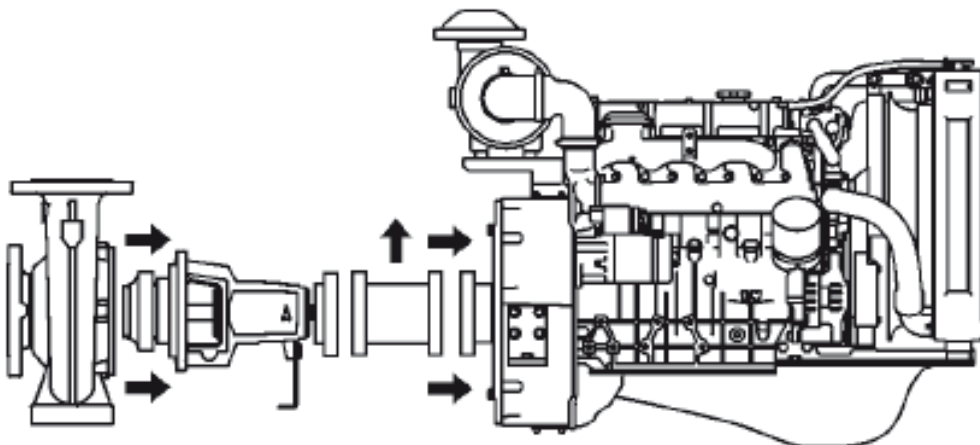


Figura II. 10. Motobomba, construcción con espaciador.

Con las curvas características se conoce la potencia necesaria para presurizar el agua en cada caso, como vemos en la figura II.

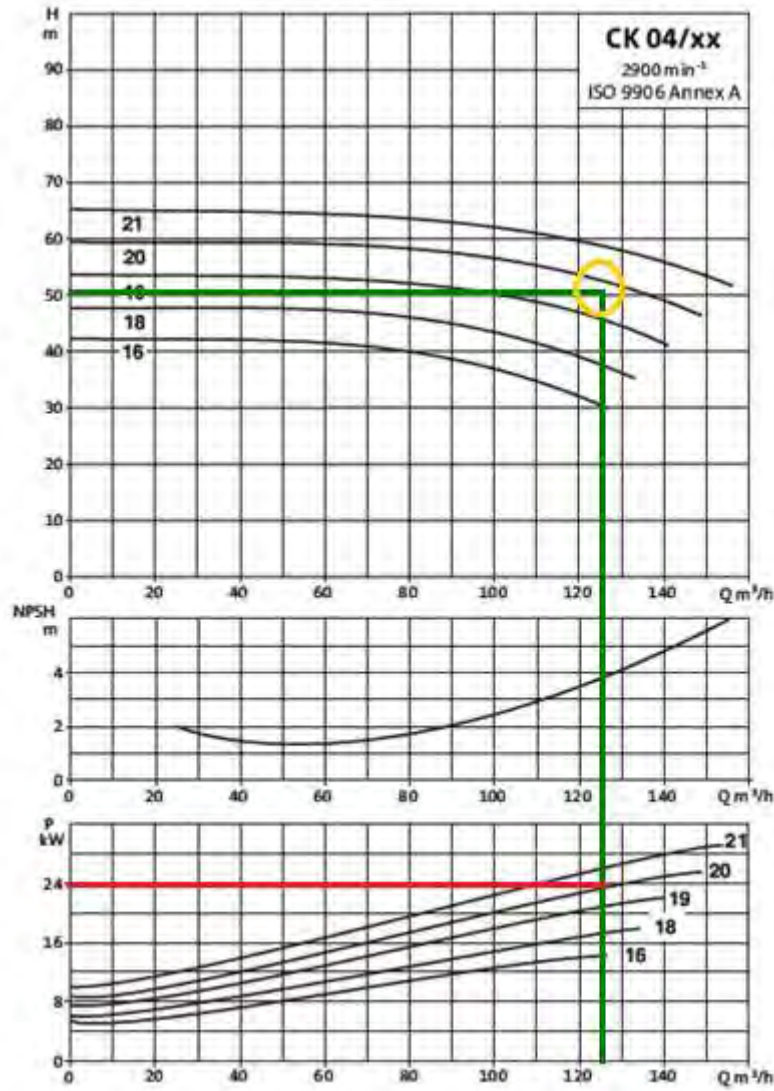


Figura II.11. Curva característica de motobomba.

Con el sistema de riego por aspersión mediante cobertura total, se necesita una presión en el aspersor de 3.0 – 3.5 bar, por lo que se requieren 5.0 bar a la salida del motor. Según la curva característica de la motobomba (figura II. 11.), la potencia necesaria es de 24 kW. A continuación se realzan los cálculos necesarios para determinar el coste económico de este proceso de presurización:

Tiempo de riego (h/ha)	$2.8 \text{ h/riego} \cdot 31 \text{ riegos}$	86.8 h/ha
(Potencia motor = 24 kW)		
Consumo (kWh/ha)	$24 \text{ kW} \cdot 86.8 \text{ h}$	2083.2 kWh/ha
*PCI gasoil = 9.9813 kWh/l (NOVA ENERGÍA); Eficiencia motor = 80%		
Consumo gasoil (l/ha)	$\frac{2083.2 \text{ kWh}}{9.9813 \text{ kWh/l} \cdot 0.8}$	260.9 l/ha
Coste total (€/ha)	$260.9 \text{ l} \cdot 0.8 \text{ €/l}$	208.72 €/ha

*PCI: Poder Calorífico Inferior

2. 2. Sistema de riego mediante pívot

Semejante al caso anterior, solo que la instalación de aspersores es sustituida por un ramal de riego con un extremo, por lo general, fijo, por el que recibe el agua y la energía eléctrica, y el otro móvil que describe un círculo girando sobre el primero, caracterizándose porque se mueve mientras riega.

Está formado por una tubería porta emisores que va sustentada sobre torres automotrices, dotadas normalmente de un motor eléctrico y dos ruedas neumáticas. La tubería, que normalmente es de acero galvanizado, sirve de elemento resistente para vencer el vano entre torres, junto con barras o cables, formando una viga en celosía, dejando libre hasta el suelo unos 3 m, aunque hay variantes que llegan a dejar vanos de más de 5 m para el riego de cultivos leñosos.

Cada tramo va unido a una torre soporte y articulado con el tramo anterior, debiendo permitir giros según un eje vertical y otro horizontal. La unión debe ser estanca y sólida, ya que tiene que transmitir esfuerzos importantes, especialmente en equipos trasladables.

Existen varios tipos de ensamblajes a base de: cardan exterior, rótula exterior o un simple gancho interior, Los manguitos de cierre hermético de la tubería suelen ser de acero con junta hidráulica, de rotula o de material sintético flexible, pudiendo llevar alguna funda metálica.

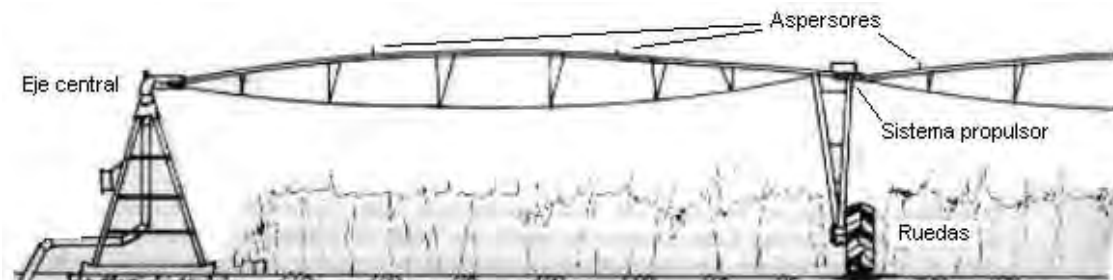


Figura II.12. Esquema de pívot central.

2. 2. 1. Coste de las infraestructuras

Este coste se basa en la adquisición de una bomba de presión, el cabezal de riego y el material de conducción necesario, pero que en este caso es una infraestructura anclada en un punto a la parcela, y que automotriz de forma circular por la parcela.

La bomba de riego tiene la misión de dar una presión al sistema de 4.0 bar, para que la uniformidad de riego sea óptima, transmitiendo una presión de 2.5 – 3.0 bar en la cabeza del pívot. Para completar el cabezal de riego, consideraremos la presencia de un filtro de malla (ver figura II.2.) para evitar impurezas que colapsen los orificios de salida del agua en el sistema de riego.

El resto de material necesario se basa en la conducción enterrada del agua desde la bomba de impulsión hasta el eje central del pívot y el sistema de riego por pívot central. Material que instala la empresa especializada.

Como el ejemplo adoptado para el caso de riego mediante pivot es una parcela de 33 ha, el coste de las infraestructuras se resume en la tabla II.11., calculando el coste monetario por hectárea (ver **ESQUEMA 2 de PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON PIVOT EN MAÍZ**, final del ANEJO II).

El coste de la infraestructura incluye el transporte y montaje del pivot, con un generador de gasoil incorporado destinado a la producción de la electricidad necesaria para el desplazamiento.

Tabla II.11. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante pivot, desglosada.

Elementos de la infraestructura	Coste (€)
Instalación para una parcela de 33 ha regables	
Motor 6 cilindros, a 1500 rpm da 82,5 CV	8740.00
Bomba de riego capaz de dar 170000 l/h a una altura H = 65 mca a 1450 rpm	4040.00
Cuadro mandos colocado e instalado	600.00
Acople del equipo de bombeo para su transporte	1000.00
Filtro de malla de 6", con orificios de filtración de 400 micras y capacidad para un caudal de 250 m ³ /h	713.40
Tubería enterrada (327 m)	
Tubería 160 mm ø (6.00 €/m)	
Movimiento de tierra (2.00 €/m)	2616.00
Instalación pivot central de 325 m de longitud, compuesto por pivote central, colector, voltímetro, pilotos indicadores de: tensión de mando, torre alarmada, falta de presión, indicador de mando a derecha e izquierda, arranque automático, sectorial y parada en posición, parada automática por falta de presión y cuenta horas; 1 torre intermedia de 53.5 m, 4 torres intermedias de 49.4 m, 1 torre final de 49.8 m, voladizo de 22.6 m, conjunto de sprays de baja tensión, conjunto de reguladores de presión, aspensor final, base centro de pivot, electroválvula para el cañón final, válvula hidráulica, 12 ruedas y 2 porterías.	37428.00
TOTAL	55137.40
Coste de la infraestructura (€/ha)	1670.83

(Fuente precios: Catálogos comerciales.)

Repartiremos el coste entre los años que será aprovechable dicha inversión, considerando el valor de interés legal medio de los últimos 10 años según el BANCO DE ESPAÑA, que es de 4.33, detallado en el caso de riego por inundación (apartado 1.1. del ANEJO II).

De esta manera, el coste anual que repercute por la inversión en infraestructuras para el riego por aspersión mediante pívot (ver tabla II.11.), será la cuota anual de un préstamo calculada a partir del coste total de la inversión, los años de vida útil, y los intereses (reflejados en la tabla II.1.) según EDUFIEMP.

$$C_0 = a \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Donde: C_0 es el capital prestado

a es la cuota del préstamo

i es el tipo de interés nominal aplicable, en tanto por uno

n es el periodo, expresado en años ya que la cuota que buscamos es anual

$$1670.83 \text{ €} = a \cdot \frac{1 - (1 + 0.0433)^{-20}}{0.0433}$$

$$a = 126.56 \text{ €/año}$$

Tabla II.12. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante pívot.

Infraestructura	Coste total (€/ha)	Vida útil (años)	Coste anual (€/ha)
Instalación del sistema de riego por cobertura total completo	1670.83	20	126.56



Figura II.13. Instalación de pívot central en parcela preparada para maíz.

2. 2. 2. Coste del agua

Al igual que en los casos anteriores, la toma de agua se hace desde canal.

El coste no depende del agua consumida, sólo de las hectáreas regables, correspondiendo, dependiendo de zonas, desde 120 €/ha a 280 €/ha, por lo que emplearemos un coste medio, reflejado en la tabla II.13., al igual que el caudal disponible, que es de 125 m³/h.

Tabla II.13. Coste del agua en riego por aspersión mediante cobertura total.

Agua	Caudal disponible (m ³ /h)	Coste (€/ha)
Tasa por superficie regable	125.00	200.00

Aunque el coste económico no esté relacionado con el consumo de agua, se demuestra, con el desarrollo de un ejemplo de calendario de riego (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON PÍVOT**, final del ANEJO II), el agua necesaria que repercute como coste ambiental, y el número de riegos que influye en la necesidad de mano de obra, todo ello para cubrir las necesidades hídricas del cultivo de maíz.

En la tabla II.14. se detalla la cantidad de agua que se emplea en el riego y la que es eficaz y aprovechable por la planta. La eficiencia del riego por aspersión mediante cobertura total es de un 80% (ANTÚNEZ *et al.* 2010).

Tabla II.14. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por aspersión con pívot.

	mm	m ³ /ha
Riego aplicado	945.00	9450.00
Riego aprovechado	756.00	7560.00
Agua desperdiciada	189.00	1890.00

2. 2. 3. Necesidad de mano de obra

La instalación de este sistema la realiza la empresa de riego especializada, ya que hay que colocar todo el material correctamente para lograr un funcionamiento exacto y por lo tanto una distribución uniforme y cómoda del agua por la parcela.

La demanda de trabajo humano corresponde al periodo de riego, debido a la necesidad de vigilar el correcto funcionamiento del sistema y los diferentes turnos de riego.

Las necesidades de riego por parte del cultivo son 945 mm (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON PÍVOT**, final del ANEJO II). El total de agua necesaria para las 33 ha es de 311950 m³, como se necesitan 29 riegos, se traduce en 10753 m³/riego, que con un caudal de 125 m³/h, el tiempo destinado para cada uno de ellos en las 33 ha es de 86 h, que en una hectárea repercuten en 2.6 h/riego.



Figura II.14. Eje central pívot con cuadro de mandos.



Figura II.15. Parcela de maíz pivot instalado.

Considerando que la atención requerida por parte del regante es del 0.5% del tiempo de riego, la mano de obra necesaria con este sistema de irrigación sería una media de 0.013 h/ha y riego.

Considerando que el salario del regante sea de 10 €/h, se especifica el coste total de mano de obra en la tabla siguiente:

Tabla II.15. Coste de la mano de obra en riego por aspersión mediante pivot.

Mano de obra	Tiempo riego (h/ha)	Nº turnos	% tiempo regante	Tiempo regante (h/ha)	Coste del regante (€/h)	Coste total (€/ha)
Riego	2.60	29	0.5	0.38	10.00	3.77

2. 2. 4. Gasto energético

La necesidad de presurizar el agua de riego, para que el sistema funcione correctamente, crea la obligación de usar una motobomba, equipada con un motor que suministra la potencia adecuada para el punto de funcionamiento sobre la curva característica, al igual que el apartado 2.1.4 del ANEJO II.

Con las curvas características se conoce la potencia necesaria para presurizar el agua en cada caso, como vemos en la figura II.16.

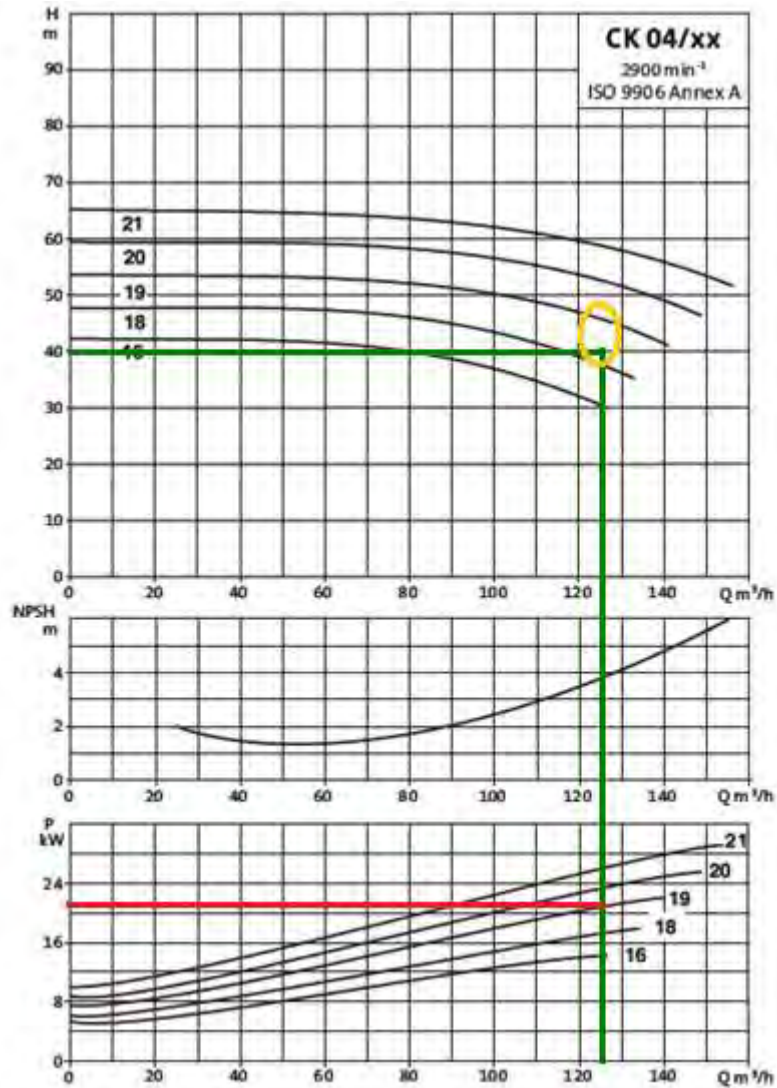


Figura II.16. Curva característica de motobomba.

Con el sistema de riego por aspersión mediante pívot, se necesita una presión en la cabeza de este de 2.5 – 3.0 bar, por lo que se requieren 4.0 bar a la salida del motor. Según la curva característica de la motobomba (figura II.16.) la potencia necesaria es de 21 kW. A continuación se realizan los cálculos necesarios para determinar el coste económico de este proceso de presurización:

Tiempo de riego (h/ha)	2.6 h/riego · 29 riegos	75.4 h/ha
(Potencia motor = 21 kW)		
Consumo (kWh/ha)	21 kW · 75.4 h	1583.4 kWh/ha
*PCI gasoil = 9.9813 kWh/l (NOVA ENERGÍA); Eficiencia motor = 80%		
Consumo gasoil (l/ha)	1583.4 kWh 9.9813 kWh/l · 0.8	198.3 l/ha
Coste total (€/ha)	198.3 l · 0.8 €/l	158.64 €/ha

*PCI: Poder Calorífico Inferior.

3. Sistema de riego localizado

Con el objetivo de aumentar la eficiencia en las aplicaciones de agua a un cultivo, cada vez es más frecuente la utilización de riego localizado en muchos de los regadíos.

El riego localizado supone la aplicación de agua sólo en una parte del suelo, utilizando pequeños caudales a baja presión.

Ventajas

- Mejor aprovechamiento del agua. Se ahorra entre un 40-60 % de agua con respecto a otros sistemas de riego.
- Facilidad para realizar fertirrigación.
- Disminución del riesgo de enfermedades.
- Reducción de la mano de obra, sobre todo porque disminuyen las malas hierbas al no humedecer la totalidad del suelo.
- Disminución de la utilización de abonos y fitosanitarios.
- Incremento de la productividad y de la calidad de los cultivos.
- Riegos de alta frecuencia. Facilita la automatización.
- Se puede utilizar en terrenos de mucha pendiente.

Inconvenientes

- Alto coste de instalación.
- Alto coste de mantenimiento.
- Dificultad de dar lavados en profundidad.
- Posibilidad de salinización del suelo.
- Necesidad de mayor preparación técnica del agricultor.
- Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.
- Necesidad de alto grado de filtración.



Figura II. 17. Parcela de maíz con riego localizado.

En el riego por goteo se aplica el agua en la proximidad de las plantas, a través de un número variable de puntos de emisión.

Sin embargo, el gran ahorro de agua que produce, permitiendo regar zonas áridas o semiáridas con escasez de agua o con agua de baja calidad, junto con la posibilidad de fertirrigar, aumentando la calidad y cantidad de las cosechas, hace que el riego localizado por goteo sea cada vez más utilizado.

Instalación de riego localizado por goteo

Los componentes de una instalación de riego por goteo pueden ser:

- Impulsión
 - Grupo de bombeo desde balsa, río, pozo
 - Depósitos
- Cabezal de riego
 - Prefiltrado
 - Filtros de arena (cuando sea necesario)
 - Equipo de fertirrigación
 - Filtros de mallas o anillas
 - Hidrante de red colectiva a presión
 - Dispositivos de control
- Red de distribución
- Emisores

3. 1. Coste de las infraestructuras

Este coste se basa en la adquisición de una bomba de presión, el cabezal de riego y el material de conducción necesario, tubería general, elementos de control, tubería secundaria, para lo que se empleará cinta de goteo de uso anual, que reduce el gasto de mano de obra y evita problemas de colapso o deterioros de un año a otro.

La bomba de riego tiene la misión de dar una presión al sistema de 2.5 bar para el correcto funcionamiento del filtro, ya que la presión de operación mínima es de 2 bar. Consideraremos la presencia de un filtro metálico de malla con operación hidráulica, (ver figura II.19.) para evitar impurezas que colapsen los orificios de salida del agua en el sistema de riego, y para completar el cabezal de riego; grifería apta para la inyección de fertilizantes y una válvula reguladora de presión para regular esta a 0.55 bar en los emisores, consiguiendo una uniformidad de riego sea óptima.



Figura II.18. Presión de los laterales entre 0.65 y 0.55 bar.



Figura II. 19. Filtro metálico de malla con operación hidráulica (autolimpiante).

El resto de material necesario es la manguera plana de PVC que distribuye el agua a los laterales de riego, cinta de goteo conectada a esta mediante conectores cada metro, coincidiendo cada 2 surcos de maíz, y sectorizados mediante elementos de control.



Figura II. 20. Instalación de riego localizado mediante cinta de goteo en parcela de maíz.

Como el ejemplo adoptado para el caso de riego localizado, (ver **ESQUEMA 3 de PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO EN MAÍZ**, final del ANEJO II), es una parcela de 15 ha, el coste de las infraestructuras se resume en la tabla II.16., calculando el coste monetario por hectárea, y teniendo en cuenta de que el coste de la cinta de goteo es anual, ya que se sustituye cada campaña.

Tabla II.16. Coste de las infraestructuras en riego localizado, desglosada.

Elementos de la infraestructura	Coste (€)
Instalación para una parcela de 15 ha regables	
Motor 6 cilindros, a 1500 rpm da 82,5 CV	8740.00
Bomba de riego capaz de dar 170000 l/h a una altura H = 65 mca a 1450 rpm	4040.00
Cuadro mandos colocado e instalado	600.00
Acople del equipo de bombeo para su transporte	1000.00
Filtro metálico de malla con operación hidráulica de 6", con orificios de filtración de 130 micras y capacidad para un caudal de 250m ³ /h	3351.60
Accesorios inyección	320.00
Válvula reguladora de presión	306.00
Tubería enterrada (721 m)	
Tubería 160 mm ø (6.00 €/m)	
Movimiento de tierra (2.00 €/m)	5768.00
T para manguera plana con llave (4 ud)	
T manguera plana + llaves de mariposa (150 €/ud)	600.00
Manguera plana de PVC (454 m)	
Manguera plana (3.505 €/m)	1591.27
Conexiones (460 Manguera plana – cinta, 50 cinta – cinta)	
Conexión manguera plana – cinta (0.41 €/ud)	
Conexión cinta – cinta (0.40 €/ud)	208.60
Otros accesorios	200.00
TOTAL	26725.47
*Cinta de goteo (50 rollos de 3050m)	
Rollo cinta (104.00 €/ud)	5200.00
Coste de la infraestructura (€/ha)	1781.70
*Cinta de goteo (€/ha)	346.67

*Cinta de goteo: No se considera en el conjunto de gastos, ya que este es un gasto anual, debido a que se sustituye cada campaña.

(Fuente precios: Catálogos comerciales.)

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

Repartiremos el coste entre los años que será aprovechable dicha inversión, considerando el valor de interés legal medio de los últimos 10 años según el BANCO DE ESPAÑA, que es de 4.33, detallado en el caso de riego por inundación (apartado 1.1. del ANEJO II).

De esta manera, el coste anual que repercute por la inversión en infraestructuras para el riego localizado (ver tabla II.16.), será la cuota anual de un préstamo calculada a partir del coste total de la inversión, los años de vida útil, y los intereses (reflejados en la tabla II.1.) según EDUFIEMP.

$$C_0 = a \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Donde: C_0 es el capital prestado

a es la cuota del préstamo

i es el tipo de interés nominal aplicable, en tanto por uno

n es el periodo, expresado en años ya que la cuota que buscamos es anual

$$1781.70 \text{ €} = a \cdot \frac{1 - (1 + 0.0433)^{-20}}{0.0433}$$

$$a = 134.96 \text{ €/año}$$

Tabla II.17. Coste de las infraestructuras en riego localizado.

Infraestructura	Coste total (€/ha)	Vida útil (años)	Coste anual (€/ha)
Instalación del sistema de riego por cobertura total completo	1877.46	20	134.96
*Cinta de goteo	346.67	1	346.67
TOTAL			481.63

*Cinta de goteo: No se considera en el conjunto de gastos, ya que este es un gasto anual, debido a que se sustituye cada campaña.

3. 2. Coste del agua

Al igual que en los casos anteriores, la toma de agua se hace desde canal.

El coste no depende del agua consumida, sólo de las hectáreas regables, correspondiendo, dependiendo de zonas, desde 120 €/ha a 280 €/ha, por lo que emplearemos un coste medio, reflejado en la tabla II.18., al igual que el caudal disponible, que es de 125 m³/h.

Tabla II.18. Coste del agua en riego localizado.

Agua	Caudal disponible (m ³ /h)	Coste (€/ha)
Tasa por superficie regable	125.00	200.00

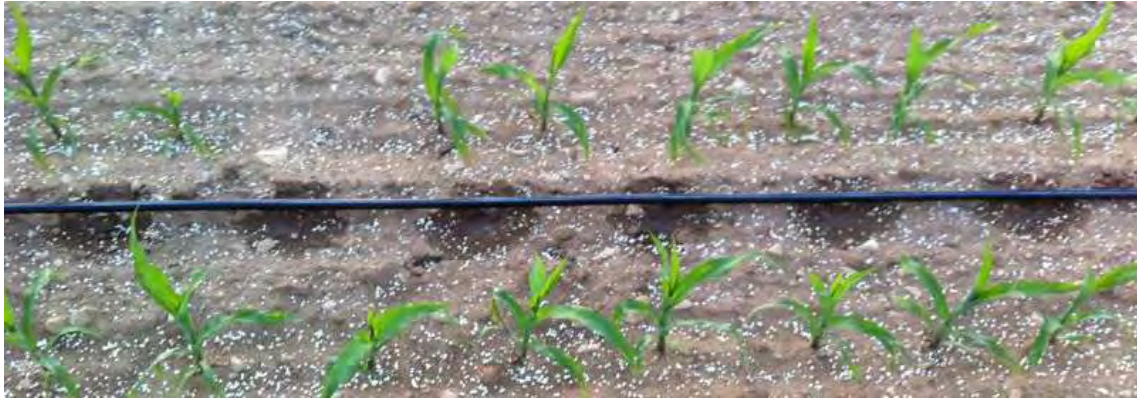


Figura II. 21. Superficie regada con cinta de goteo.

Aunque el coste económico no esté relacionado con el consumo de agua, se demuestra, con el desarrollo de un ejemplo de calendario de riego (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA RIEGO LOCALIZADO**, final del ANEJO II), el agua necesaria que repercute como coste ambiental, y el número de riegos que influye en la necesidad de mano de obra, todo ello para cubrir las necesidades hídricas del cultivo de maíz.

En la tabla II.19. se detalla la cantidad de agua que se emplea en el riego y la que es eficaz y aprovechable por la planta. La eficiencia del riego por aspersión mediante cobertura total es de un 90% (ANTÚNEZ *et al.* 2010).

Tabla II.19. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego localizado.

	mm	m ³ /ha
Riego aplicado	840.00	8400.00
Riego aprovechado	756.00	7560.00
Agua desperdiciada	84.00	840.00

3. 3. Necesidad de mano de obra

Para la instalación de este sistema es necesario mano de obra, ya que hay que colocar todo el material distribuido correctamente por toda la parcela para lograr una distribución uniforme del agua por la parcela (ver figura II.22.). El tiempo estimado para ello es de 3 h/ha, con un coste de 13.5 €/h, considerando el jornal del trabajador junto con la maquinaria necesaria para el transporte, distribución y su recogida después de la campaña de riego.



Figura II. 22. Distribución de cinta de goteo.



Figura II. 23. Máquina para extender cinta de goteo.

La demanda de trabajo humano corresponde también al periodo de riego, debido a la necesidad de cambiar el accionamiento en los elementos de control, para activar los diferentes turnos de riego.

Las necesidades de riego por parte del cultivo, que son 840 mm (**CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA RIEGO LOCALIZADO**, final del ANEJO II). El total de agua necesaria para las 15 ha es de 126000 m³, Como se necesitan 25 riegos, se traduce en 5040 m³/riego, con un caudal de 125 m³/h, por tanto, el tiempo destinado para cada uno de ellos en las 15 ha es de 40.32 h, que en una hectárea repercuten en 2.7 h/riego.



Figura II. 24. Recogida mecánica de cinta de goteo.

Considerando que la atención requerida por parte del regante es del 2% del tiempo de riego, incluyendo el dedicado a la preparación y el control de las dosis de fertirrigación (apartado 3.2. del ANEJO III), la mano de obra necesaria con este sistema de riego sería de una media de 0.054 h/ha y riego.

Considerando que el salario del regante sea de 10 €/h, se especifica el coste total de mano de obra en la tabla siguiente:

Tabla II.20. Coste de la mano de obra en riego por inundación

Mano de obra	Tiempo riego (h/ha)	Nº riegos	% tiempo regante	Tiempo regante (h/ha)	Coste del regante (€/h)	Coste total (€/ha)
Riego	2.69	25	2	1.35	10.00	13.45
Instalación				3.00	13.50	40.50
					TOTAL	53.95

3. 4. Gasto energético

La necesidad de presurizar el agua de riego, para que el sistema funcione correctamente, crea la obligación de usar una motobomba, equipada con un motor que suministra la potencia adecuada para el punto de funcionamiento sobre la curva característica (ver figura II.25.), al igual que el apartado 2.1.4 del ANEJO II.

Con las curvas características se conoce la potencia necesaria para presurizar el agua en cada caso, como vemos en la figura siguiente:

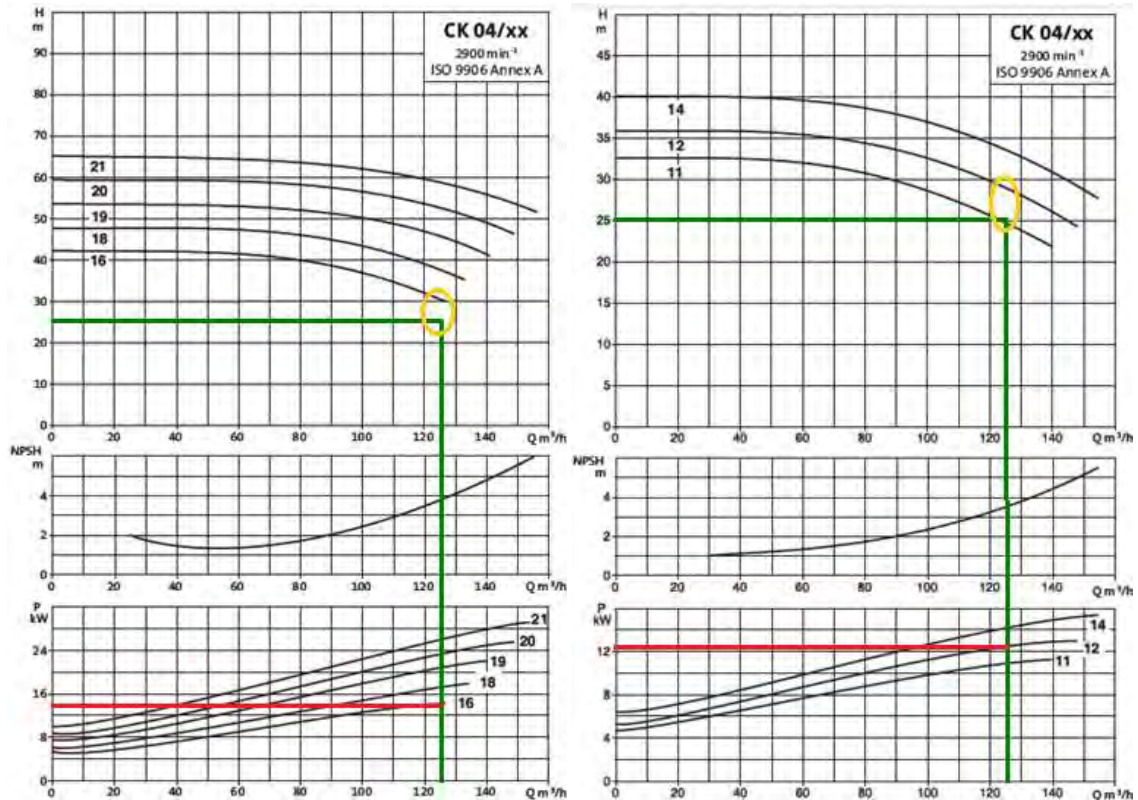


Figura II. 25. Curva característica de motobomba.

Con el sistema de riego localizado, se necesita una presión en los emisores de 0.55 bar, pero para el correcto funcionamiento del filtro autolimpiante, requiere 2.5 bar a la salida del motor. Según la curva característica de la motobomba (figura II.25.) la potencia necesaria es de 13 kW. A continuación se realizan los cálculos necesarios para determinar el coste económico de este proceso de presurización:

Tiempo de riego (h/ha)	2.7 h/riego · 25 riegos	67.5 h/ha
(Potencia motor = 13 kW)		
Consumo (kWh/ha)	13 kW · 67.5 h	877.5 kWh/ha
*PCI gasoil = 9.9813 kWh/l (NOVA ENERGÍA); Eficiencia motor = 80%		
Consumo gasoil (l/ha)	$\frac{877.5 \text{ kWh}}{9.9813 \text{ kWh/l} \cdot 0.8}$	109.9 l/ha
Coste total (€/ha)	109.9 l · 0.8 €/l	87.92 €/ha

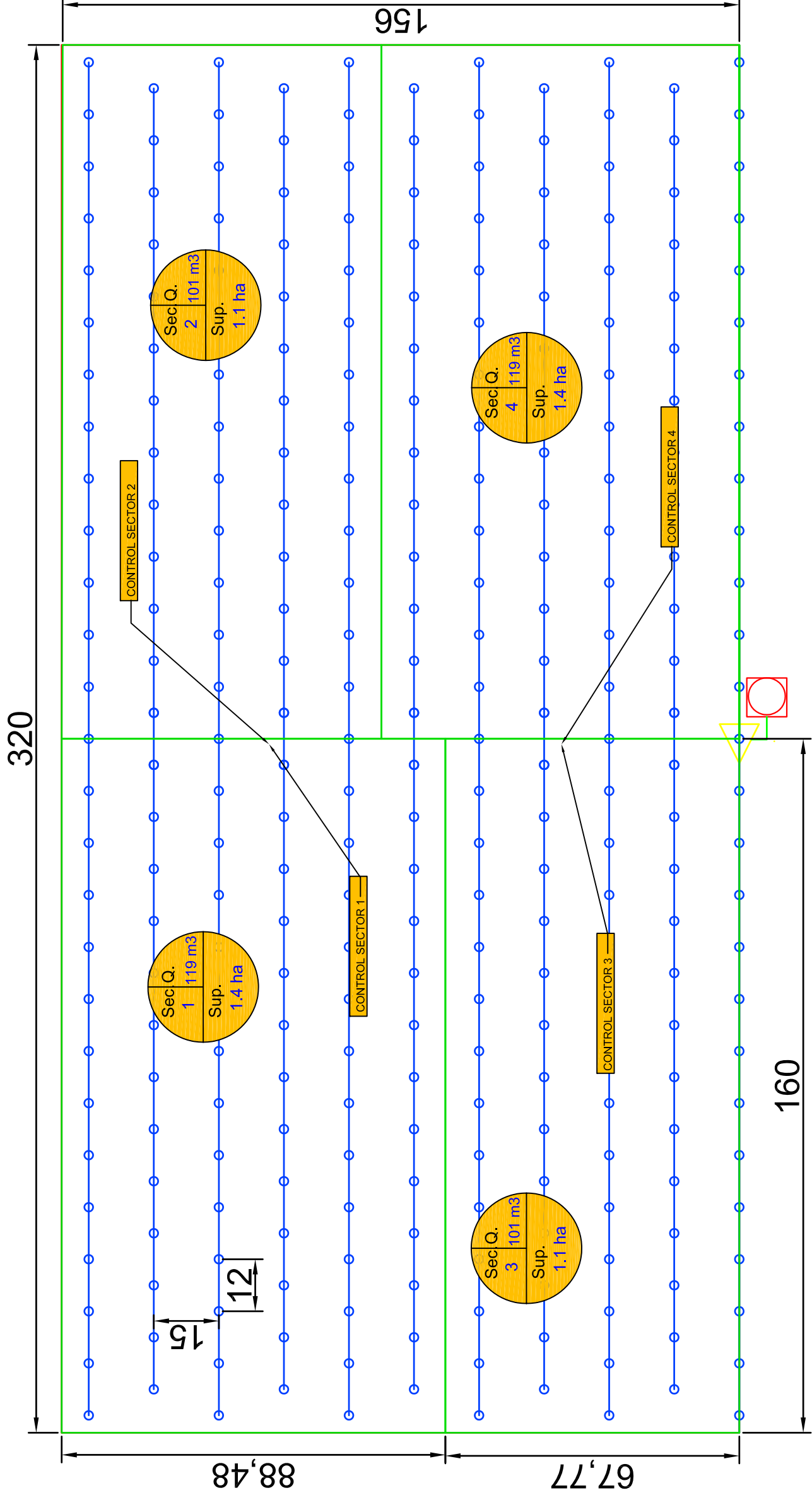
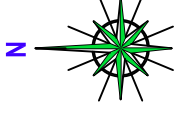
*PCI: Poder Calorífico Inferior.

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

ESQUEMA 1. PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON COBERTURA TOTAL EN MAÍZ



LEYENDA

- LIMITE DE PARCELAS
- LIMITE SECTORES RIEGO
- PARCELA DE PROYECTO
- TUBERIA GENERAL
- TUBERIA SECUNDARIA
- ASPELOR
- MOTOBOMBA - FILTRO

SECTOR DE RIEGO

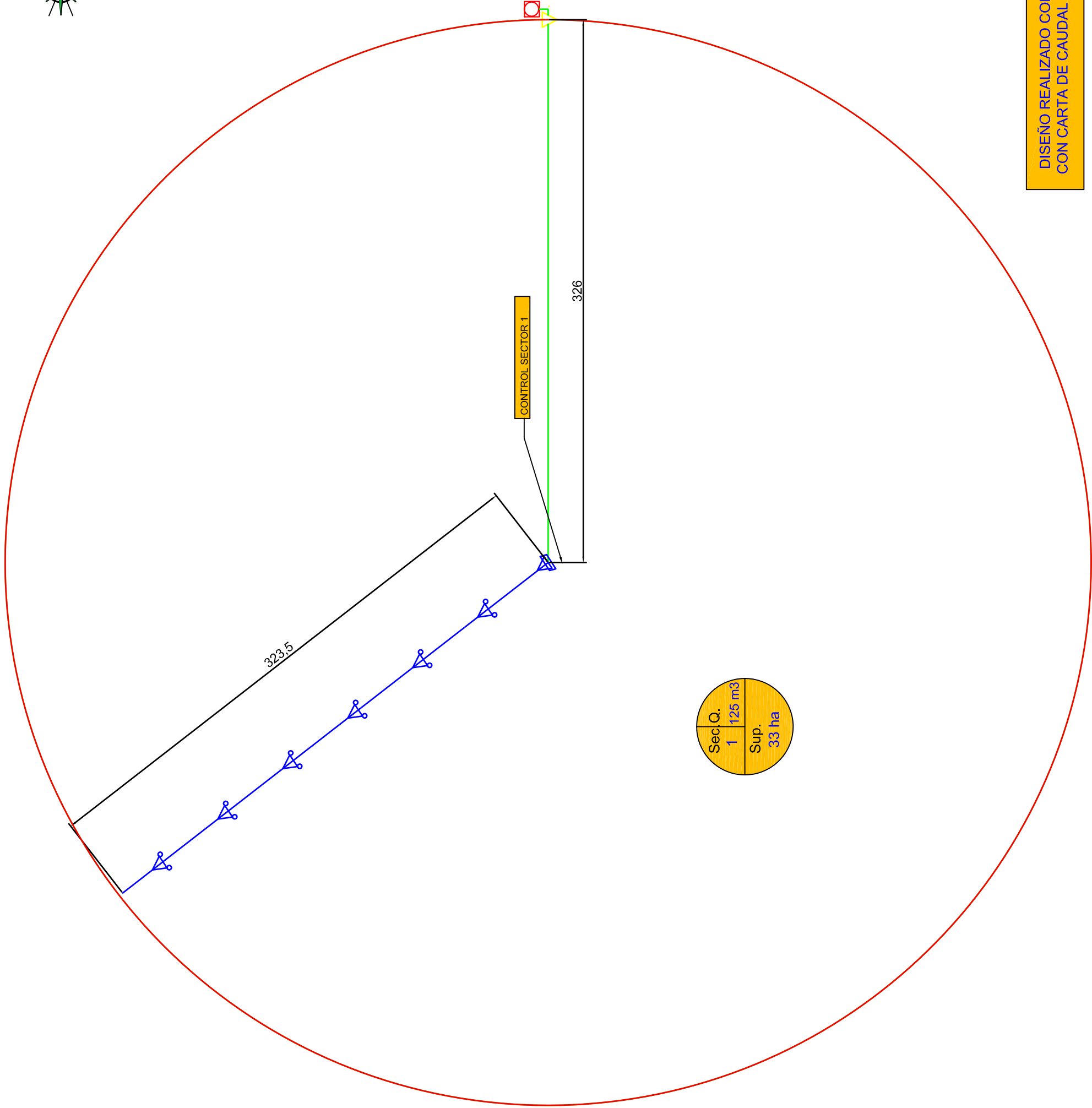
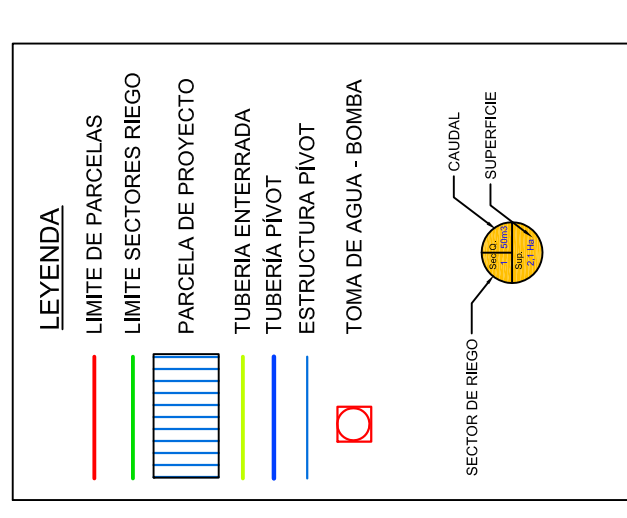
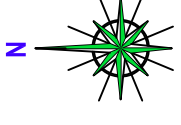
CAUDAL

SUPERFICIE

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS. PALENCIA	
TRABAJO	ESQUEMA
ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EXTENSIVO MEDIANTE RIEGO POR GOTEO Y OTROS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN	1
ESQUEMA	FECHA
PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON COBERTURA TOTAL EN MAÍZ	JUNIO, 2014
AUTOR	ESCALA
MARÍA CRISTINA PÉREZ RICO	1:1100

DISEÑO REALIZADO CON ASPERSORES DE CAUDAL 1.5 m³/h

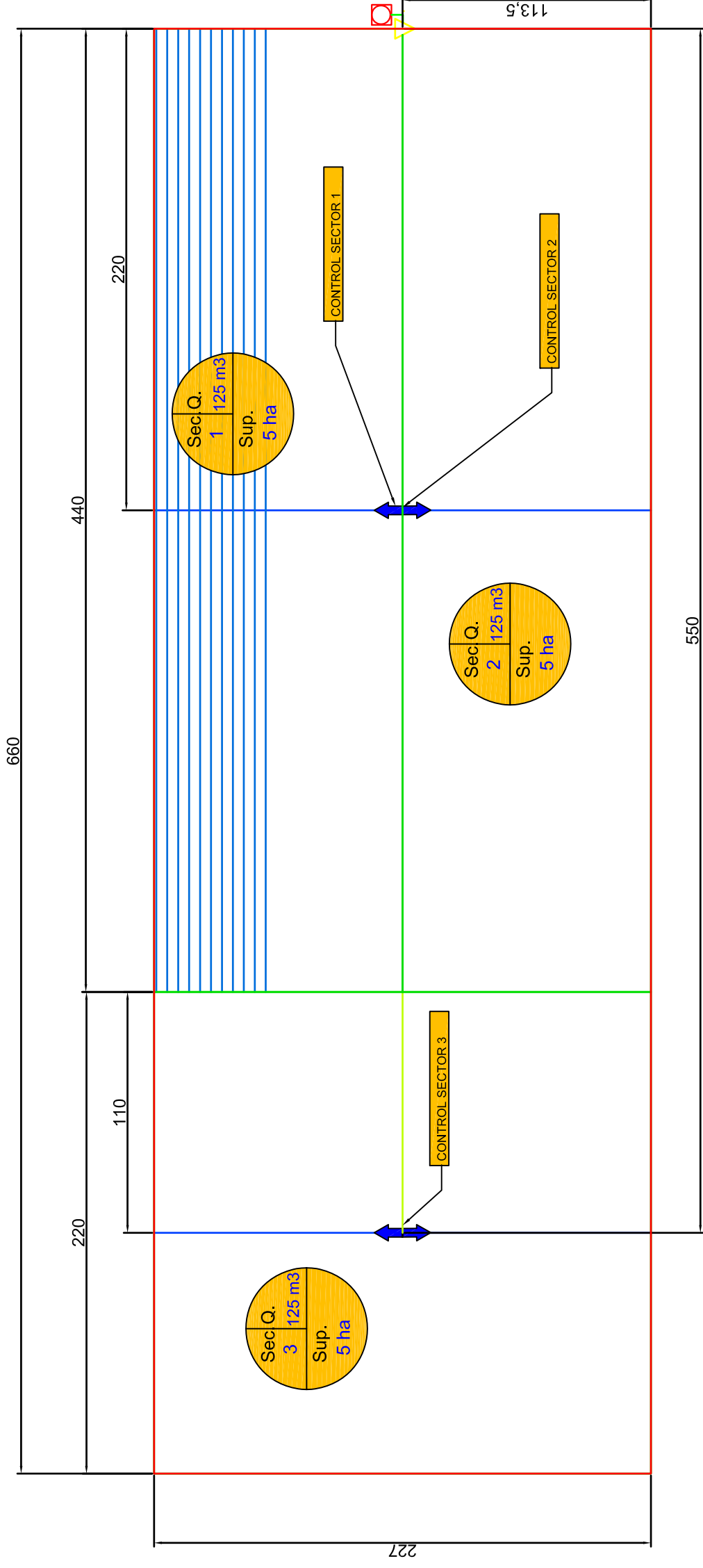
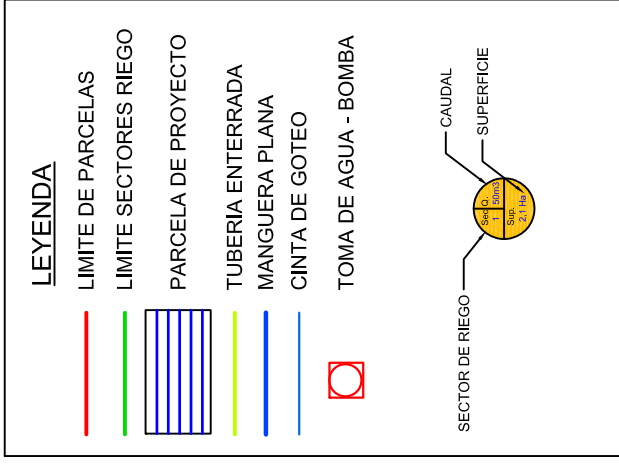
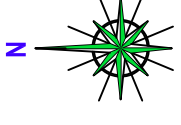
ESQUEMA 2. PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON PÍVOT EN MAÍZ



**DISEÑO REALIZADO CON PIVOT
CON CARTA DE CAUDAL 125 m³/h**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS, PALENCIA	
TRABAJO	ESQUEMA
ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EXTENSIVO MEDIANTE RIEGO POR GOTEO Y OTROS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN	2
ESQUEMA	FECHA
PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO CON PIVOT EN MAÍZ	JUNIO, 2014
AUTOR	ESCALA
MARÍA CRISTINA PÉREZ RICO	1:2500

ESQUEMA 3. PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO EN MAÍZ



DISEÑO REALIZADO CON CINTA DE GOTEO 506-30-250. GOTEROS CADA 30 CM DE 0.75 L/H. DISTANCIA ENTRE CINTAS DE 1 M.

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS. PALENCIA	
TRABAJO	ESQUEMA
ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EXTENSIVO MEDIANTE RIEGO POR GOTEO Y OTROS SISTEMAS DE IRRIGACIÓN	3
ESQUEMA	FECHA
PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO EN MAÍZ	JUNIO, 2014
AUTOR	ESCALA
MARÍA CRISTINA PÉREZ RICO	1:2400

CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE INUNDACIÓN

Y

CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL

CALENDARIO DE RIEGO PARA: MAÍZ en Riego por INUNDACIÓN

Textura	da (t/m3)	LS (%)	LI (%)	ZR (m)	LS (mm)	LI (mm)	IHD (mm/m)	IHD (mm)	NAP (%)	DP (mm)
Arcilloso grueso	1,4	19,8	12,5	1,0	277,4	174,7	102,7	102,7	65	66,7

Eficiencia sistema de riego (%)
55,0

Fuente: INIA

	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				TOTAL
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	
Eto (mm)	14,6	19,0	20,5	21,9	22,2	23,5	26,0	28,3	30,0	32,1	34,3	36,6	40,3	42,7	43,3	43,7	44,3	44,6	45,0	44,1	43,1	42,9	40,8	38,2	30,6	27,1	26,3	24,0	
Kc								0,3	0,4	0,5	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	
Etc (mm)								8,5	12,0	16,1	22,3	27,5	34,3	42,7	47,6	48,1	50,9	51,3	51,8	50,7	49,6	49,3	46,9	42,0	27,5	19,0	13,2	9,6	
P (mm)	6,54	6,54	6,54	6,54	12,07	12,07	12,07	12,07	13,42	13,42	13,42	13,42	6,28	6,28	6,28	6,28	4,05	4,05	4,05	4,05	4,35	4,35	4,35	4,35	7,71	7,71	7,71	7,71	
Pefectiva (mm) = P x 0,8	5,23	5,23	5,23	5,23	9,65	9,65	9,65	9,65	10,74	10,74	10,74	10,74	5,03	5,03	5,03	5,03	3,24	3,24	3,24	3,24	3,48	3,48	3,48	3,48	6,17	6,17	6,17	6,17	
DAS (mm) = ET - P								-1,2	1,3	5,3	11,6	16,7	29,2	37,7	42,6	43,0	47,7	48,1	48,5	47,5	46,1	45,9	43,4	38,5	21,4	12,8	7,0	3,4	
R (mm)								0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80				1380	
R (mm) x Eficiencia del sistema								0	0	0	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	44				759	
Nº de riegos								0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				14	
Bi-1 + ETI - Pi (mm)								16,2	14,9	9,6	-2,0	36,3	62,1	79,4	91,8	103,8	111,1	118,0	124,5	132,0	140,9	150,1	161,6	178,1	200,7	187,9	181,0	177,5	
DASI-1= DASI - Ri - Bi-1								16,2	14,9	9,6	53,0	91,3	117,1	134,4	146,8	158,8	166,1	173,0	179,5	187,0	195,9	205,1	216,6	222,1	200,7	187,9	181,0	177,5	
Fuente: "Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola", Villalobos. F.J. y otros																													
NAP (%)								65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
t								0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
te-m								90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Rf								0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ZR (m)								0,04	0,15	0,25	0,36	0,47	0,57	0,68	0,79	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
DP (mm)								2,7	9,8	16,9	24,0	31,1	38,3	45,4	52,5	59,6	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	
IHD (mm/m)								102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	
DAS mensual (mm)								-1,2			34,9				152,6				191,7				173,9				44,6		
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													
ZRmin								0,04																					
ZRmax								1,00																					
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													

ZRmin	0,04
ZRmax	1,00

Textura del suelo	Arcilla	Limo	Arena
	32,6	18,45	51,19

Riego de nasaencia

CALENDARIO DE RIEGO PARA: MAÍZ en Riego por ASPERSIÓN mediante COBERTURA TOTAL

Textura	da (t/m3)	LS (%)	LI (%)	ZR (m)	LS (mm)	LI (mm)	IHD (mm/m)	IHD (mm)	NAP (%)	DP (mm)
Arcilloso grueso	1,4	19,8	12,5	1,0	277,4	174,7	102,7	102,7	65	66,7

Eficiencia sistema de riego (%)
70,0

Fuente: INIA

	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				TOTAL
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	
Eto (mm)	14,6	19,0	20,5	21,9	22,2	23,5	26,0	28,3	30,0	32,1	34,3	36,6	40,3	42,7	43,3	43,7	44,3	44,6	45,0	44,1	43,1	42,9	40,8	38,2	30,6	27,1	26,3	24,0	
Kc								0,3	0,4	0,5	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	
Etc (mm)								8,5	12,0	16,1	22,3	27,5	34,3	42,7	47,6	48,1	50,9	51,3	51,8	50,7	49,6	49,3	46,9	42,0	27,5	19,0	13,2	9,6	
P (mm)	6,54	6,54	6,54	6,54	12,07	12,07	12,07	12,07	13,42	13,42	13,42	13,42	6,28	6,28	6,28	6,28	4,05	4,05	4,05	4,05	4,35	4,35	4,35	4,35	7,71	7,71	7,71	7,71	
Pefectiva (mm) = P x 0,8	5,23	5,23	5,23	5,23	9,65	9,65	9,65	9,65	10,74	10,74	10,74	10,74	5,03	5,03	5,03	5,03	3,24	3,24	3,24	3,24	3,48	3,48	3,48	3,48	6,17	6,17	6,17	6,17	
DAS (mm) = ET - P								-1,2	1,3	5,3	11,6	16,7	29,2	37,7	42,6	43,0	47,7	48,1	48,5	47,5	46,1	45,9	43,4	38,5	21,4	12,8	7,0	3,4	
R (mm)								30	40	50	50	50	70	80	100	100	100	90	70	65	60	40	25					1085	
R (mm) x Eficiencia del sistema								21	28	35	35	35	49	56	70	70	70	63	49	45,5	45,5	42	28	17,5				759,5	
Nº de riegos								3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1				31	
Bi-1 + ETI - Pi (mm)								16,2	35,9	58,6	82,0	100,3	106,1	117,4	130,8	157,8	180,1	202,0	216,5	218,0	217,4	217,1	215,6	205,1	201,2	188,4	181,5	178,0	
DASI-1= DASI - Ri - Bi-1								37,2	63,9	93,6	117,0	135,3	155,1	173,4	200,8	227,8	250,1	265,0	265,5	263,5	262,9	259,1	243,6	222,6	201,2	188,4	181,5	178,0	
Fuente: "Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola", Villalobos. F.J. y otros																													
NAP (%)								65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
t								0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
te-m								90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Rf								0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ZR (m)								0,04	0,15	0,25	0,36	0,47	0,57	0,68	0,79	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
DP (mm)								2,7	9,8	16,9	24,0	31,1	38,3	45,4	52,5	59,6	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	
IHD (mm/m)								102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	
DAS mensual (mm)								-1,2			34,9				152,6				191,7				173,9				44,6		
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													

ZRmin	0,04
ZRmax	1,00

Textura del suelo	Arcilla	Limo	Arena
	32,6	18,45	51,19

Riego de nasaencia

CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE ASPERSIÓN CON PÍVOT

Y

CALENDARIO DE RIEGO PARA EL SISTEMA LOCALIZADO

CALENDARIO DE RIEGO PARA: MAÍZ en Riego por ASPERSIÓN mediante PÍVOT

Textura	da (t/m3)	LS (%)	LI (%)	ZR (m)	LS (mm)	LI (mm)	IHD (mm/m)	IHD (mm)	NAP (%)	DP (mm)	Eficiencia sistema de riego (%)
Arcilloso grueso	1,4	19,8	12,5	1,0	277,4	174,7	102,7	102,7	65	66,7	80,0

Fuente: INIA

	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				TOTAL
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	
Eto (mm)	14,6	19,0	20,5	21,9	22,2	23,5	26,0	28,3	30,0	32,1	34,3	36,6	40,3	42,7	43,3	43,7	44,3	44,6	45,0	44,1	43,1	42,9	40,8	38,2	30,6	27,1	26,3	24,0	
Kc								0,3	0,4	0,5	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	
Etc (mm)								8,5	12,0	16,1	22,3	27,5	34,3	42,7	47,6	48,1	50,9	51,3	51,8	50,7	49,6	49,3	46,9	42,0	27,5	19,0	13,2	9,6	
P (mm)	6,54	6,54	6,54	6,54	12,07	12,07	12,07	12,07	13,42	13,42	13,42	13,42	13,42	6,28	6,28	6,28	6,28	4,05	4,05	4,05	4,05	4,35	4,35	4,35	4,35	7,71	7,71	7,71	
Pefectiva (mm) = P x 0,8	5,23	5,23	5,23	5,23	9,65	9,65	9,65	9,65	10,74	10,74	10,74	10,74	10,74	5,03	5,03	5,03	5,03	3,24	3,24	3,24	3,24	3,48	3,48	3,48	3,48	6,17	6,17	6,17	
DAS (mm) = ET - P								-1,2	1,3	5,3	11,6	16,7	29,2	37,7	42,6	43,0	47,7	48,1	48,5	47,5	46,1	45,9	43,4	38,5	21,4	12,8	7,0	3,4	
R (mm)								30	40	50	50	50	70	80	100	90	60	60	60	60	50	50	30	15				945	
R (mm) x Eficiencia del sistema								24	32	40	40	40	56	64	80	72	48	48	48	48	40	40	24	12				756	
Nº de riegos								3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1				29	
Bi-1 + ETi - Pi (mm)								16,2	38,9	65,6	94,0	117,3	128,1	146,4	167,8	204,8	229,1	229,0	228,5	229,0	230,9	225,1	221,6	207,1	197,7	184,9	178,0	174,5	
DASI-1= DASI - Ri - Bi-1								40,2	70,9	105,6	134,0	157,3	184,1	210,4	247,8	276,8	277,1	277,0	276,5	277,0	270,9	265,1	245,6	219,1	197,7	184,9	178,0	174,5	
Fuente: "Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola", Villalobos. F.J. y otros																													
NAP (%)								65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
t								0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
te-m								90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Rf								0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ZR (m)								0,04	0,15	0,25	0,36	0,47	0,57	0,68	0,79	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
DP (mm)								2,7	9,8	16,9	24,0	31,1	38,3	45,4	52,5	59,6	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	
IHD (mm/m)								102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	
DAS mensual (mm)								-1,2			34,9			152,6			191,7				173,9				44,6				
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													

ZRmin	0,04
ZRmax	1,00

Textura del suelo	Arcilla	32,6
	Limo	18,45
	Arena	51,19

Riego de nacimiento

CALENDARIO DE RIEGO PARA: MAÍZ en Riego LOCALIZADO

Textura	da (t/m3)	LS (%)	LI (%)	ZR (m)	LS (mm)	LI (mm)	IHD (mm/m)	IHD (mm)	NAP (%)	DP (mm)	Eficiencia sistema de riego (%)
Arcilloso grueso	1,4	19,8	12,5	1,0	277,4	174,7	102,7	102,7	65	66,7	90,0

Fuente: INIA

	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				TOTAL
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	
Eto (mm)	14,6	19,0	20,5	21,9	22,2	23,5	26,0	28,3	30,0	32,1	34,3	36,6	40,3	42,7	43,3	43,7	44,3	44,6	45,0	44,1	43,1	42,9	40,8	38,2	30,6	27,1	26,3	24,0	
Kc								0,3	0,4	0,5	0,65	0,75	0,85	1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	
Etc (mm)								8,5	12,0	16,1	22,3	27,5	34,3	42,7	47,6	48,1	50,9	51,3	51,8	50,7	49,6	49,3	46,9	42,0	27,5	19,0	13,2	9,6	
P (mm)	6,54	6,54	6,54	6,54	12,07	12,07	12,07	12,07	13,42	13,42	13,42	13,42	13,42	6,28	6,28	6,28	6,28	4,05	4,05	4,05	4,05	4,35	4,35	4,35	4,35	7,71	7,71	7,71	
Pefectiva (mm) = P x 0,8	5,23	5,23	5,23	5,23	9,65	9,65	9,65	9,65	10,74	10,74	10,74	10,74	10,74	5,03	5,03	5,03	5,03	3,24	3,24	3,24	3,24	3,48	3,48	3,48	3,48	6,17	6,17	6,17	
DAS (mm) = ET - P								-1,2	1,3	5,3	11,6	16,7	29,2	37,7	42,6	43,0	47,7	48,1	48,5	47,5	46,1	45,9	43,4	38,5	21,4	12,8	7,0	3,4	
R (mm)								30	40	50	50	50	70	80	90	55	55	55	55	50	50	40	25	15				840	
R (mm) x Eficiencia del sistema								27	36	45	45	45	63	72	81	49,5	49,5	49,5	49,5	45	45	36	22,5	13,5				756	
Nº de riegos								2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				25	
Bi-1 + ETi - Pi (mm)								16,2	41,9	63,6	88,0	116,3	132,1	157,4	186,8	224,8	226,6	228,0	229,0	231,0	229,9	229,1	221,6	205,6	197,7	184,9	178,0	174,5	
DASI-1= DASI - Ri - Bi-1								43,2	68,9	99,6	133,0	161,3	195,1	229,4	267,8	274,3	276,1	277,5	278,5	276,0	274,9	265,1	244,1	219,1	197,7	184,9	178,0	174,5	
Fuente: "Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola", Villalobos. F.J. y otros																													
NAP (%)								65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
t								0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
te-m								90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Rf								0,00	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ZR (m)								0,04	0,15	0,25	0,36	0,47	0,57	0,68	0,79	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
DP (mm)								2,7	9,8	16,9	24,0	31,1	38,3	45,4	52,5	59,6	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	
IHD (mm/m)								102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	102,7	
DAS mensual (mm)								-1,2			34,9			152,6			191,7				173,9				44,6				
Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.																													

ZRmin	0,04
ZRmax	1,00

Textura del suelo	Arcilla	32,6
	Limo	18,45
	Arena	51,19

Riego de nacimiento

ANEJO III. PRÁCTICAS DE CULTIVO DE LOS CASOS ESTUDIADOS

En este anejo desarrollaremos las prácticas de cultivo propias para el desarrollo del maíz con cada sistema de riego, justificaremos las materias primas que se emplean, finalizando con la producción media de maíz grano que se logra en cada caso y el valor económico de todo ello.

La información proviene de varios profesionales productores de maíz grano, en las distintas modalidades de riego.

1. Prácticas de cultivo en riego por inundación

1. 1. Labores de cultivo

Las labores propias del cultivo de maíz son prácticamente las mismas independientemente del sistema de riego, aunque hay algunas diferencias que destacaremos.

Se suele realizar una labor primaria con el arado de vertedera (figura III.1.), para enterrar los restos del cultivo anterior, y una labor secundaria con la grada rotativa (figura III.2) seguida del rodillo, para dejar el lecho de siembra preparado lo más fino posible.

Entre ambas labores anteriores, se aplica el abono de fondo, repartiendo el fertilizante mineral con la abonadora centrífuga.



Figura III.1. Labor primaria con arado de vertedera.

Figura III.2. Labor secundaria con grada rotativa.

Para la siembra a mediados de Abril, se emplea una sembradora neumática de precisión (figura III.3). El grano debe enterrarse poco profundo, sobre todo en tierras fuertes y arcillosas. La profundidad debe variar entre 2 a 3 cm en un suelo bastante húmedo y 8 a 10 cm en tierra arenosa que se deseque fácilmente. El objetivo es lograr una densidad de plantas de 85 – 90 000 plantas/ha, óptima para la zona que se estudia.



Figura III.3. Sembradora neumática de precisión.

Tras la siembra se aplica el tratamiento herbicida, en preemergencia o en postemergencia precoz, para erradicar la vegetación arvense existente que pueda competir con el cultivo.

A principios de Junio, cuando el cultivo ya está establecido, pero aun no ha adquirido una altura suficiente que evite la entrada de maquinaria en la parcela, es el momento de aplicar el abono de cobertera, con el mismo sistema que el anterior abonado.

A continuación, y siendo una labor particular del sistema de riego por inundación, se realiza el aporcado (figura III.4.), empleando un cultivador de púas o brazos. Ésta tiene el objetivo además de enterrar el abonado, de marcar los surcos para encauzar el agua de riego.



Figura III.4. Aporcado del maíz.

Por último, la recolección del maíz grano se realiza con cosechadoras de cereal, con un cabezal de siega adaptado para la recogida de la planta de maíz.

Para la comparación con el resto de sistemas de riego, sintetizaremos todos estos datos en valores económicos para una explotación media de Castilla y León. Para ello desarrollamos la tabla III.1. según datos de la Plataforma de conocimiento para el

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

medio rural y pesquero (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008).

Tabla III.1. Costes de labores para el sistema de riego por inundación.

Labor	Apero	Coef (h/ha)	Coste Maquinar (€/h)	Coste Maquinar (€/ha)	Coste Maq+Tract (€/ha)	Coste real (€/ha)
Labor primaria	Arado de vertedera	1.18	20.48	24.20	64.58	64.58
Abonado de fondo	Abonadora suspendida de 2 discos	0.08	28.98	2.41	4.77	4.77
Labor secundaria	Grada rotativa	0.78	13.76	10.79	33.65	33.65
	Rodillo	0.31	10.02	3.13	10.86	3.13
Siembra	Sembradora monograno	1.01	32.84	33.17	62.62	62.62
Tratamiento herbicida + insecticida	Pulverizador arrastrado	0.08	36.84	3.07	5.35	5.35
Abonado de cobertera	Abonadora suspendida de 2 discos	0.08	28.98	2.41	4.77	4.77
Aporcado	Cultivador de púas o brazos	0.29	14.65	4.26	12.75	12.72
Recolección	Cosechadora de maíz	0.65	119.70	76.30	-	76.30
TOTAL						267.89

1. 2. Materias primas empleadas

Abono

Según el plan de abonado realizado para este trabajo (**PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR INUNDACIÓN**, final de ANEJO III), y datos contrastados con los productores de maíz grano, emplearemos como mejor opción los fertilizantes minerales reflejados en la tabla III.2. y las cantidades apropiadas en función de la producción esperada, reflejadas en la Tabla III.3.

Tabla III.2. Características de los fertilizantes empleados para el sistema de riego por inundación.

Fertilizante	N total (%)	N ureico (%)	N amoniacal (%)	N nítrico (%)	P ₂ O ₅ solub en H ₂ O y citrato amónico neutro	P ₂ O ₅ solub en H ₂ O	K ₂ O solub en H ₂ O	Aplicación
NPK (S) 8-15-15 (6)	8	-	8	-	15	13.6	15	Fondo
Nitrato amónico 27 (NAC)	27	-	13.5	13.5	-	-	-	Cobertera

Tabla III.3. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por inundación.

Fertilización recomendada	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
	276	113	120

Fertilizante	N (%)	P (%)	K (%)	Cantidad (kg/ha)	Precio (€/kg)	Coste (€/ha)
NPK 8-15-15	8.00	15.00	15.00	800	0.33	264.48
NAC 27	27.00	-	-	785	0.28	220.59
Total unidades fertilizantes (kg/ha)	276	120	120		TOTAL	485.07

Tanto el abonado de fondo con el complejo, como el abonado de cobertera con el nitrato amónico, se realizan ambos en una sola aplicación. El abonado de fondo precediendo a la segunda labor preparatoria del lecho de siembra, y al abonado de cobertera antes del aporcado.

Semilla

Lo ideal es emplear una dosis de unas 100 000 semillas/ha. Como la nascencia viene a sed del 85 – 90 %, la densidad real queda en 85 – 90 000 plantas/ha, que la podemos considerar óptima para esta zona.

Como las unidades de maíz suelen incluir 50 000 semillas, la dosis de siembra sería de 2 ud/ha, vemos el coste en la tabla siguiente:

Tabla III.4. Coste de la semilla para el riego por inundación.

Semilla	Dosis de siembra (ud/ha)	Coste unitario (€/ud)	Coste final (€/ha)
Semilla Ciclo 350 (50 000 sem/ud)	2.00	96.00	192.00
		TOTAL	192.00

Fitosanitarios

El tratamiento de herbicida e insecticida después de la siembra, vamos a considerar que es el mismo para todos los casos de estudio. En la tabla III.5. se desarrollan las materias activas a emplear y su coste.

Tabla III.5. Coste de los herbicidas empleados para el riego por inundación.

Materia activa	Dosis (l/ha)	Coste unitario (€/l)	Coste final (€/ha)
S-Metolaclo 31.25% + Terbutilazina 18.75%	4.00	8.00	32.00
Lambda cihalotrin 10%	0.15	120.00	18.00
TOTAL			50.00

1. 3. Producción

La producción final de maíz grano con este sistema de riego se ve limitada por la pérdida de nutrientes por el exceso de agua que se aplica en cada riego, no completando las necesidades de nitrógeno por parte del cultivo hasta el final del ciclo, y por la necesidad de crear un déficit de agua en el suelo para no provocar la asfixia radicular, o que paraliza a la planta, retrasándola en su crecimiento, y por tanto en su producción final.

Tabla III.6. Producción de maíz grano para el sistema de riego por inundación.

Producto	Producción media (t/ha)	Precio medio (€/t)	Ingresos (€/ha)
Maíz grano	10.00	194.67	1946.70
TOTAL			1946.70

(Fuente: GENCAT, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca)

2. Prácticas de cultivo en riego por aspersión

2. 1. Prácticas de cultivo en riego con cobertura total

2. 1. 1. Labores de cultivo

Como las labores propias del cultivo de maíz son prácticamente las mismas independientemente del sistema de riego, se citarán sólo las diferencias destacables. En el caso de riego con cobertura total y con pívot coinciden.

Todas las labores propias del riego por aspersión, tanto las preparatorias, el abonado de fondo y cobertera, la siembra, el tratamiento de herbicida y la recolección coinciden con la metodología descrita para el riego por inundación (apartado 1.1. del

ANEJO III). Lo que no es necesario es la labor de aporcado, ya que no se necesita definir un curso al agua.



Figura III.5. Cosechadora de cereal con corte específico para maíz.

Para la comparación con el resto de sistemas de riego, sintetizaremos todos estos datos en valores económicos para una explotación media de Castilla y León. Para ello desarrollamos la tabla III.7. según datos de la Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008).

Tabla III.7. Costes de labores para el sistema de riego por aspersión.

Labor	Apero	Coef (h/ha)	Coste Maquinar (€/h)	Coste Maquinar (€/ha)	Coste Maq+Tract (€/ha)	Coste real (€/ha)
Labor primaria	Arado de vertedera	1.18	20.48	24.20	64.58	64.58
Abonado de fondo	Abonadora suspendida de 2 discos	0.08	28.98	2.41	4.77	4.77
Labor secundaria	Grada rotativa	0.78	13.76	10.79	33.65	33.65
	Rodillo	0.31	10.02	3.13	10.86	3.13
Siembra	Sembradora monograno	1.01	32.84	33.17	62.62	62.62
Tratamiento herbicida + insecticida	Pulverizador arrastrado	0.08	36.84	3.07	5.35	5.35
Abonado de cobertera	Abonadora suspendida de 2 discos	0.08	28.98	2.41	4.77	4.77
Recolección	Cosechadora de maíz	0.65	119.70	76.30	-	76.30
					TOTAL	255.17

Alumno/a: María Cristina Pérez Rico

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia) E.T.S. Ingenierías Agrarias

Titulación de: Máster en Ingeniería Agronómica

2. 1. 2. Materias primas empleadas

Abono

Según el plan de abonado realizado para este trabajo (**PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE COBERTURA TOTAL**, final de ANEJO III), y datos contrastados con los productores de maíz grano, emplearemos como mejor opción los fertilizantes minerales reflejados en la tabla III.2. del apartado 1.2. del ANEJO III, y las cantidades apropiadas en función de la producción esperada, reflejadas en la Tabla III.8.

Tabla III.8. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por aspersión mediante cobertura total.

Fertilización recomendada	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)			
	284	100	104			

Fertilizante	N (%)	P (%)	K (%)	Cantidad (kg/ha)	Precio (€/kg)	Coste (€/ha)
NPK 8-15-15	8.00	15.00	15.00	690	0.33	228.11
NAC 27	27.00	-	-	848	0.28	238.29
Total unidades fertilizantes (kg/ha)	284	104	104		TOTAL	466.40

Tanto el abonado de fondo con el complejo, como el abonado de cobertera con el nitrato amónico, se realizan ambos en una sola aplicación. El abonado de fondo precediendo a la segunda labor preparatoria del lecho de siembra, y al abonado de cobertera con el cultivo ya establecido.

Semilla

(Ver Semilla del apartado 1.2. del ANEJO III)

Fitosanitarios

(Ver Fitosanitarios del apartado 1.2. del ANEJO III)

2. 1. 3. Producción

La producción final de maíz grano con este sistema de riego no se ve tan limitada por la pérdida de nutrientes por el exceso de agua como en el caso de riego por inundación, pero aun así, realizando sólo dos aplicaciones de fertilizante, existe cierto riesgo de no completar las necesidades de nitrógeno por parte del cultivo hasta el final del ciclo, afectando a la producción final.

Tabla III.9. Producción de maíz grano para el sistema de riego por aspersión mediante cobertura total.

Producto	Producción media (t/ha)	Precio medio (€/t)	Ingresos (€/ha)
Maíz grano	13.80	194.67	2686.45
		TOTAL	2686.45

(Fuente: GENCAT, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca)

2. 2. Prácticas de cultivo en riego con pívot

2. 2. 1. Labores de cultivo

(Ver apartado 2.1.1. del ANEJO III)

2. 2. 2. Materias primas empleadas

Abono

Según el plan de abonado realizado para este trabajo (**PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE PÍVOT**, final de ANEJO III), y datos contrastados con productores de maíz grano, emplearemos como mejor opción los fertilizantes minerales reflejados en la tabla III.2. del apartado 1.2. del ANEJO III, y las cantidades apropiadas en función de la producción esperada, reflejadas en la tabla III.10.

Tabla III.10. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por aspersión mediante pívot.

Fertilización recomendada	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)			
	282	100	102			

Fertilizante	N (%)	P (%)	K (%)	Cantidad (kg/ha)	Precio (€/kg)	Coste (€/ha)
NPK 8-15-15	8.00	15.00	15.00	680	0.33	224.81
NAC 27	27.00	-	-	843	0.28	236.88
Total unidades fertilizantes (kg/ha)	282	102	102		TOTAL	461.69

Tanto el abonado de fondo con el complejo, como el abonado de cobertera con el nitrato amónico, se realizan ambos en una sola aplicación. El abonado de fondo precediendo a la segunda labor preparatoria del lecho de siembra, y al abonado de cobertera con el cultivo ya establecido.

Semilla

(Ver Semilla del apartado 1.2. del ANEJO III)

Fitosanitarios

(Ver Fitosanitarios del apartado 1.2. del ANEJO III)

2. 2. 3. Producción

La producción final de maíz grano con este sistema de riego no se ve tan limitada por la pérdida de nutrientes por el exceso de agua como en el caso de riego por inundación, pero aun así, realizando sólo dos aplicaciones de fertilizante, existe cierto riesgo de no completar las necesidades de nitrógeno por parte del cultivo hasta el final del ciclo, afectando a la producción final.

Tabla III.11. Producción de maíz grano para el sistema de riego por aspersión mediante pivot.

Producto	Producción media (t/ha)	Precio medio (€/t)	Ingresos (€/ha)
Maíz grano	14.40	194.67	2803.25
		TOTAL	2803.25

(Fuente: GENCAT, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca)

3. Prácticas de cultivo en riego localizado

3. 1. Labores de cultivo

Como las labores propias del cultivo de maíz son prácticamente las mismas independientemente del sistema de riego, se citarán sólo las diferencias destacables. En el caso de riego localizado coinciden con las de riego por aspersión, con la única diferencia de que el abonado de cobertera no se considera como una labor de cultivo, ya que este se inyecta en varias dosis con el riego durante todo el verano.

Para la comparación con el resto de sistemas de riego, sintetizaremos todos estos datos en valores económicos para una explotación media de Castilla y León. Para ello desarrollamos la tabla III.12. según datos de la Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2008).

Tabla III.12. Costes de labores para el sistema de riego localizado

Labor	Apero	Coef (h/ha)	Coste Maquinar (€/h)	Coste Maquinar (€/ha)	Coste Maq+Tract (€/ha)	Coste real (€/ha)
Labor primaria	Arado de vertedera	1.18	20.48	24.20	64.58	64.58
Abonado de fondo	Abonadora suspendida de 2 discos	0.08	28.98	2.41	4.77	4.77
Labor secundaria	Grada rotativa	0.78	13.76	10.79	33.65	33.65
	Rodillo	0.31	10.02	3.13	10.86	3.13
Siembra	Sembradora monograno	1.01	32.84	33.17	62.62	62.62
Tratamiento herbicida + insecticida	Pulverizador arrastrado	0.08	36.84	3.07	5.35	5.35
Recolección	Cosechadora de maíz	0.65	119.70	76.30	-	76.30
					TOTAL	250.40



Figura III.6. Depósito e inyector para la fertirrigación en diferentes momentos de desarrollo de la planta.

3. 2. Materias primas empleadas

Abono

Según el plan de abonado realizado para este trabajo (**PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO LOCALIZADO**, final de ANEJO III), y datos contrastados con los productores de maíz grano, emplearemos como mejor opción los fertilizantes minerales reflejados en la tabla III.13., y las cantidades apropiadas en función de la producción esperada, reflejadas en la Tabla III.14.

Tabla III.13. Características de los fertilizantes empleados para el sistema de riego localizado.

Fertilizante	N total (%)	N ureico (%)	N amonia cal (%)	N nítrico (%)	P ₂ O ₅ solub en H ₂ O y citrato amónico neutro	P ₂ O ₅ solub en H ₂ O	K ₂ O solub en H ₂ O	Aplicación
NPK (S) 8-15-15 (6)	8	-	8	-	15	13.6	15	Fondo
Soluc nitrato amónico - urea 32	32	16	8	8	-	-	-	Cobertera

Tabla III.14. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego localizado.

Fertilización recomendada	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
	279	113	111

Fertilizante	N (%)	P (%)	K (%)	Cantidad (kg/ha)	Precio (€/kg)	Coste (€/ha)
NPK 8-15-15	8.00	15.00	15.00	750	0.33	247.95
S. nitrato amónico - urea 32	32.00	-	-	685	0.31	214.06
Total unidades fertilizantes (kg/ha)	279	113	113		TOTAL	462.01

El abonado de fondo con el complejo, se realiza en una sola aplicación, precediendo a la segunda labor preparatoria del lecho de siembra.

El abonado de cobertera con el nitrato amónico – urea se aplicará a través del riego, empleando un inyector para realizar la fertirrigación. Se pueden aplicar 4 dosis, en momentos importantes del desarrollo del cultivo (según tabla I.3. del ANEJO I)

Tabla III.15. Plan de fertirrigación del maíz para el sistema de riego localizado en cobertera.

Etapa*	Observaciones	Dosis (kg N/ha)
V6	Comienza la fase acelerada de crecimiento.	195
V12 a 15	Continúa la fase acelerada de crecimiento.	195
V18 a 22	Espiga a pinto de emergencia y desarrollo de la mazorca. Momento muy importante para la producción.	195
R1	Una vez que se ha soltado el polen, para que cumplir hasta el final las necesidades del cultivo y formar granos de buen calibre.	100

*(Etapas descritas en la tabla I.3. del ANEJO I)

Semilla

(Ver Semilla del apartado 1.2. del ANEJO III)

Fitosanitarios

(Ver Fitosanitarios del apartado 1.2. del ANEJO III)

3. 3. Producción

La producción final de maíz grano con este sistema de riego no se ve limitada por la pérdida de nutrientes por el exceso de agua que se aplica en cada riego, completando las necesidades de nitrógeno por parte del cultivo hasta el final del ciclo, y sin necesidad de crear un déficit de agua en el suelo en ningún momento, no paralizando a la planta, retrasándola en su crecimiento, y por tanto en su producción final.

Tabla III.16. Producción de maíz grano para el sistema de riego por inundación.

Producto	Producción media (t/ha)	Precio medio (€/t)	Ingresos (€/ha)
Maíz grano	16.30	194.67	3173.12
		TOTAL	3173.12

(Fuente: GENCAT, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca)

PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR INUNDACIÓN

ABONADO DE: MAÍZ en Riego por inundación

Características del suelo:

Textura	da (t/m ³)	MO (%)	pH	CE (dS/m)	Prof cultivo (m)
Arcilloso grueso	1,4	1,1	8,3	0,6	1,0

N (MO) (%)	Vm (%)	P ₂ O ₅ (MO) (%)	Vm (%)	K ₂ O (MO) (%)	Vm (%)
3,0	1,8	2,0	1,8	1,0	1,8

Características del agua:

Necesidades hídricas maíz (mm)	Nitratos (mg/l)	Potasio (mg/l)
1380,0	15,0	-

Aportes de residuos:

Cultivo:	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
MAÍZ	(kg/t de cosecha)		
10,0	6,0	0,8	12,6

Agua de lluvia:

N (kg/ha)
8,0

Extracciones del cultivo:

Cultivo:	N (kg/t cosecha)	P ₂ O ₅ (kg/t cosecha)	K ₂ O (kg/t cosecha)
MAÍZ	27,0	10,0	20,0

Lixiviación:

N (%)
57,0

Producción:

Producción	Riego
Mínima	8 t/ha
Media	10 t/ha
Máxima	12 t/ha

Riego por inundación
Riego por aspersión
Riego localizado

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	N _c	N _{ll+r}		N _m		N _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Lluvia (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	8	216	8,0	0,02	83,16	60	151
Prod. Media	10	270	8,0	0,02	83,16	60	276
Prod. Máxima	12	324	8,0	0,02	83,16	60	402

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	P _c	P _m			P _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	8	80	55,4	8,0	3,1	51
Prod. Media	10	100	55,4	8,0	3,1	113
Prod. Máxima	12	120	55,4	8,0	3,1	175

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	K _c	K _m			K _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	8	160	27,7	126,0	2,6	16
Prod. Media	10	200	27,7	126,0	2,6	120
Prod. Máxima	12	240	27,7	126,0	2,6	224

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Abonado:

	N (%)	P (%)	K (%)	CANTIDAD (kg/ha)	Precio (€/kg)	Precio (€/t)
Complejo 8-15-15	8,00	15,00	15,00	800	0,33	330,60
Sulfato potásico 50%	-	-	-	0	-	-
N 27	27,00	-	-	785	0,28	281,00
TOTAL (kg/ha)	276	120	120			

Fertilización recomendada:

N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
276	113	120

PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE COBERTURA TOTAL

ABONADO DE: MAÍZ en Riego por cobertura total

Características del suelo:

Textura	da (t/m ³)	MO (%)	pH	CE (dS/m)	Prof cultivo (m)
Arcilloso grueso	1,4	1,1	8,3	0,6	1,0

N (MO) (%)	Vm (%)	P ₂ O ₅ (MO) (%)	Vm (%)	K ₂ O (MO) (%)	Vm (%)
3,0	1,8	2,0	1,8	1,0	1,8

Características del agua:

Necesidades hídricas maíz (mm)	Nitratos (mg/l)	Potasio (mg/l)
1085,0	15,0	-

Aportes de residuos:

Cultivo:	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
MAÍZ	(kg/t de cosecha)		
13,8	6,0	0,8	12,6

Agua de lluvia:

N (kg/ha)
8,0

Extracciones del cultivo:

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Cultivo:	(kg/t cosecha)		
MAÍZ	27,0	10,0	20,0

Lixiviación:

N (%)
30,0

Producción:

	N	P	K
Mínima	11 t/ha		
Media	13,8 t/ha		
Máxima	15 t/ha		

Riego por inundación
Riego por aspersión
Riego localizado

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	N _c	N _{II+r}		N _m		N _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Lluvia (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	11	297	8,0	0,02	83,16	82,8	176
Prod. Media	13,8	372,6	8,0	0,02	83,16	82,8	284
Prod. Máxima	15	405	8,0	0,02	83,16	82,8	330

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	P _c	P _m		P _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	11	110	55,4	11,0	1,4	61
Prod. Media	13,8	138	55,4	11,0	1,4	100
Prod. Máxima	15	150	55,4	11,0	1,4	117

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	K _c	K _m		K _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	11	220	27,7	173,9	1,4	26
Prod. Media	13,8	276	27,7	173,9	1,4	104
Prod. Máxima	15	300	27,7	173,9	1,4	138

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Abonado:

	N %	P %	K %	CANTIDAD (kg/ha)	Precio (€/kg)	Precio (€/t)
Complejo 8-15-15	8,00	15,00	15,00	690	0,33	330,60
Sulfato potásico 50%	-	-	50,00	0	-	
N 27	27,00			848	0,28	281,00
TOTAL (kg/ha)	284	104	104			

Fertilización recomendada:

N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
284	100	104

PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE PÍVOT

ABONADO DE: MAÍZ en Riego por pivot

Características del suelo:

Textura	da (t/m ³)	MO (%)	pH	CE (dS/m)	Prof cultivo (m)
Arcilloso grueso	1,4	1,1	8,3	0,6	1,0

Características del agua:

Necesidades hídricas maíz (mm)	Nitratos (mg/l)	Potasio (mg/l)
945,0	15,0	-

Extracciones del cultivo:

Cultivo:	N (kg/t cosecha)	P ₂ O ₅ (kg/t cosecha)	K ₂ O (kg/t cosecha)
MAIZ	27,0	10,0	20,0

Aportes de residuos:

Cultivo:	N (kg/t de cosecha)	P ₂ O ₅ (kg/t de cosecha)	K ₂ O (kg/t de cosecha)
MAÍZ	14,4	6,0	12,6

Agua de lluvia:

N (kg/ha)
8,0

Lixiviación:

N (%)
25,0

Producción:

Mínima	12 t/ha	Riego por inundación
Media	14,4 t/ha	Riego por aspersión
Máxima	16 t/ha	Riego localizado

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	N _c	N _{II+r}		N _m		N _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Lluvia (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	12	324	8,0	0,01	83,16	86,4	195
Prod. Media	14,4	388,8	8,0	0,01	83,16	86,4	282
Prod. Máxima	16	432	8,0	0,01	83,16	86,4	339

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	P _c	P _m		P _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	12	120	55,4	11,5	1,3	69
Prod. Media	14,4	144	55,4	11,5	1,3	100
Prod. Máxima	16	160	55,4	11,5	1,3	121

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	K _c	K _m		K _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	12	240	27,7	181,4	1,3	40
Prod. Media	14,4	288	27,7	181,4	1,3	102
Prod. Máxima	16	320	27,7	181,4	1,3	144

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Abonado:

	N %	P %	K %	CANTIDAD (kg/ha)	Precio (€/kg)	Precio (€/t)
Complejo 8-15-15	8,00	15,00	15,00	680	0,33	330,60
Sulfato potásico 50%	-	-	50,00	0	-	-
N 27	27,00			843	0,28	281,00
TOTAL (kg/ha)	282	102	102			

Fertilización recomendada:

N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
282	100	102

PLAN DE FERTILIZACIÓN EN RIEGO LOCALIZADO

ABONADO DE: MAÍZ en Riego localizado

Características del suelo:

Textura	da (t/m ³)	MO (%)	pH	CE (dS/m)	Prof cultivo (m)
Arcilloso grueso	1,4	1,1	8,3	0,6	1,0

N (MO) (%)	Vm (%)	P ₂ O ₅ (MO) (%)	Vm (%)	K ₂ O (MO) (%)	Vm (%)
3,0	1,8	2,0	1,8	1,0	1,8

Características del agua:

Necesidades hídricas maíz (mm)	Nitratos (mg/l)	Potasio (mg/l)
756,0	15,0	-

Aportes de residuos:

Cultivo:	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
MAÍZ	(kg/t de cosecha)		
16,3	6,0	0,8	12,6

Agua de lluvia:

N (kg/ha)
8,0

Extracciones del cultivo:

Cultivo:	N (kg/t cosecha)	P ₂ O ₅ (kg/t cosecha)	K ₂ O (kg/t cosecha)
MAÍZ	27,0	10,0	20,0

Lixiviación:

N (%)
10,0

Producción:

Mínima	14 t/ha	Riego por inundación
Media	16,3 t/ha	Riego por aspersión
Máxima	18 t/ha	Riego localizado

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	N _c	N _{ll+r}		N _m		N _f	
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Lluvia (kg/ha)	Riego (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	14	378	8,0	0,01	83,16	97,8	210
Prod. Media	16,3	440,1	8,0	0,01	83,16	97,8	279
Prod. Máxima	18	486	8,0	0,01	83,16	97,8	330

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	P _c	P _m		P _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	14	140	55,4	13,0	1,2	86
Prod. Media	16,3	163	55,4	13,0	1,2	113
Prod. Máxima	18	180	55,4	13,0	1,2	134

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

	K _c	K _m		K _f		
	Producción (t/ha)	Necesidades (kg/ha)	Mat Organica (kg/ha)	Residuos (kg/ha)	Factor de ajuste	Fertilizante (kg/ha)
Prod. Mínima	14	280	27,7	205,4	1,2	56
Prod. Media	16,3	326	27,7	205,4	1,2	111
Prod. Máxima	18	360	27,7	205,4	1,2	152

Fuente: "Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Abonado:

	N %	P %	K %	CANTIDAD (kg/ha)	Precio (€/kg)	Precio (€/t)
Complejo 8-15-15	8,00	15,00	15,00	750	0,33	330,60
Sulfato potásico 50%	-	-	50,00	0	-	-
N32 líquido	32,00			685	0,31	312,50
TOTAL (kg/ha)	279	113	113			

Fertilización recomendada:

N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
279	113	111

RELACIÓN DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS

Figura 1.1. Análisis provincial de la superficie, rendimiento y producción de maíz (en toneladas) de España. (Fuente: MAGRAMA, a partir de los datos del Anuario de Estadística Agraria del MARM 2008)

Figura 4.1. Maíz aporcado y preparado para el riego por inundación.

Figura 4.2. Instalación de riego por aspersión mediante cobertura total

Figura 4.3. Instalación de riego por aspersión mediante pivot circular.

Figura 4.4. Instalación de riego localizado mediante cinta de goteo.

Figura 4.5. Desarrollo del cultivo de maíz con riego localizado.

Figura 5.1. Toma de agua del canal.

Figura 5.2. Sonda de humedad del suelo.

Figura 5.3. Zona de acumulación de agua en riego por aspersión.

Figura 5.4. Infraestructura de riego por aspersión mediante cobertura total de aluminio en maíz.

Figura 5.5. Maquina preparada para extender cinta de goteo.

Figura 5.6. Accionamiento de limpieza de un filtro autolimpiante necesario para el riego localizado en zonas de agua canalizada.

Figura 5.7. Parcela de maíz con riego por aspersión mediante pivot.

Figura 5.8. Parcela de maíz con riego localizado mediante cinta de goteo.

Figura I.1. Planta de maíz.

Figura I.2. Mazorca y estructura del grano.

Figura I.3. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de maíz.

Figura I.4. Parcela sembrada de maíz.

Figura I.5. Necesidades de agua del maíz. La línea roja representa la ET de referencia (ET_o) en función de las condiciones ambientales. La línea azul, la de la etapa de crecimiento teniendo en cuenta la cosecha. (Fuente: NETAFILM)

Figura II.1. Red de distribución del sistema de riego por inundación.

Figura II.2. Maquinaria para el nivelado y refinado de la parcela.

Figura II.3. Parcela preparada para el sistema de riego por inundación.

Figura II.4. Transcurso del agua a través de la parcela de maíz.

Figura II.5. Riego por inundación.

Figura II.6. Instalación de cobertura total en parcela de maíz (sin alargadera de aspersor colocada).

Figura II.7. Filtro de malla

Figura II.8. Parcela de cobertura total regando.

Figura II.9. Material necesario para la instalación de la cobertura total.

Figura II.10. Motobomba, construcción con espaciador.

Figura II.11. Curva característica de motobomba.

Figura II.12. Esquema de pivot central.

Figura II.13. Instalación de pivot central en parcela preparada para maíz.

Figura II.14. Eje central pivot con cuadro de mandos.

Tabla II.15. Coste de la mano de obra en riego por aspersión mediante pivot.

Figura II.16. Curva característica de motobomba.

Figura II.17. Parcela de maíz con riego localizado.

Figura II.18. Presión de los laterales entre 0.65 y 0.55 bar.

Figura II.19. Filtro metálico de malla con operación hidráulica (autolimpiante).

Figura II.20. Instalación de riego localizado mediante cinta de goteo en parcela de maíz.

Figura II.21. Superficie regada con cinta de goteo.

Figura II.22. Distribución de cinta de goteo.

Figura II.23. Máquina para extender cinta de goteo.

Figura II.24. Recogida mecánica de cinta de goteo.

Figura II.25. Curva característica de motobomba.

Figura III.1. Labor primaria con arado de vertedera.

Figura III.2. Labor secundaria con grada rotativa.

Figura III.3. Sembradora neumática de precisión.

Figura III.4. Aporcado del maíz.

Figura III.5. Cosechadora de cereal con corte específico para maíz.

Figura III.6. Depósito e inyector para la fertirrigación en diferentes momentos de desarrollo de la planta.

Gráfica 1.1. Evolución de precios del maíz grano a lo largo de los 10 últimos años, cuyo valor medio es de 194.67 €/t. (Fuente: Lonja de Salamanca)

Tabla 4.1. Resumen de los elementos que participan en los costes del sistema de riego.

Tabla 4.2. Resumen de los elementos que participan en los costes de las prácticas de cultivo.

Tabla 4.3. Resumen de los elementos que participan en los ingresos de la cosecha.

Tabla 5.1. Tamaño medio de parcelas empleadas para el análisis comparativo.

Tabla 5.2. Cuadro comparativo de los valores a destacar para la comparación de los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz.

Tabla 5.3. Cuadro comparativo de los factores ambientales, y su repercusión en una escala de 0 – 10 en los diferentes sistemas de riego en la producción de maíz.

Tabla I.1. Clasificación botánica del maíz.

Tabla I.2. Extracción de nutrientes del maíz.

Tabla I.3. Etapas del desarrollo fenológico del maíz.

Tabla II.1. Tipos de Interés lega en los últimos 10 años.

Tabla II.2. Coste de las infraestructuras en riego por inundación.

Tabla II.3. Coste del agua en riego por inundación

Tabla II.4. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por inundación.

Tabla II.5. Coste de la mano de obra en riego por inundación

Tabla II.6. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante cobertura total, desglosada.

Tabla II.7. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla II.8. Coste del agua en riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla II.9. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por aspersión con cobertura total.

Tabla II.10. Coste de la mano de obra en riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla II.11. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante pívot, desglosada.

Tabla II.12. Coste de las infraestructuras en riego por aspersión mediante pívot.

Tabla II.13. Coste del agua en riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla II.14. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego por aspersión con pívot.

Tabla II.15. Coste de la mano de obra en riego por aspersión mediante pívot.

Tabla II.16. Coste de las infraestructuras en riego localizado, desglosada.

Tabla II.17. Coste de las infraestructuras en riego localizado.

Tabla II.18. Coste del agua en riego localizado.

Tabla II.19. Gasto y consumo real de agua por parte del cultivo de maíz mediante riego localizado.

Tabla III.1. Costes de labores para el sistema de riego por inundación.

Tabla III.2. Características de los fertilizantes empleados para el sistema de riego por inundación.

Tabla III.3. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por inundación.

Tabla III.4. Coste de la semilla para el riego por inundación.

Tabla III.5. Coste de los herbicidas empleados para el riego por inundación.

Tabla III.6. Producción de maíz grano para el sistema de riego por inundación.

Tabla III.7. Costes de labores para el sistema de riego por aspersión.

Tabla III.8. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla III.9. Producción de maíz grano para el sistema de riego por aspersión mediante cobertura total.

Tabla III.10. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego por aspersión mediante pívot.

Tabla III.11. Producción de maíz grano para el sistema de riego por aspersión mediante pívot.

Tabla III.12. Costes de labores para el sistema de riego localizado

Tabla III.13. Características de los fertilizantes empleados para el sistema de riego localizado.

Tabla III.14. Abonado para una producción 10 t/ha de maíz grano con el sistema de riego localizado.

Tabla III.15. Plan de fertirrigación del maíz para el sistema de riego localizado en cobertera.

Tabla III.16. Producción de maíz grano para el sistema de riego por inundación.