



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Carrera

Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (*Zea mays*) en el término municipal de Sariñena (Huesca)

Autor

Beatriz Gil Domínguez

Director

Mariano Vidal Cortés

Escuela Politécnica Superior de Huesca  
2016

# AGRADECIMIENTOS:

Me gustaría agradecer la realización de este proyecto en primer lugar a mi tutor Mariano Vidal, que me ha guiado en la realización de este Trabajo Final de Carrera. Al resto de profesores del área de Ingeniería Mecánica que han colaborado en el proyecto y que han ayudado en el guiado y el enfoque del proyecto, también, gracias. Me quiero acordar del profesorado en general de la EPSH, de los que he aprendido no solo en el ámbito de la Ingeniería Agrónoma sino también en el aspecto personal, desde septiembre de 2007, gracias a la cercanía que nos ofrece esta Escuela.

También a la empresa KUHN Ibérica, que me dio la oportunidad de llevar a cabo este trabajo y puso a mi disposición la información necesaria sin ningún tipo de censura. También por permitirme trabajar con ellos cuando pocas empresas daban oportunidades a estudiantes sin experiencia y más aún en tiempos de crisis.

A Juan Guillén, por su gran predisposición para poner al servicio del proyecto todos los medios disponibles, por asumir el riesgo, y por su espíritu innovador y de mejora, por ser de esos agricultores que buscan la profesionalización y la evolución de este sector.

Quería dedicarles también esta publicación a mis compañeros de piso, que han estado desde ese Febrero de 2013 en el que empecé a realizar los ensayos...pero sobre todo a Dani, Noci y Rober que pasaron alguna que otra tarde desgranando mazorcas en el salón...¡menuda técnica que cogimos al final! Y gracias también a todos y cada uno de los que han sido mis compañeros de piso, por vivir y convivir conmigo, por compartir y enseñarme.

A mi familia, que siempre está a mi lado y que me han animado para finalizar este trabajo. En especial a mi madre, que hasta vino un día al laboratorio a pesar y secar residuo vegetal; y a mi padre que me enseña a pensar con serenidad.

A toda la comunidad rural, por su valentía y su tesón, por no querer abandonar la tierra, porque no le asustan los cambios, porque se preocupa de trabajar y se ocupa del medio ambiente y del bienestar animal sin olvidarse de evolucionar. Y dentro del mundo rural, a Alberuela de la Liena, un pequeño gran pueblo, que me muestra de forma generosa el significado de la palabra "vecinos".

# Índice de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN .....	16
1.1.	Antecedentes .....	16
1.2.	Situaciones favorables y ventajas del laboreo en bandas .....	18
1.3.	Desventajas del laboreo en bandas .....	22
1.4.	Apero de laboreo en bandas o Strip-till .....	24
1.5.	Técnica de cultivo .....	32
1.6.	El cultivo del maíz .....	43
2.	OBJETIVOS .....	53
3.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	55
3.1.	Datos climatológicos: .....	55
3.2.	Riego del cultivo .....	57
3.3.	Situación y emplazamiento .....	57
3.3.1.	Emplazamiento y descripción general del ensayo 1: de única cosecha MAÍZ-MAÍZ	58
3.3.2.	Emplazamiento y descripción general del ensayo 2: de doble cosecha CEBADA-MAÍZ	61
3.4.	Apero de laboreo en bandas .....	63
3.5.	Sembradora .....	69
3.6.	Kit de abono localizado .....	73
3.7.	Semilla: .....	74
3.7.1.	Semilla para el ensayo de cosecha única .....	74
3.7.2.	Semilla para el ensayo de doble cosecha .....	75
3.8.	Abonadora .....	75
3.9.	Fertilizante mineral distribuido en el ensayo de doble cosecha .....	76
3.10.	Tractores .....	77
3.10.1.	Tractor que tracciona del apero Strip-till en el primer ensayo .....	77
3.10.2.	Tractor que tracciona del apero Strip-till en el segundo ensayo .....	77

3.10.3.	Tractor que tracciona de la sembradora.....	77
3.10.4.	Tractor que tracciona de la abonadora.....	78
3.11.	Sistema de guiado .....	79
3.12.	Cosechadora:.....	79
3.12.1.	Cosechadora del ensayo de cosecha única .....	79
3.12.2.	Cosechadora del ensayo de doble cosecha .....	79
3.13.	Residuo vegetal en la parcela.....	80
3.14.	Medición de humedad en la parcela.....	81
3.15.	Sondas de temperatura.....	82
3.16.	Pesaje del grano producido en cada una de las subparcelas.....	83
3.17.	Medición de la humedad de las muestras tomadas .....	84
3.18.	Medición del peso de las mazorcas .....	85
3.19.	Medición de la resistencia mecánica del suelo.....	85
3.20.	Seguimiento de las plantas adventicias presentes en la parcela.....	87
3.21.	Análisis de la textura del suelo.....	88
3.22.	Metodología y descripción de los ensayos .....	88
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	95
4.1.	ENSAYO DE COSECHA ÚNICA .....	95
4.1.1.	Análisis de consumos y capacidades de trabajo derivados propiamente de la técnica Strip Till.....	95
4.1.2.	Análisis de los datos productivos totales de las subparcelas comparando una pasada y dos pasadas de laboreo en bandas.....	98
4.1.3.	Análisis de la producción individual de 12 mazorcas recogidas de cada subparcela estudiada.....	102
4.1.4.	Análisis de la evolución de la nascencia del maíz para las diferentes subparcelas.	104
4.1.5.	Análisis de la temperatura del suelo durante la fase de nascencia del maíz. .	106
4.1.6.	Análisis de compactación del suelo.....	107
4.1.7.	Análisis de la aparición de plantas adventicias.....	108

4.1.8.	Estudio de la viabilidad económica del Laboreo en Bandas en la comarca monegrina.....	112
4.2.	ENSAYO DE DOBLE COSECHA .....	114
4.2.1.	Datos de consumos y capacidades de trabajo .....	114
4.2.2.	Datos productivos .....	114
4.2.3.	Análisis de la producción individual de 12 mazorcas recogidas de cada subparcela estudiada.....	118
4.2.4.	Comparativa de la nascencia de las plántulas.....	121
4.2.5.	Temperatura del suelo.....	122
4.2.6.	Estudio de la compactación del suelo.....	124
4.2.7.	Análisis de la aparición de plantas adventicias .....	125
4.2.8.	Estudio económico .....	125
5.	CONCLUSIONES .....	128
5.1.	Conclusiones para el ensayo de cosecha única maíz-maíz.....	128
5.2.	Conclusiones para el ensayo de doble cosecha cebada-maíz.....	129
6.	ANEJOS .....	130
	ANEJO 1: En la siguiente tabla climática (Tabla 15).....	130
	ANEJO 2. Masa (g) de cada una de las mazorcas recogidas durante el muestreo del Ensayo de cosecha única.....	131
	ANEJO 3. Datos de nascencia de plántulas de maíz en cada fecha .....	132
	ANEJO 4: Medición de la flora arvense en las parcelas el día 17/04/2013. ....	133
	ANEJO 5: Tabla 19. Medición de la flora arvense en el día 13/05/2013 .....	134
4.1.1.	ANEJO 6: Peso de las 12 mazorcas recogidas de cada una de las subparcelas en el ensayo de doble cosecha.....	135
	ANEJO 7: Análisis de la textura del suelo de la parcela del primer ensayo.....	136
	ANEJO 8: Cálculo de costes de maquinaria.....	142
	ANEJO 9. Residuo vegetal en superficie.....	151
7.	INFORMACIÓN CONSULTADA .....	152

## Índice de Figuras

Figura 1: Apero Strip-Till rotativo usado en unos experimentos entre 1997 y 1998, configurado para 6 líneas de 20 cm de anchura con una separación de 75 cm de centro a centro. ....	25
Figura 2: Modelo de apero de laboreo en bandas de la firma estadounidense Northwest Tillers <sup>®</sup> formado por fresadoras rotativas que trabajan el suelo únicamente en franjas. .	26
Figura 3: Apero de laboreo en bandas con cinco cuerpos de fresadora rotativa labrando el centro del lecho de siembra para trasplantar tomate para industria, Firebaugh, California, 2006. Foto: Jeff Mitchell. ....	27
Figura 4: Apero de laboreo en bandas con sistema de brazo/reja utilizado en los experimentos entre 1999 y 2000. ....	27
Figura 5 y 6: Fresadora de Howard modelo Rotospike <sup>®</sup> para realizar el sistema de laboreo en bandas. ....	28
Figura 7: Modelo actual de Ripper-Stripper de la marca Unverferth <sup>®</sup> . ....	29
Figura 8: Cuerpo típico de aperos de laboreo en bandas con un disco de corte, aparta-residuos, la reja con la cuchilla y los discos de contención del suelo tipo berma. ....	29
Figura 9: Modelo de apero de laboreo en bandas de la marca CASE <sup>®</sup> para América del Norte: Nutri-tiller 950. ....	30
Figura 10: Modelo 1tRIPr del fabricante estadounidense Orthman <sup>®</sup> , especializado en el laboreo en bandas. ....	30
Figura 11 y 12: Modelo Gladiator de KUHN Northamerica <sup>®</sup> . Cuerpo tipo del Gladiator (dcha.), y apero dispuesto en chasis portador de fertilizante líquido (izqda.). ....	30

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Figura 13: Modelo del apero de laboreo en bandas de Orthman, 1 tRIPrladiator, al que se le ha acoplado una sembradora de CASE para realizar el laboreo en bandas y la siembra en una pasada, Kerman, California, 2006. Foto: Jeff Mitchell ..... 31

Figura 14: Ilustración de una sección transversal del suelo trabajado con un apero de laboreo en bandas en el que se muestra el grado de suelo suelto cuando el laboreo se hace con el suelo húmedo (amarillo) o seco (verde). El color rojo representa el suelo que no se ha visto afectado por la reja del apero. Courtesy Randy Raper y Francisco Arriago, USDA ARS Soil Dynamics Laboratory, Auburn, Alabama, 2007..... 33

Figura 15: Esquema representativo de KUHN® para su modelo Striger, del número de pasadas y de su momento, en función del suelo presente en la explotación, para cultivos de siembra en primavera. .... 34

Figura 16: Caballón formado por el STRIGER en otoño, que favorecerá la acción del invierno (izqda.) (Foto: KUHN)..... 35

Figura 17: Visualización de dos líneas producidas con el Striger a la salida del invierno (dcha.) (Foto: KUHN)..... 35

Figura 18: Esquema de la sección del caballón formado por el apero de laboreo en bandas que provoca el flujo de aire a través de los agregados favoreciendo el secado del surco y la rotura de los agregados..... 35

Figura 19: Esquema representativo de KUHN para su modelo Striger®, del número de pasadas y de su momento, en función del suelo presente en la explotación, para cultivos de siembra en otoño. .... 37

Figura 20: Esquema de KUHN para representar el desplazamiento de las pasadas del apero de laboreo en bandas en tres años consecutivos. .... 38

Figura 21: Siembra de maíz sobre la línea preparada por el STRIGER en rastrojo de cebada. A la derecha podemos observar el campo sin trabajar y la cantidad de restos vegetales de cebada en superficie.....	38
Figura 22: Ilustración de la comparación entre la evaporación de agua del suelo en laboreo convencional y en laboreo en bandas (KUHN).....	40
Figura 23: Imagen del cultivo de maíz implantado tras el laboreo en bandas con mayor presencia del residuo vegetal entre las línea que en la línea de cultivo; también se observa la ausencia de flora arvense entre el maíz (KUHN).....	41
Figura 24: Imagen del Striger con el kit de abonado mineral localizado (KUHN).....	41
Figura 25: Imagen del Striger acoplado tras una cisterna de purín para inyectar el abono orgánico en la banda de trabajo del Striger.....	42
Figura 26: Ilustración de la diferencia entre la absorción y volatilización del nitrógeno aportado en superficie o de forma localizada en la línea de trabajo del apero de laboreo en bandas (KUHN).....	42
Figura 27: Sección transversal del surco producido por el Striger después de la siembra, donde se puede apreciar la posición del abono y de la semilla en profundidad.....	43
Figura 28: Análisis de la producción española de maíz (en toneladas) por provincia.....	46
Figura 29: Esquema que representa la fijación de agua en el grano de maíz.....	47
Figura 30. Localización del término municipal donde se realizaron ambos ensayos.....	58
Figura 31: Ubicación de las fincas de los ensayos en relación al municipio de Sariñena.....	59
Figura 32: Vista del catastro, en la que se destaca en azul el perímetro de la finca utilizada para el desarrollo del ensayo de cosecha única.....	60

Figura 33: Vista del catastro, en la que se destaca en azul el perímetro de la finca utilizada para el desarrollo del ensayo de doble cosecha. ....	62
Figura 34: Vista más en detalle de las fincas del primer y segundo ensayo, que se hallan contiguas junto a la carretera. ....	62
Figura 35: Cuerpo tipo del Striger. ....	64
Figura 36: Diferencia entre los dos discos abridores que se pueden montar en el Striger: disco ondulado (izqda.) y disco escotado (dcha.).....	64
Figura 37: Vista lateral del disco aparta-residuos (izqda.) y detalle de la regulación en altura de estos discos estrellados (dcha.).....	65
Figura 38: Detalle de la punta de la reja (izqda.) y regulación de la profundidad de trabajo del Striger (dcha.). ....	66
Figura 39: Diferencia entre los dos discos deflectores que se pueden montar en el Striger: disco ondulado (izqda.) y disco dentado (dcha.).....	66
Figura 40: Diferencia entre los dos ruedas de compactación con las que se puede equipar el Striger: rueda de dedos metálicos (izqda.) y rueda OTICO con recubrimiento de caucho (derecha). ....	67
Figura 41, 42 y 43: Distintas vistas de la reja de laboreo: detalle del acumulador de nitrógeno y del manómetro de regulación para ajustar la presión de la seguridad hidráulica de cada reja en trabajo (imagen de la izqda.). Vista trasera (imagen del centro) y lateral (derecha) del vástago.....	68
Figura 44: Vista del Striger equipado con el kit de fertilización mineral y unido a una tolva delantera. ....	68
Figura 45: Vista trasera de una cuba esparcidora de purines equipada con el Striger.....	69

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Figura 46: El Striger durante el trabajo en campo sobre rastrojo de maíz, en el ensayo de única cosecha. ....	69
Figura 47: Sembradora de precisión (Maxima 2 R) en su llegada al campo de ensayo. ....	70
Figura 48: Lectura de la posición de los engranajes para conseguir 89.000 semillas/Ha ....	71
Figura 49: Posición de la cadena en los engranajes Regulación de la MAXIMA 2 en la posición D1 para conseguir la dosis de siembra deseada. ....	71
Figura 50: Información del fabricante acerca de la regulación de la máquina para conseguir una profundidad de siembra deseada (puede variar en función del terreno). ....	71
Figura 51: Maneta de regulación que había que situarla en la posición F-F (dcha.). ....	71
Figura 52: Vista de la sembradora monograno trabajando en la posición F-F en todos sus cuerpos. ....	72
Figura 53 y 54: Algunos ejemplos de la medición de la profundidad de siembra en campo (6,2 cm en primer y segundo ensayo respectivamente). ....	72
Figura 55: Ejemplos de comprobación de la distancia entre semillas de una misma línea de siembra en el ensayo de cosecha única. ....	72
Figura 56: Ejemplo de comprobación de distancia entre semillas en el ensayo de doble cosecha. ....	73
Figura 57: Conjunto formado por TF 1500 + JD 6210 R + STRIGER 8R + kit de Fertilización (columna + ciclón + cabezal de distribución + diente adaptado). ....	73
Figura 58: Vista de la parte trasera del cabezal de distribución y de cada una de las salidas que desemboca en un ciclón. ....	74

Figura 59, 60, 61: Proceso de calibración del dosificador para distribuir el flujo de abono necesario para conseguir la dosis deseada. ....	76
Figura 62: John Deere 6210 R.....	77
Figura 63: Case PUMA 165 con la sembradora MAXIMA 2 R.....	78
Figura 64: Conjunto JD 6820 + abonadora Coorepa en el trabajo de distribución de abono en superficie. ....	78
Figura 65: Cosechadora autopropulsada para el ensayo de cosecha única de maíz. ....	79
Figura 66: Cosechadora autopropulsada para el ensayo de doble cosecha. ....	80
Figura 67: Proceso de recogida del muestreo de residuo vegetal presente en campo.....	80
Figura 68: Pesaje del residuo vegetal. ....	81
Figura 69 y 70: Proceso de recogida del muestreo al azar del suelo de las parcelas. ....	81
Figura 71: Proceso de colocación del muestreo del suelo de las parcelas al azar. ....	82
Figura 72: Tractor con el remolque y el grano sobre la báscula para proceder a realizar el pesaje del maíz cosechado. ....	83
Figura 73: Monitor que gestiona la báscula de pesaje en el momento de la pesada del tractor con el remolque y el grano cosechado.....	83
Figura 74: Análisis de las muestras de maíz grano recogidas en el remolque, mediante el ordenador de análisis de grano. ....	84
Figura 75: Pantalla del ordenador de análisis de grano en el que se observa la información dada para una muestra. ....	85

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Figura 76 y 77: La imagen de arriba a la izquierda muestra la forma de uso del Penetrómetro en campo, en posición inicial. En la imagen de la derecha podemos observar el cabezal del Penetrómetro CP40 II en el momento de toma de datos. .... 87

Figura 78. Zonas de muestreo (0,72m x 3m) dentro de una subparcela donde se realizó el conteo e identificación de las plantas adventicias. Los números (3, 4, 11, etc.) representan las líneas de siembra, y las letras (a, b, c) son las zonas examinadas. .... 88

Figura 79: Representación esquemática de la organización del primer ensayo de cosecha única. .... 89

Figura 80: Representación esquemática de la organización del segundo ensayo de doble cosecha. .... 89

Figura 81: representación esquemática de la distribución de las subparcelas de los ensayos en la finca “Colada” ..... 91

Figura 82: representación esquemática de la distribución de las subparcelas en el ensayo de doble cosecha. .... 93

Figura 83: representación esquemática de la distribución de fertilizante en el ensayo de doble cosecha. .... 94

## Índice de Tablas:

Tabla 1: Tabla de KUHN en el que se destacan qué aspectos de las dos técnicas convencionales que se utilizan en la actualidad se potencian con su apero de laboreo en bandas Striger.....	39
Tabla 2: Evolución de la superficie (ha) destinada a la producción de maíz grano desde 2000 a 2008 en los 10 países con mayor superficie del mundo, y la situación de España en este aspecto .....	49
Tabla 3: Evolución de producción total (t) de maíz grano desde 2000 a 2008 en los 10 países con mayor producción de este cereal en el mundo, y la posición de España. ....	51
Tabla 4: Resultados del análisis de varianza para la producción al 14% de humedad. ....	100
Tabla 5: Resultados productivos del ensayo 1 (cosecha única). ....	101
Tabla 6: Resultados del análisis de varianza para el peso de las mazorcas. ....	102
Tabla 7. Resultados del análisis de varianza para el peso de las mazorcas. ....	104
Tabla 8: Resumen de los datos de la temperatura media, máxima y mínima del suelo para las parcelas A y B .....	106
Tabla 9. Explicación del protocolo de medición de plantas adventicias.....	109
Tabla 10. Coste de la maquinaria en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz. ....	112
Tabla 11. Coste de la mano de obra en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.....	113
Tabla 12: Análisis de la varianza para el rendimiento en ambos ensayos. ....	115

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Tabla 13. Datos relativos a la recolección en el ensayo de doble cosecha.....	116
Tabla 14: Análisis de la varianza para el rendimiento en ambos ensayos. ....	120
Tabla 15: Análisis de la varianza para la nascencia de las plántulas en ambos ensayos. ..	122
Tabla 16. Resumen de los datos de la temperatura media, máxima y mínima del suelo en la finca del segundo ensayo. ....	123
Tabla 17. Coste de la maquinaria en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz. ....	126
Tabla 18. Coste de la mano de obra en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.....	126
Tabla 19: Datos climáticos medios de Sariñena. ....	130
Tabla 20: Datos del peso de cada una de las mazorcas .....	131
Tabla 21: Datos de la nascencia de plántulas de maíz para cada fecha.....	132
Tabla 22: Datos de los individuos y especies de flora arvense el 17/04/2013 .....	133
Tabla 23: Datos de los individuos y especies de flora arvense el 13/05/2013 .....	134
Tabla 24: Tabla con el peso neto y seco del grano de cada una de las mazorcas recogidas por subparcela, en las abonadas de forma localizada (SA) y en las abonadas de forma superficial (S).....	135
Tabla 25: Datos de residuo vegetal presente en las parcelas del ensayo 1.....	151
Tabla 26: Datos de residuo vegetal presente en las parcelas del ensayo 2.....	151

## Índice de Gráficos:

Gráfico 1: Porcentaje de superficie cultivada en España en el año 2014 en función del tipo de siembra que se realiza. ....	17
Gráfico 2: Distribución de la producción (1.000 t) de cereales por cultivos en el año 2013	
Gráfico 3: Evolución de la producción de cereales y del maíz (1.000 t) en España desde 2002 a 2013 en España.....	52
Gráfico 4: Climograma de Sariñena en el año 2013 (Datos obtenidos de la estación de Sariñena de la Oficina del Regante). ....	55
Gráfico 5: Diagrama de temperatura en Sariñena durante el año 2013. ....	56
Gráfico 6. Capacidad de trabajo del apero Striger con una anchura de trabajo de 6 m. ....	96
Gráfico 7. Consumo instantáneo de combustible (l/h) en función de la velocidad de avance (km/h) en diferentes condiciones de trabajo del Striger .....	97
Gráfico 8. Consumo de combustible (l/ha) en función de la velocidad de avance (km/h) en diferentes condiciones de trabajo del Striger. ....	97
Gráfico 9. Rendimientos medios considerando maíz seco (14% de humedad).....	99
Gráfico 10. Contenido de humedad en grano en el momento de cosecha .....	100
Gráfico 11: Peso medio de las mazorcas para cada tipo de ensayo. ....	102
Gráfico 12. Peso de cada una de las mazorcas pesadas en cada subparcela. ....	103
Gráfico 13: Nascencia media de las plántulas del cultivo en cada una de las subparcelas	105
Gráfico 14: Nascencia media de las plántulas del cultivo en función del tipo de ensayo .	105

Gráfico 15: Temperatura media del suelo (°C) en las parcelas A y B del ensayo.....	107
Gráfico 16: Resistencia mecánica del suelo (KPa), medida tanto en el surco creado por el apero de laboreo en bandas como en las zonas entre surcos. ....	108
Gráfico 17: número de especies de plantas adventicias existentes en las subparcelas ....	110
Gráfico 18: número de individuos de planta adventicias existentes en las subparcelas del ensayo de única cosecha. ....	110
Gráfico 19: número de individuos de planta adventicias existentes en las subparcelas del ensayo de única cosecha. ....	111
Gráfico 20: número de especies de plantas adventicias existentes en las subparcelas....	111
Gráfico 21: Rendimiento productivo medio (kg/ha) de los dos tipos de parcelas estudiados, considerando el maíz seco (14% de humedad).....	115
Gráfico 22: Comparativa del contenido de humedad medio de las muestras de maíz grano recogido en las subparcelas de laboreo en bandas con distribución de abono localizado (SA1, SA2, SA3) y de las subparcelas con aporte de abono en superficie (S1, S2, S3). ....	117
Gráfico 23: Peso medio de las mazorcas para cada tipo de ensayo. ....	118
Gráfico 24: Datos del peso en seco de cada una de 12 mazorcas medidas para cada ensayo, también datos del peso medio para cada subparcela. ....	119
Gráfico 25: Datos del peso e intervalo de confianza en el que se refleja el efecto de la parcela sobre el peso de la mazorca .....	120
Gráfico 26: Nascencia media de las plántulas del cultivo en cada una de las subparcelas	121
Gráfico 27: Nascencia media de las plántulas del cultivo para las subparcelas SA y S. ....	122
Gráfico 28: Evolución de la temperatura en el suelo en la parcela del segundo ensayo. .	123

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Gráfico 29: Evolución de la compactación del suelo en las parcelas SA y S..... 124

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

El laboreo en bandas nació como una técnica alternativa para solventar o mejorar la problemática asociada a los métodos de Laboreo Convencional o a la Siembra Directa **(Lamm F. et al, 2006)**.

El laboreo en bandas también llamado Strip-Till de forma anglosajona, es un modo de agricultura de conservación que se basa en trabajar el suelo en líneas. Estas líneas quedan limpias de residuo vegetal para el establecimiento del cultivo mientras las áreas de suelo entre las líneas permanecen inalteradas, con el residuo vegetal en superficie. El laboreo en bandas combina algunas de las ventajas del laboreo convencional (a toda la anchura de la parcela) así como del No Laboreo o la Siembra Directa. A diferencia de la Siembra Directa donde la semilla se deposita en una estrecha rendija en el suelo, el Strip-Till trabaja una banda de entre 6 y 12 pulgadas (15-35 cm) de anchura y de 8 a 18 pulgadas (20-45 cm) de profundidad. El laboreo en bandas supone la sustitución de los aperos del laboreo convencional por el Strip-Till, y también implica el cambio de varias prácticas culturales para obtener resultados óptimos **(Luna J. et al, 2003)**. Si lo comparamos con el Laboreo Convencional, el laboreo en bandas disminuye tanto el volumen de suelo desestructurado como la cantidad de polvo que se genera normalmente; además reduce el consumo de carburante y los costes de maquinaria **(Mitchell J. et al, 2009)**.

El Strip-Till se desarrolló hace algunas décadas, y actualmente es comúnmente utilizado en toda la región de las Llanuras Costeras al sureste de los Estados Unidos (de ahora en adelante EE.UU.), en cultivos como el algodón, el maíz, y los cacahuetes, con el objetivo de romper las capas de suelo compactado que se forman con frecuencia en esa zona **(Mitchell J. et al, 2009)**. Esta técnica también se usa en sistemas de regadío al este del estado de Colorado y al oeste de Nebraska **(Smith et al, 2004)**, así como al oeste de Oregón para la

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (*Strip Till*) aplicada a cultivos en línea (*Zea mays*) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

producción de maíz dulce y frijoles; en la región Medio Oeste (Midwest) para el cultivo de maíz y soja en secano (Luna et al, 2003) y para una gran variedad de cultivos en línea en Texas (Mitchell et al, 2009). En 1998 se introdujo en California para el cultivo del melón y en 2001 para el cultivo de tomate para industria con residuo vegetal en superficie (Mitchell et al, 2004) y en estos últimos años se han trabajado muchos miles de acres de tomate (tanto fresco como para industria) después de cebada o triticale en la parte occidental del condado del Fresno (Mitchell J. et al, 2009). La mayoría de estudios en Strip Till se han desarrollado en explotaciones enfocadas a la producción de maíz dulce, aunque se ha utilizado el laboreo en franjas con éxito en cultivos como el calabacín, el brócoli trasplantado y la coliflor (Luna et al, 2003). Así pues, esta técnica va ligada a cultivos de siembra en línea ya que consiste en trabajar el suelo únicamente en la línea que luego va a ser sembrada, y que en España podrían ser tales como maíz (*Zea Mays*), girasol (*Helianthus annuus*), colza (*Brassica napus*), remolacha (*Beta vulgaris*), etc. o incluso cultivos hortícolas tales como el repollo o la coliflor (*Brassica oleracea spp.*) o la alcachofa (*Cynara scolymus spp.*).



Gráfico 1: Porcentaje de superficie cultivada en España en el año 2014 en función del tipo de siembra que se realiza.

En el gráfico 1, se representa la superficie cultivada en España durante la campaña 2014, generado a partir de los datos que aparecen en la Encuesta sobre superficies y rendimientos

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (ESYRCE). De una superficie total cultivada de 16.292.073 hectáreas, el 48% son cultivos extensivos sembrados a chorrillo u otros cultivos hortícolas cultivados en invernadero o sembrados con otra técnica distinta a la siembra en línea o monograno. El 42 % de la superficie está ocupada por cultivos arborícolas o arbustivos tales como árboles frutales, olivos o viñas, mientras que el 10% restante de la superficie, 1.647.294 ha están destinadas a los cultivos sembrados en línea como colza, maíz, girasol, remolacha o algunos hortícolas donde también se utiliza esta técnica como alcachofa o coliflor. Este último grupo, el que representa un 10% de la superficie agrícola nacional, es en el que puede adaptarse la técnica de laboreo en bandas como labor previa a la siembra del cultivo.

## 1.2. Situaciones favorables y ventajas del laboreo en bandas

La circunstancia que existe actualmente con las restricciones en el uso del agua está obligando a los regantes a buscar formas de trabajo que ayuden a reducir la cantidad de agua necesaria y a conseguir un uso más eficiente de la misma (**Lamm F., 2007**).

En EE.UU. la popularidad de esta técnica aumenta los años de sequía, ya que el Strip-Till conserva mejor la humedad que el laboreo convencional, mientras que proporciona más días efectivos para realizar la siembra si nos encontramos en una primavera húmeda, debido a que las bandas drenan más rápidamente (**Fykse, J. 2013**).

El aumento de la popularidad de esta técnica se debe principalmente a que:

- Conserva mejor que el laboreo convencional la humedad en el suelo, ya que gran parte de la estructura del suelo permanece inalterada (**Gordon et al, 2008**).
- Los nutrientes del subsuelo se conservan mejor, ya que se protegen de la escorrentía, gracias a las bandas de suelo inalteradas (**Fykse J., 2013**).
- Ayuda a la creación de un lecho de siembra óptimo para el desarrollo del cultivo más seco y con mayor temperatura en primavera, facilitando el periodo de siembra y favoreciendo la germinación (**Al-Kaisi et al, 2008**).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- Al uso de sistemas de GPS por parte de los agricultores: sistemas tipo RTK (Real Time Kinematic navegación por satélite en campo) que han permitido que la anchura del apero de laboreo en bandas no tenga que ser la misma que la de la sembradora, y que se pueda realizar en pleno día o sin la luz del sol (**Fyksen J., 2013**).
- A la mejora de la capacidad de los aperos Strip Till para mantener la banda limpia de residuos; el buen funcionamiento de los aparta-residuos que liberan la línea de los restos de cultivo, y que en consecuencia, mitiga en gran medida la presencia de plagas como babosas cerca de la plántula (**Fyksen J., 2013**).
- Que el apero de laboreo en bandas puede ir equipado con un sistema para aplicar abono líquido o sólido de forma simultánea al trabajo del suelo.
- Al permanecer el residuo vegetal inalterado entre las bandas, puede limitar la aparición de plantas adventicias consiguiendo un efecto “mulching”, sobre todo en sistemas de riego por aspersión (**McVay, 2004**).
- Se reducen los costes previos a la siembra, de forma más acusada cuanto mayor es la superficie. También en explotaciones de menor tamaño pero donde el momento para realizar la siembra, debido a la meteorología es muy acusado (**Mitchell et al, 2009**).
- A que se reducen los riesgos de erosión hídrica (**Mitchell et al, 2004**) y eólica (**McVay, 2004**).

La situación con la que se encuentran los agricultores actualmente es una tendencia predominantemente alcista del precio de los insumos (semillas, productos fitosanitarios, fertilizantes, carburante, etc.) que puede comprometer la rentabilidad de las explotaciones agropecuarias, siempre condicionadas por el precio impuesto de su producción agrícola. Reducir los costes de producción de la explotación es un factor clave para optimizar sus rendimientos. Para conseguir disminuir dichos costes, el paso de la maquinaria agrícola sobre el suelo es un factor a tener en cuenta. Por este motivo el laboreo en bandas se presenta como una opción, ya que según **John Luna y Mary Staben en su artículo de 2002**,

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

en los ensayos realizados en 6 parcelas en el estado de Oregon, el Strip Till ahorró un 43 por ciento en comparación con los costes generados por el laboreo convencional y un 47 por ciento en el coste de labor si tenemos en cuenta los equipos para llevar a cabo el laboreo. Cabe destacar que estos datos están basados solo en el tiempo que el equipo se usa en campo, sin incluir el tiempo de transporte entre fincas y el gasto que conlleva mover múltiples aperos de trabajo de suelo (**Luna et al, 2003**). Sin embargo, para aumentar la producción, el reto del Strip Till en primavera es conseguir un lecho de siembra óptimo con una granulometría adecuada, donde no queden aglomerados en superficie sobre los que haya que sembrar. Si durante el laboreo en bandas se producen agregados de gran tamaño que se colocan en la superficie por la cinemática del apero, la emergencia de las líneas de siembra puede verse anulada o al menos retrasada (**Mitchell J. et al, 2004**).

Además de la repercusión directa en los costes de producción, según el Dr. Ingeniero Agrónomo **Luis Márquez**, prestigioso profesor en materia de mecanización agraria, el tránsito de los vehículos es causante de una elevada degradación, que en cierto modo, reducen las macollas de vegetación que fijan los elementos del suelo.

Esta compactación se intensifica como consecuencia del patinamiento de las ruedas de los vehículos, ya que los esfuerzos tangenciales provocados producen una orientación de las partículas y notable disminución de la porosidad.

Pudiera parecer que el efecto de las ruedas quedaría limitado a una pequeña parte del campo de cultivo. La realidad no es esta: del 30 al 80% de la superficie del campo es transitada por lo menos una vez al año por los vehículos agrícolas, y en algunas zonas del campo soportan entre 3 y 9 veces este efecto. La resistencia del suelo a la deformación y la magnitud de la carga junto a su frecuencia y duración marcarán el grado de compactación.

El efecto más perjudicial se produce en los suelos arcillosos y limosos con una cantidad de agua entre el 57 y el 65% del agua, correspondiente a la capacidad de campo. Con cargas elevadas, la temida compactación del suelo llega incluso con niveles inferiores de humedad.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

El Strip Till conduce al rápido crecimiento de las raíces y menor compactación de la capa de desarrollo radicular (menor creación de suela de labor) en comparación con el No laboreo o el laboreo convencional (que crea suela de labor debido al paso de maquinaria), es un aspecto muy importante para que un cultivo se implante de forma adecuada en situaciones de sequía.

El laboreo intensivo se ha mostrado como una pérdida de estructura, pérdida de estabilidad de los agregados y pérdida de la materia orgánica. En estudios a largo plazo, los sistemas de no laboreo han mostrado mejoras en la calidad del suelo en comparación con el laboreo convencional. Como un sistema híbrido de laboreo, el laboreo en bandas puede ofrecer mejoras en la calidad del suelo ya que entre un 50 y 70 por ciento de la superficie del suelo permanece inalterada. La reducción de la compactación del suelo debido a la maquinaria pesada, es una de las mayores ventajas del Strip-till. Mientras que el laboreo convencional puede incluir de 4 a 8 pasadas sobre el campo con equipos de laboreo, el Strip-Till requiere solo 1 o 2 pasadas. También en Strip-Till el tractor pisa entre las líneas trabajadas, lo que minimiza la compactación de la zona cultivada (**Luna J. et al, 2003**).

La erosión del suelo es la mayor fuente de contaminación de las aguas superficiales. Una extensa investigación en todo el mundo ha mostrado la capacidad de los sistemas de no laboreo para reducir tanto la erosión producida por el agua como por el viento. Strip-Till como un sistema de laboreo híbrido con áreas inalteradas de residuo entre las franjas trabajadas, puede reducir la erosión del suelo ya que puede disminuir la escorrentía superficial en los campos. Esta escorrentía puede disolver tanto los pesticidas como los nutrientes presentes en el suelo. En los casos en los que el Strip-Till se utilice en parcelas fácilmente erosionables debido a su pendiente, debe utilizarse de forma perpendicular a dicha inclinación (**Luna J. et al, 2003**).

Si comparamos el laboreo en franjas con la siembra directa, puede conllevar una mayor erosión del suelo, pero ambas técnicas son considerablemente mucho mejor que el laboreo convencional respecto a la problemática de la erosión del suelo. La Universidad de

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Wisconsin (University of Wisconsin Lancaster Agricultural Research Station) llevó a cabo un ensayo en el que se colocaron en un campo con un 8 por ciento de pendiente, unos colectores de la escorrentía en una finca trabajada con chisel y con laboreo en bandas. Los resultados evidenciaron que la pérdida de suelo durante el periodo de nascencia del cultivo hasta antes del cierre completo de la cubierta vegetal fue de 4,67 toneladas de suelo por acre en el caso del chisel mientras que para el caso del laboreo en bandas fue solo de 0,28 toneladas de suelo por acre (lo que se traduciría en 11,54 tn/ha y 0,69 tn/ha respectivamente) (**Wolkowski, R. et al, 2009**).

El laboreo en bandas tiene un impacto significativo sobre la temperatura del suelo, especialmente en los suelos que drenan mal y cuando las condiciones de humedad del suelo permanecen cercanas a la capacidad de campo. El aumento de la temperatura del suelo puede verse limitada por condiciones climáticas muy húmedas. Estudios muestran que el Strip-till aumenta la temperatura del suelo en las primeras 2” (5 cm) en más de 2 °F (°C) en comparación con el no laboreo en la parte central de Iowa (**Al-Kaisi, 2008**).

### 1.3. Desventajas del laboreo en bandas

Alguna de las limitaciones de esta técnica es que probablemente no se podría practicar en parcelas con una inclinación superior al 4-5%. En cuanto a su utilización en primavera, se podría extender hasta parcelas con pendiente entre 6 y 7%, proporcionando la humedad adecuada en el *suelo* (**Fyksen, 2013**).

Una de las mayores razones que se argumentan para la falta de adaptación de esta técnica en comparación con el laboreo convencional, es la dificultad que tiene para manejar el residuo en los sistemas con irrigación, así como que el lecho de siembra creado en primaveras tempranas son más fríos y húmedos lo que conlleva un desarrollo del cultivo más pobre y lento y como último punto desfavorable es que puede haber una disminución del rendimiento productivo (**Lamm F., 2006**).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

El Strip-till puede inducir la erosión, en particular en los suelos fácilmente erosionables, así como a la compactación entre las líneas no laboreadas **(Al-Kaisi et al, 2008)**.

El aporte de abono nitrogenado en primavera puede ser problemático debido al efecto potencial en la germinación de la semilla **(Al-Kaisi et al, 2008)**.

Tal y como explican **Jeff Mitchell et al en su publicación de 2009**, uno de los problemas más grandes que se han encontrado con el Strip-tillage en explotaciones forrajeras para ganado lechero en el estado de California, fueron las dificultades para conseguir el establecimiento uniforme del cultivo y la gestión de las malas hierbas.

El trabajo llevado a cabo por **Mike Petersen en Greeley, Colorado**, mostró que el crecimiento de la raíz en maíz puede verse reducido de forma brusca en un tercio (medido 55 días después de la siembra) debido al mal alineado entre la sembradora y el apero de laboreo en bandas, de aproximadamente 4” (10 cm). Para asegurar que la sembradora pasa exactamente o sigue de forma precisa las bandas creadas por el apero Strip Till es recomendable la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS) para ambas operaciones **(Mitchell, 2009)**.

El control de las malas hierbas al principio del ciclo de cultivo de maíz es crítico para conseguir una producción exitosa en Strip-till, ya que no toda la totalidad de la superficie ha sido labrada. Las malas hierbas y sus semillas son enterradas cuando se realiza el laboreo convencional, mientras que con el sistema de laboreo en bandas, la superficie entre las líneas no sufre alteración alguna y puede conllevar un aumento de la densidad de población de flora arvense durante los primeros estadios fenológicos del cultivo. En los ensayos de triple cultivo realizados en el Valle de San Joaquín, se han utilizado generalmente variedades de maíz resistentes al glifosato (Roundup Ready) y la aplicación de glifosato al principio de su desarrollo. Los datos de los 8 ensayos desarrollados en el Valle de San Joaquín en 2007 indicaron que algunas malas hierbas más emergieron en las parcelas Strip-till que en las de laboreo convencional en determinadas localizaciones. Todas esas parcelas fueron sembradas con variedades de maíz Roundup Ready y el glifosato fue aportado después de

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

la emergencia del maíz. Las mayores densidades de malas hierbas se dieron en las parcelas Strip-till en las que se retrasó la aplicación del glifosato. La mayoría de la población de malas hierbas en estas zonas estaba compuesta por cereales de los cultivos precedentes y bledos (*Amaranthus* spp.). Prevenir la competencia entre la flora arvense y el cultivo durante las primeras semanas del establecimiento del cultivo es muy importante para evitar pérdida en los rendimientos, principalmente debido a la competencia por la luz en los primeros estados fenológicos del maíz.

#### 1.4. Apero de laboreo en bandas o Strip-till

El apero de laboreo en bandas realiza un trabajo vertical del terreno. El laboreo vertical tiene la capacidad de eliminar la compactación del suelo, permitiendo el desarrollo radicular (más allá del simple crecimiento horizontal) y favoreciendo la percolación del agua entre las bandas. El laboreo convencional (o incluso la siembra directa si la analizamos en detalle) provoca que el suelo se compacte a cierta profundidad (**Petersen M., 2011**).

El Strip till es una forma de laboreo de conservación que implica el cultivo en bandas estrechas, separadas por franjas de suelo inalterado. Por lo que esta técnica tiene las ventajas potenciales de proporcionar un lecho de siembra adecuado para la implantación del cultivo mientras deja residuo en superficie en la zona entre las bandas que reduce la erosión del suelo (**Luna et al, 2002**). Los equipos para desempeñar esta técnica consisten normalmente en una fresadora rotativa modificada (apero de laboreo en bandas rotativo) (**Petersen et al., 1986**) o en un brazo de subsolador y un sistema de reja estriada (sistema de brazo/reja) (**Wilhoit et al, 1990**).

Tal y como explica **Luna et al. en su artículo de 2002**, entre los años 1997 y 1998, en el oeste del estado de **Oregon** se realizaron unos ensayos para estudiar esta técnica y se utilizó una fresadora rotativa de Northest Farm Tillers®.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 1: Apero Strip-Till rotativo usado en unos experimentos entre 1997 y 1998, configurado para 6 líneas de 20 cm de anchura con una separación de 75 cm.

Este apero permitía trabajar el suelo en 6 bandas de 20 cm de ancho por 20 cm de profundidad y una separación de 75 cm de centro a centro de las franjas (Figura 1). Las típicas palas en “L” de las fresadoras se sustituyeron por palas curvadas tipo “sable” (tipo C) y se montaron unos protectores de metal para contener el suelo en la línea labrada. Se añadieron marcadores laterales para facilitar el alineamiento de las franjas de pasadas contiguas de la máquina en el campo. En 1998 esta máquina fue modificada para poder trabajar bandas de 30 cm de profundidad por 30 cm de anchura porque los agricultores que participaban en los ensayos creían que unas franjas más anchas y profundas mejorarían la nascencia y el desarrollo del maíz. También se añadió al apero una rueda de compactación cilíndrica y lisa, detrás de cada línea para preparar un lecho de siembra más fino y firme.

Actualmente, la marca Northwest Tillers<sup>®</sup> sigue manteniendo una fresadora rotativa destinada al laboreo en bandas como podemos apreciar en la Figura 2.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Figura 2: Modelo de apero de laboreo en bandas de la firma estadounidense Northwest Tillers<sup>®</sup> formado por fresadoras rotativas que trabajan el suelo únicamente en franjas.

Inicialmente se utilizaban con éxito aperos tipo fresadora que eran accionados por la toma de fuerza (T.D.F.) para la siembra de cultivos como el maíz o el melón, así como para tomate trasplantado en varias estaciones de investigación y en las evaluaciones hechas en campo por los agricultores. Más adelante, se introdujeron los aperos de laboreo en bandas que trabajaban el suelo al ser arrastrados, para la producción de tomate procesado tanto con cubiertas tipo “cover crop” como en campos ecológicos (**Madden et al, 2004**). Se hicieron algunas mejoras y variaciones en el tema del tomate en Strip-till tanto en los aperos accionados por la T.D.F (ver Figura 3), como en los que eran arrastrados que se utilizaron en los últimos años hasta el 2009 (**Mitchell et al, 2009**).

Entre los años 1999 y 2000, el grupo de agricultores que participaban en el proyecto decidieron construir un nuevo apero de laboreo en bandas usando un sistema de brazo/reja que sustituyera la fresadora en líneas accionada por la T.D.F. En este sistema, un disco delantero con rueda de profundidad cortaba el residuo vegetal y la vegetación existente, seguido de un brazo de subsolador que trabajaba a una profundidad aproximada de 35 cm junto a un juego de dos discos ondulados que mezclan y desmenuzan el suelo y seguidos finalmente, de un rodillo desterronador tipo jaula (Figura 4). Esta máquina fue desarrollada con el objetivo de aumentar la velocidad de trabajo en la técnica del Strip till. La fresadora rotativa utilizada para el laboreo en bandas en 1997-1998 trabajaba a 2,9 km/h, mientras

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

que el nuevo apero de brazo/reja podía trabajar a 9,6 km/h. El modelo Ripper-Stripper® (de Unverferth Mfg. Co., Kalida, Ohio) con un diseño similar del conjunto brazo/reja se usó también en ensayos entre 1999-2000. Se llevaron a cabo seis ensayos entre estos años, y en el año 2000 todos los agricultores excepto uno realizaron una segunda pasada con el apero de reja para mejorar las condiciones del lecho de siembra.



Figura 3: Apero de laboreo en bandas con cinco cuerpos de fresadora rotativa labrando el centro del lecho de siembra para trasplantar tomate para industria, Firebaugh, California, 2006. Foto: Jeff Mitchell.

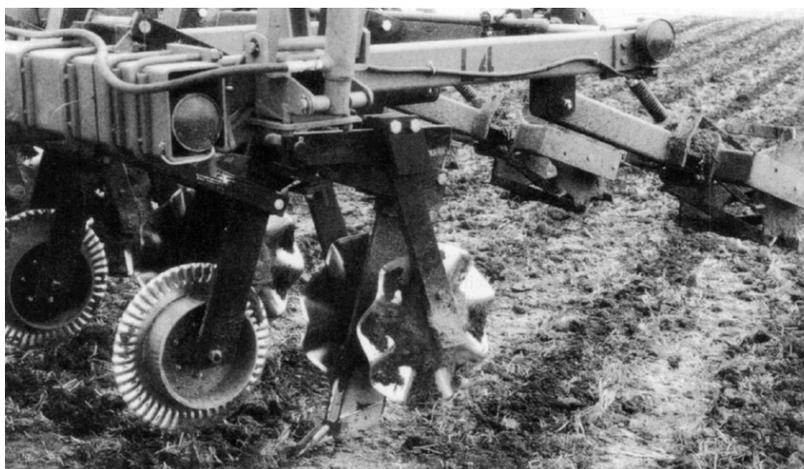


Figura 4: Apero de laboreo en bandas con sistema de brazo/reja utilizado en los experimentos entre 1999 y 2000.

Dicho ensayo llevado a cabo al Oeste de Oregon por **Luna et al, en 2003**, mostró que una sola pasada con un apero de laboreo en bandas de reja deja frecuentemente un lecho de

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

siembra basto; una segunda pasada de Strip-till es necesaria para obtener un lecho de siembra satisfactorio.

Para los casos en los que es recomendable hacer una segunda pasada sobre la primera con el apero de laboreo en bandas, se han utilizado varios tipos de equipamientos, incluido un cultivador rotativo ligero, usado comúnmente para la limpieza de las malas hierbas entre las líneas de los cultivos. Los aperos específicos que usan una combinación de discos rectos, rodillos jaula y otros rodillos fueron fabricados por los agricultores participantes en el ensayo.



Figura 5 y 6: Fresadora de Howard modelo Rotospike® para realizar el sistema de laboreo en bandas.

Uno de los agricultores del proyecto modificó un Howard Rotospike (Figuras 5 y 6) en un apero de laboreo en bandas de segunda pasada. La modificación consistió en el uso de laterales protectores para utilizarla en segundas pasadas de la técnica Strip Till. La vista en detalle que se puede observar a la derecha muestra las cuchillas rectas más robustas (heavy-duty) que fueron las utilizadas en lugar de las tradicionales palas en L. Tal y como se ha descrito anteriormente, hacer una segunda pasada en un sistema Strip-till puede mejorar considerablemente la homogeneidad en la nascencia de todo el cultivo y en la madurez, un factor importante para conseguir que los cultivos maduren uniformemente, algo importante para la industria de transformación de alimentos.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Actualmente en cuanto en el mercado de aperos de laboreo en bandas predominan los aperos de reja, siendo la presencia de fresadoras en bandas, un mercado residual, de acuerdo a la oferta existente por parte de los fabricantes (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12), así como por los aperos observados en los distintos artículos consultados para la elaboración de este Trabajo Fin de Carrera.



Figura 7: Modelo actual de Ripper-Stripper de la marca Unverferth®.



Figura 8: Cuerpo típico de aperos de laboreo en bandas con un disco de corte, aparta-residuos, la reja con la cuchilla y los discos de contención del suelo tipo berma.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 9: Modelo de apero de laboreo en bandas de la marca CASE® para América del Norte: Nutri-tiller 950.



Figura 10: Modelo 1tRIPr del fabricante estadounidense Orthman®, especializado en el laboreo en bandas.



Figura 11 y 12: Modelo Gladiator de KUHN Northamerica®. Cuerpo tipo del Gladiator (dcha.), y apero dispuesto en chasis portador de fertilizante líquido (izqda.).

Respecto a la potencia del tractor necesaria para poder realizar un correcto laboreo en bandas hay variaciones en función de los tipos de aperos Strip-till que se encuentran

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

actualmente en el mercado. En términos de energía de tracción necesaria, en general se estima una potencia de unos 30 CV por cuerpo, línea o reja de subsolado. Este requerimiento de potencia, sin embargo, depende del diseño, del peso y de otras características del apero de laboreo en bandas, así como de la profundidad de trabajo deseada o del contenido de humedad en el suelo (se necesita mayor potencia cuanto más seco está el suelo) **(Mitchell et al, 2009)**. La textura del suelo que vaya a ser trabajado, también es un factor que condiciona la potencia del tractor necesaria, a mayor contenido en arenas, menor requerimiento de potencia.

Con el objetivo de realizar el menor número posible de pasadas con la maquinaria agrícola sobre el terreno de cultivo, se han hecho varias pruebas con el apero de laboreo en bandas unido a la sembradora en línea (ver Figura 13). Para ello se engancha la sembradora al apero de laboreo en bandas y realizar ambas operaciones en una única pasada **(Mitchell et al, 2009)**.



Figura 13: Modelo del apero de laboreo en bandas de Orthman, 1 tRIPradiator, al que se le ha acoplado una sembradora de CASE para realizar el laboreo en bandas y la siembra en una pasada, Kerman, California, 2006. Foto: Jeff Mitchell

Según algunos fabricantes de aperos contrastados, desechan esta opción ya que el apero Strip-till necesita trabajar a velocidades altas (8-12 km/h) mientras que una sembradora

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

monograno, para hacerlo con precisión, necesita sembrar a menores velocidades (del orden de 4-6 km/h).

El otro motivo que desestima esta técnica es que el tiempo que pasa desde que se realiza el laboreo en bandas hasta que se lleva a cabo la siembra, favorece la rotura de los agregados que quedan en la línea, y que mejoran la granulometría y las condiciones del suelo para la implantación del cultivo.

### 1.5. Técnica de cultivo

La técnica de cultivo experimentada en Europa ofrece varias alternativas de manejo, en función del suelo, del cultivo y del clima que se dé en la explotación.

El momento para realizar el laboreo en bandas es crítico para alcanzar los objetivos de esta técnica. Tradicionalmente, el Strip-till se lleva a cabo en otoño para maximizar los beneficios de crear una zona labrada antes de la siembra en primavera. Los suelos están generalmente más secos tras la cosecha que en primavera. Las condiciones del suelo son más favorables para el Strip-till cuando la humedad del suelo está a capacidad de campo o menos, para minimizar la compactación del suelo. El laboreo en bandas en otoño seca y calienta el suelo antes de la siembra en primavera, preparando un lecho de siembra más uniforme y mejorando el contacto suelo-semilla (**Al-kaisi et al, 2008**).

El momento de realizar el laboreo en bandas es un factor crítico que determina su éxito. En general, el laboreo en bandas es más efectivo cuando se realiza en suelos suficientemente secos para desmenuzar el perfil del subsuelo, pero no lo suficientemente seco como para generar grandes agregados de suelo que no permitan una siembra constante. Un ensayo realizado por el USDA, por el Servicio de Investigación del Laboratorio Agrícola de Suelos Dinámicos (Agricultural Research Service Soil Dynamics Laboratory) en Auburn, Alabama, demostró que se consigue desmenuzar una banda de suelo más ancha cuando el suelo está seco que cuando está húmedo, pero que esto debe estar equilibrado para proporcionar al suelo unas condiciones de siembra satisfactorias (ver Figura 14). Si la sembradora está

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (*Zea mays*) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

acoplada al apero Strip-till, el momento de realizar la pasada es muy importante para alcanzar los rendimientos deseados (**Mitchell et al, 2009**).



Figura 14: Ilustración de una sección transversal del suelo trabajado con un apero de laboreo en bandas en el que se muestra el grado de suelo suelto cuando el laboreo se hace con el suelo húmedo (amarillo) o seco (verde). El color rojo representa el suelo que no se ha visto afectado por la reja del apero. Courtesy Randy Raper y Francisco Arriago, USDA ARS Soil Dynamics Laboratory, Auburn, Alabama, 2007.

El laboreo en bandas es ejecutado de forma más efectiva cuando el suelo en la zona vertical que va a ser trabajado está relativamente seco, pero no demasiado seco lo que provocaría que el apero Strip-till elevara a la superficie grandes agregados o que pudiera doblar los brazos del apero debido a la alta resistencia que puede darse condiciones muy secas. Por el contrario, el laboreo en bandas se realiza mejor con cierto contenido de humedad en el suelo, pero no demasiado húmedo lo que compactaría las capas que no han sido desmenuzadas o rotas. Por esto, en los sistemas de producción de maíz forrajero, generalmente el laboreo en bandas puede hacerse inmediatamente después del picado del grano pequeño en invierno y antes de la pre-irrigación del cultivo (**Mitchell et al, 2009**).

De acuerdo al fabricante del Striger, KUHN, para cultivos de verano como el maíz o el girasol, con **siembra en primavera**, se deben realizar una o dos pasadas en función del tipo de suelo predominante: ligero o pesado. En el primer caso, con suelos arenosos, se realiza una única

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

pasada entre una semana y un mes antes de la siembra; mientras que si los suelos son pesados, es decir, con un contenido en arcillas superior al 20 %, realizaremos una pasada en otoño y otra en primavera, aunque esta segunda siempre es opcional (ver Figura 15).

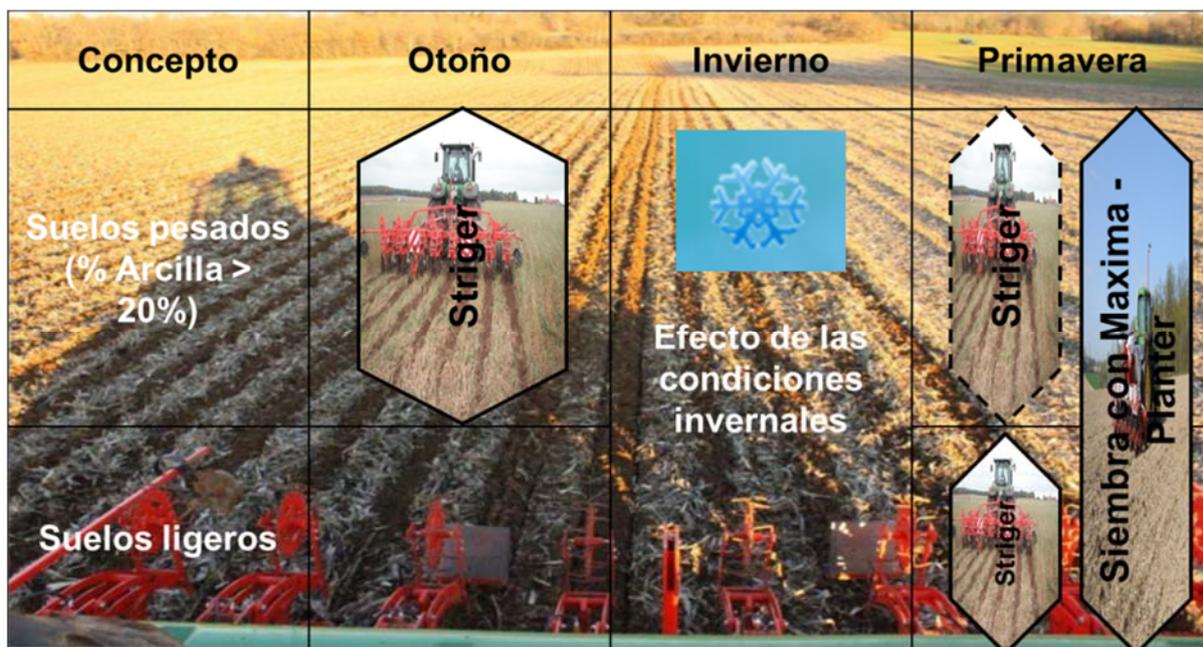


Figura 15: Esquema representativo de KUHN® para su modelo Striger, del número de pasadas y de su momento, en función del suelo presente en la explotación, para cultivos de siembra en primavera.

El objetivo de la pasada de otoño es formar un caballón (Figura 16) para que los fenómenos que tienen lugar durante el invierno como las heladas o el viento aireen y desmenucen los agregados creando una granulometría adecuada para la siembra. La pasada de primavera, en cualquier tipo de suelo, consigue calentar la línea que se va a sembrar y crear un adecuado lecho de siembra.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 16: Caballón formado por el STRIGER en otoño, que favorecerá la acción del invierno (izqda.) (Foto: KUHN).

Figura 17: Visualización de dos líneas producidas con el Striger a la salida del invierno (dcha.) (Foto: KUHN).

En la última imagen (figura 17), se puede apreciar la granulometría del lecho de siembra en la línea que prepara el STRIGER para la implantación del cultivo. En ella se ven dos bandas creadas por el Striger. En ambas la primera pasada se hizo al mismo tiempo. Se intuye a la izquierda de la imagen una banda en la que únicamente se ha realizado la pasada en otoño mientras a la derecha se observa claramente el suelo limpio de residuo y preparado para la implantación del cultivo, con la pasada antes del invierno y una segunda después de éste. Se observa también la presencia de los restos de cosecha entre las líneas.

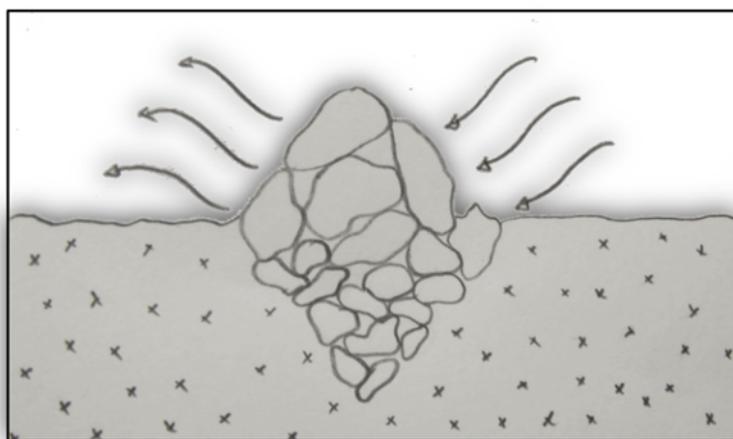


Figura 18: Esquema de la sección del caballón formado por el apero de laboreo en bandas que provoca el flujo de aire a través de los agregados favoreciendo el secado del surco y la rotura de los agregados.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

El objetivo de formar un caballón durante la pasada de otoño es favorecer que el aire fluya a través de la línea, ayudando a su secado, y a la disgregación de los terrones de suelo generados a partir del trabajo de la reja, junto con los efectos disgregantes de las heladas invernales (ver Figura 18).

El laboreo en bandas en otoño también tiene sus limitaciones. Algunas se evidencian desde que la aplicación de nitrógeno en otoño está siendo descartada en muchas zonas. Si los suelos permanecen húmedos bajo el abundante residuo, las herramientas usadas para trabajar el suelo en bandas pueden compactar el suelo y formar grandes terrones. Los suelos húmedos en primavera pueden adherirse a las ruedas de control de profundidad en las sembradoras, impidiendo una profundidad de siembra constante. La labor necesaria para realizar el laboreo en otoño puede competir directamente con las tareas de la cosecha, por lo que hay que considerar el número de horas disponibles para realizar el laboreo en bandas en otoño, tras la cosecha (**Al-Kaisi et al, 2008**). La pasada de otoño debe adaptarse a las condiciones que tengamos en campo. En el caso en el que el suelo esté demasiado seco, habría que desestimar la opción del Strip-till ya que solo se conseguiría secar todavía más el lecho de siembra. Por otra parte, realizar el laboreo en bandas en otoño en comparación con realizarlo en primavera unos días antes de la siembra, puede resultar beneficiosa para reponer la humedad del suelo en la zona de siembra (**Godsey et al, 2008**).

En el caso de cultivos de invierno, como por ejemplo la colza (*Brassica napus spp.*), con **siembra en otoño**, también realizaremos una pasada en suelos ligeros y dos en suelos pesados.

En los suelos arcillosos es recomendable realizar la primera pasada en julio, inmediatamente tras la recolección para aprovechar la humedad que pueda haber en el subsuelo; la segunda pasada se realiza 1 ó 2 semanas antes de sembrar. En el caso de suelos ligeros, la pasada que se realiza es también, antes de la siembra, como se representa en la Figura 19.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

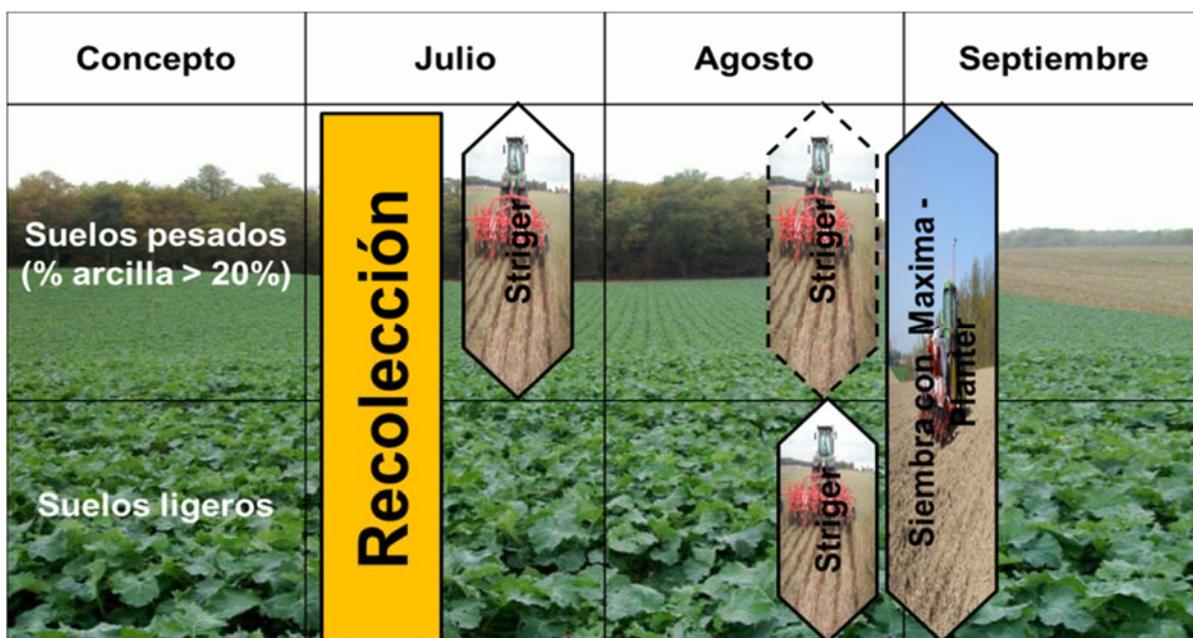


Figura 19: Esquema representativo de KUHN para su modelo Striger®, del número de pasadas y de su momento, en función del suelo presente en la explotación, para cultivos de siembra en otoño.

En el caso de sembrar por ejemplo, **maíz tras rastrojo de maíz** de la cosecha anterior, es recomendable trabajar en el espacio entre filas. Se puede realizar la pasada justo en el medio de las líneas o como muestra la figura 20, de forma que se alterne cada 2 ó 3 años la superficie trabajada, así se logra que el suelo permanezca más tiempo inalterado y favorece la descomposición de los residuos.

Una práctica muy usual en España es realizar **dobles cosechas**. En estos casos en el que el tiempo entre la cosecha y la siembra es escaso, es suficiente con una pasada de STRIGER para conseguir un lecho de siembra adecuado y limpio, gracias en parte a que el contenido de humedad que suele haber en el suelo.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

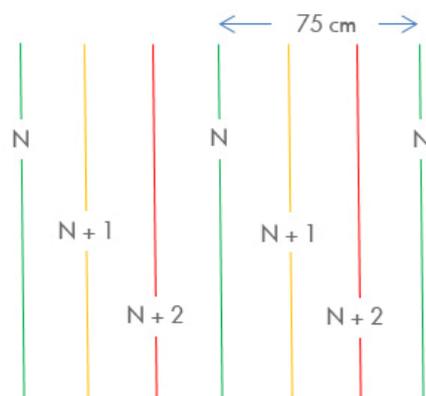


Figura 20: Esquema de KUHN para representar el desplazamiento de las pasadas del apero de laboreo en bandas en tres años consecutivos.

En la imagen inferior (Figura 21) se observa la siembra sobre la línea que había preparado el STRIGER; cabe destacar la gran cantidad de restos de cosecha presentes en superficie dado que la parcela contaba con riego por aspersión.



Figura 21: Siembra de maíz sobre la línea preparada por el STRIGER en rastrojo de cebada. A la derecha podemos observar el campo sin trabajar y la cantidad de restos vegetales de cebada en superficie.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Como se ha nombrado anteriormente, el laboreo en bandas es una técnica a caballo entre el laboreo convencional y la siembra directa. Se podría decir que es un laboreo convencional localizado únicamente en la línea de siembra, mientras permanece la mayor parte de la superficie inalterada, como ocurre en el caso de la siembra directa. Se representa en la Tabla 1 cómo el STRIGER como apero de laboreo en bandas recoge las ventajas de los dos mundos:

	<b>STRIGER</b>	<b>Siembra Directa</b>	<b>Convencional</b>
<b>Velocidad de calentamiento del suelo</b>	😊		😊
<b>Preparación de la línea de siembra</b>	😊		😊
<b>Preservar la vida y la estructura del suelo</b>	😊	😊	
<b>Conservar la humedad del suelo</b>	😊	😊	
<b>Rendimiento del campo</b>	😊		😊
<b>Drenaje de la línea de siembra</b>	😊		😊
<b>Rendimiento tiempo/ha</b>	😊	😊	
<b>Consumo de combustible</b>	😊	😊	

Tabla 1: Tabla de KUHN en el que se destacan qué aspectos de las dos técnicas convencionales que se utilizan en la actualidad se potencian con su apero de laboreo en bandas Striger.

Según los datos aportados por el fabricante, la preparación del suelo con el STRIGER es mucho más barata que con el laboreo convencional. Una pasada de STRIGER (incluida la siembra) tiene un coste total de 82,5 €/ha, mientras que el método convencional tiene un coste de 176,5 €/ha, es decir, menos de la mitad. Los principales puntos fuertes de este apero se describen a continuación:

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- **El STRIGER proporciona al futuro cultivo lo que necesita:**
  - Crea una buena cama de siembra para la emergencia del cultivo, así como favorece su desarrollo radicular.
  - Aporta el abono necesario para cubrir las necesidades de las plantas, únicamente en la línea donde va a crecer el futuro cultivo, es decir, reducimos el coste de fertilización con la misma eficacia.
- **Con el STRIGER se mantienen limpias las calles del cultivo:**
  - Al no trabajar el espacio entre las líneas, y mantener el residuo vegetal en superficie, evitamos la emergencia de plantas adventicias que puedan debilitar el crecimiento del cultivo, como se puede apreciar en la figura 23.
  - Nos permite controlar la emergencia de flora arvense con bajo coste de productos químicos para evitar su aparición.
- **Con el STRIGER se mantiene la estructura del suelo:** al conservar la estructura, evitamos la erosión del suelo y la pérdida de los nutrientes del suelo por escorrentía superficial.
- **Con el STRIGER gestionamos la reserva hídrica del suelo:**
  - En años secos mantiene la humedad en el suelo (ver figura 22) ya que no destruye la estructura entre las líneas, mientras que en años húmedos permite sembrar antes que otras técnicas como por ejemplo la siembra directa, debido a que el caballón formado por el STRIGER favorece la aireación de la línea de siembra.

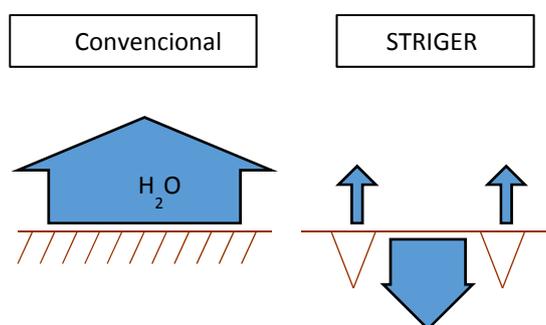


Figura 22: Ilustración de la comparación entre la evaporación de agua del suelo en laboreo convencional y en laboreo en bandas (KUHNN).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Mejorar la eficiencia es otra ventaja potencial de la técnica de laboreo en bandas cuando se inyecta purín a la vez que realiza el trabajo del suelo en la línea, reduciendo las pasadas sobre el campo **(Al-Kaisi et al, 2008)**.



Figura 23: Imagen del cultivo de maíz implantado tras el laboreo en bandas con mayor presencia del residuo vegetal entre las líneas que en la línea de cultivo; también se observa la ausencia de flora arvense entre el maíz (KUHNN).

El STRIGER de KUHNN permite adaptarle un kit para realizar la fertilización con abono mineral (Figura 24) mediante una tolva frontal, así como permite también adaptarlo a una cuba esparcidora de purines (Figura 25).



Figura 24: Imagen del Striger con el kit de abonado mineral localizado (KUHNN).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Figura 25: Imagen del Striger acoplado tras una cisterna de purín para inyectar el abono orgánico en la banda de trabajo del Striger.

El abono localizado nos permite ahorrar en costes de tiempo y combustible ya que lo aportamos en la misma pasada que trabajamos la tierra. Además el fertilizante solo se aporta en la línea de siembra, como se representa en la figura 26, por lo que podemos reducir la dosis de abonado a la vez que se introduce en el suelo, limitando así las pérdidas por evaporación.

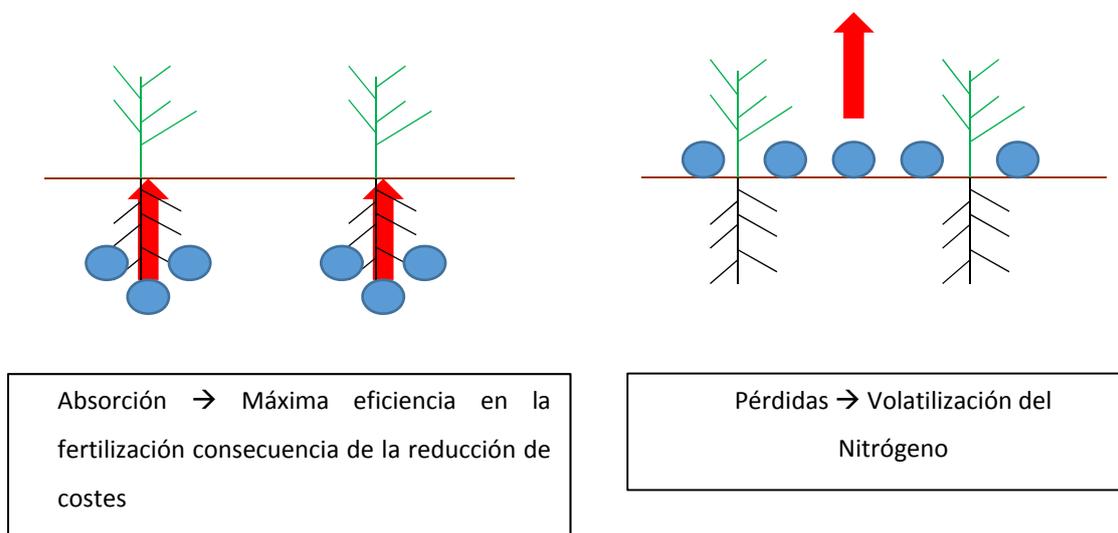


Figura 26: Ilustración de la diferencia entre la absorción y volatilización del nitrógeno aportado en superficie o de forma localizada en la línea de trabajo del apero de laboreo en bandas (KUHN).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

El conducto que deposita el abono se instala inmediatamente detrás de la reja, por lo que el abono se coloca a la profundidad de trabajo del STRIGER. En el corte transversal del terreno de la figura 27 podemos apreciar la situación de la semilla y del abono en función de cuándo se aporte el fertilizante con el STRIGER.

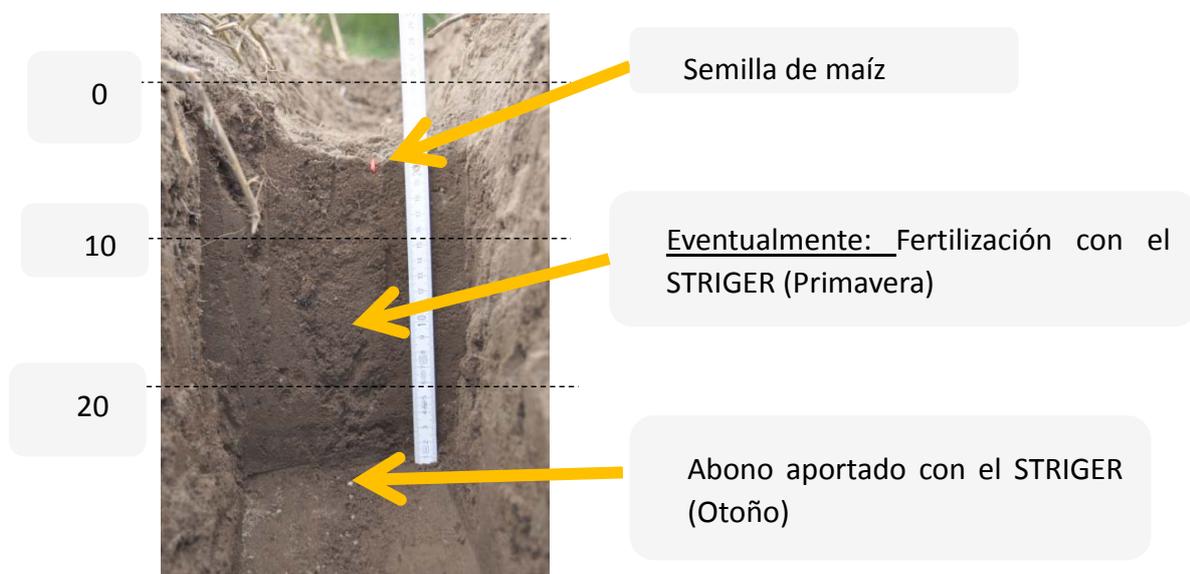


Figura 27: Sección transversal del surco producido por el Striger después de la siembra, donde se puede apreciar la posición del abono y de la semilla en profundidad.

## 1.6. El cultivo del maíz

El maíz se cultiva desde hace unos 7000 años de antigüedad. Se cultivaba por las zonas de México y América central. Fue introducido en España en el siglo XVI. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el mundo y en especial en EE.UU. y Europa donde ocupa una posición muy elevada. En la mayor parte de los países de América, el maíz constituye la base histórica de la alimentación regional y uno de los elementos centrales de la cultura mesoamericana (magrama).

El maíz pertenece a la conocida familia las *Poaceas*. Esta familia de plantas monocotiledóneas es considerada la más importante desde el punto de vista ecológico entre las plantas superiores y contiene más de setecientos géneros y cerca de ocho mil especies, muchas de ellas de gran relevancia como alimento (ej. cereales), forrajes (ej. pastos), etc. El maíz, *Zea mays*, es una especie de gran importancia como cereal y ciertas formas inmaduras, conocidas como choclos, son de gran importancia desde el punto de vista hortícola. El género *Zea* tiene cerca de diez especies, con características botánicas claramente diferenciadas dentro de la familia. La planta de maíz es una monocotiledónea anual y de altura muy variable; algunas formas no llegan a 1 m y otras sobrepasan los 5 m. Su sistema radical está compuesto por tres tipos de raíces: las seminales, las coroneles y las aéreas. Las raíces seminales o primarias están compuestas por la radícula y unas pocas raíces laterales (1-13) que crecen adventiciamente desde la base del primer nudo del tallo inmediatamente arriba del nudo escutelar. Las raíces coroneles nacen de la porción basal del tallo a partir de la base de los entrenudos subterráneos y en un número aproximado de 85 raíces que se ramifican y subramifican posteriormente. Las raíces gruesas y carnosas que nacen a partir de la base de los nudos aéreos y que posteriormente penetran en el suelo son denominadas raíces aéreas. El tallo principal es una caña de nudos llenos, que puede ramificarse a partir de yemas axilares de las hojas inferiores, dando origen a ramificaciones o tallos secundarios que también pueden florecer y fructificar. Las hojas son alternas, alargadas, anchas, lanceoladas y acuminadas; poseen nervadura paralela, lámina auriculada y una lígula grande que evita la acumulación de agua en la axila foliar-

En cuanto a floración, la planta es casi siempre monoica, con flores masculinas en una panícula o panoja y las femeninas en una espiga, también llamada mazorca. La panoja se diferencia a partir de la yema apical, en cambio las mazorcas aparecen en las axilas de las hojas ubicadas en la mitad inferior de la planta. En la panícula hay por lo general una espiga central y varias laterales; en la central se observan 4 a 11 hileras de espiguillas apareadas y en las laterales casi siempre dos. Normalmente las espiguillas masculinas poseen dos flores, en cada una de las cuales hay tres estambres y un pistilo rudimentario. La espiga femenina

se desarrolla sobre un tallo de internudos cortos y con hojas modificadas en cada nudo que conforman las chalas. Las espiguillas femeninas se disponen en 8 a 24 hileras, a lo largo de un eje blando llamado coronta. Cada espiguilla normal posee dos flores, la inferior casi siempre aborta; cuando se desarrolla en algunas espiguillas los granos se disponen irregularmente en la mazorca; normalmente la disposición es ordenada. Cada flor femenina posee un ovario súpero, simple, con un estilo largo, que funcionalmente es un estigma compuesto, pues es receptivo en casi toda su longitud; el conjunto de estilos se llama comúnmente barba o muñeca. Al ser polinizada y fecundada, la inflorescencia femenina forma los frutos que adheridos a la mazorca constituyen el choclo, órgano de consumo hortícola de la especie.

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 t de zuros equivalen a 1 t de carbón), industria papelera, industria textil, obtención de furfural, bebidas alcohólicas, siropes, consumo en fresco, fabricación de cervezas y determinados tipos de whisky, etc.

Económicamente, el maíz es uno de los principales cultivos a nivel mundial con una producción total de 820 millones de t/año en 2008 (FAO). Según las estadísticas de la FAO, 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

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

(ver tabla 3) en el ranking de países productores a nivel mundial pero es el noveno en el ámbito de Europa. Si se tiene en cuenta la superficie destinada al cultivo del maíz, España pasa a ocupar el puesto 49 del mundo, como se puede observar en la tabla 3, con 366.100 ha.

En cuanto a nuestro país (ver Figura 28) 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.

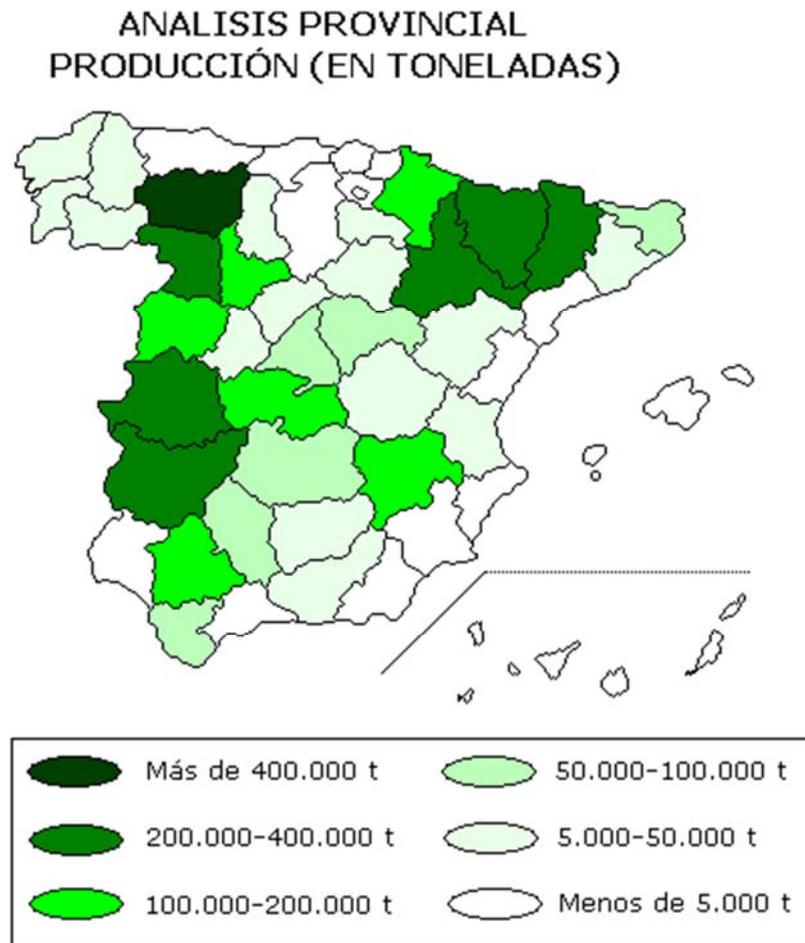


Figura 28: Análisis de la producción española de maíz (en toneladas) por provincia.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

En la Tabla 2 se informa de la evolución de la superficie destinada en España para el cultivo del maíz entre los años 2000 y 2008. En el gráfico 2 se ve la distribución de la producción nacional por cereales, elaborado con los datos del 2013, mientras que en el Gráfico 3 se ve la evolución de la producción de maíz desde 2002 hasta 2013.

En el maíz de segunda cosecha en las zonas cálidas de España, o en el de cosecha única en comarcas más frías, cuando la madurez se logra en períodos de lluvias, es muy difícil conseguir su secado al sol, por lo que debe pasar por secadero.

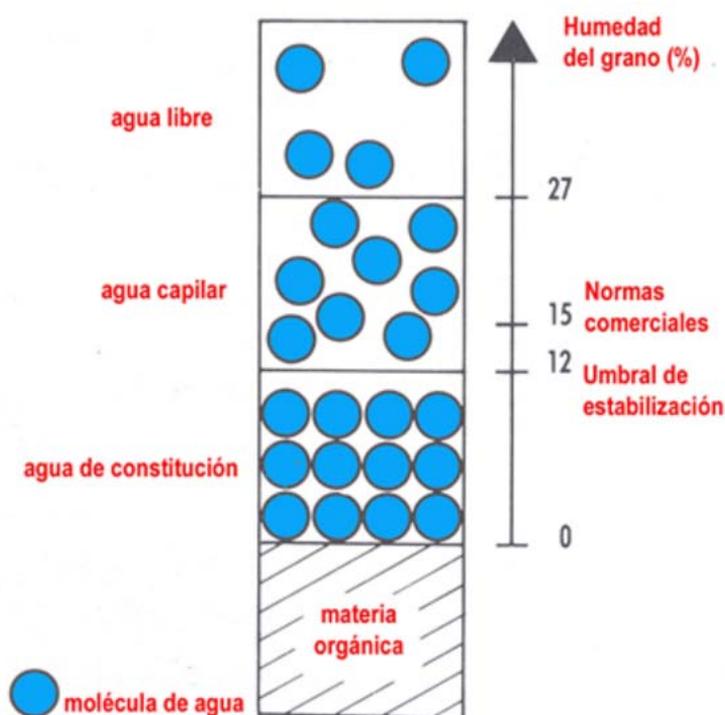


Figura 29: Esquema que representa la fijación de agua en el grano de maíz.

El maíz, para ser conservado, debe tener 13-14% de humedad, por lo que puede darse el caso de tener que rebajar la humedad del grano desde el 25-30% hasta el porcentaje antes dicho (**Guerrero, 1999**).

El maíz grano que se destina a la alimentación animal se deshidrata en los secaderos, que son instalaciones destinadas a eliminar artificialmente mediante acción combinada del calor

y de la ventilación, el exceso de humedad que tienen los granos permitiendo su conservación, hasta que el grano tiene un contenido en humedad de 14% aproximadamente.

El secado del grano es imprescindible hasta alcanzar unos límites que permiten su conservación. Para el caso del maíz esto significa evaporar entre un tercio y un cuarto de la masa del grano seco antes de que alcance la instalación de almacenamiento.

Para la eliminación del exceso de humedad se utiliza lo que se conoce como secadero en el que el grano se somete a la acción de una corriente de aire caliente, de manera que aumenta su temperatura hasta la de vaporización del agua. Primero se evapora el agua libre (ver Figura 29), lo cual precisa relativamente poca energía; en el maíz se encuentra agua libre cuando se supera el 27 % de humedad. A continuación el agua situada en los capilares, lo que no resulta más difícil, con un límite que es el que se conoce como umbral de estabilización que se alcanza cuando la humedad llega al 13 %. A partir de aquí el agua se encuentra unida químicamente a los componentes de los granos y se precisa una gran energía para su evaporación. Desde el punto de vista práctico, la humedad del grano para el buen almacenamiento se sitúa en el 14%. El proceso de secado se acelera en los secaderos utilizando a una corriente de aire caliente y con bajo contenido de humedad. La calidad del secado y la eficiencia energética del proceso guardan relación con las características técnicas del secadero, y puede señalarse que, a medida que aumenta su tamaño, se reduce el consumo específico de energía, ya en ellos se utilizan mejor los circuitos de recuperación de calor (Márquez, magrama).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

	País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Estados Unidos	29.316.000	27.830.000	28.057.000	28.710.000	29.797.730	30.399.000	28.587.200	35.014.640	31.825.600
2	China	23.086.388	24.310.656	24.661.127	24.092.660	25.467.475	26.379.250	28.482.669	29.497.391	29.882.998
3	Brasil	11.614.717	12.330.300	11.750.900	12.965.678	12.410.677	11.549.425	12.613.094	13.767.400	14.445.264
4	India	6.611.300	6.581.500	6.635.200	7.343.400	7.430.400	7.588.300	7.894.000	8.117.300	8.300.000
5	México	7.131.180	7.810.850	7.119.724	7.520.900	7.687.660	6.605.600	7.294.842	7.333.277	7.353.940
6	Indonesia	3.500.000	3.285.900	3.126.830	3.358.511	3.356.914	3.625.987	3.345.805	3.630.324	4.003.313
7	Nigeria	3.159.000	3.283.000	3.282.000	3.469.000	3.479.000	3.589.000	3.905.000	3.944.000	3.845.000
8	Argentina	3.088.715	2.815.504	2.420.124	2.322.857	2.338.602	2.783.436	2.447.166	2.838.072	3.412.155
9	Tanzania	1.017.600	845.950	1.718.200	3.462.540	3.173.070	3.109.590	3.000.000 F	3.100.000 F	3.100.000
10	Sudáfrica	4.012.000	3.189.000	3.533.459	3.650.904	3.204.110	3.223.000	2.032.446	2.551.800	2.799.000
<b>49</b>	<b>España</b>	<b>433.146</b>	<b>512.500</b>	<b>465.134</b>	<b>479.900</b>	<b>479.801</b>	<b>414.298</b>	<b>344.400</b>	<b>354.800</b>	<b>366.100</b>

Tabla 2: Evolución de la superficie (ha) destinada a la producción de maíz grano desde 2000 a 2008 en los 10 países con mayor superficie del mundo, y la situación de España en este aspecto

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

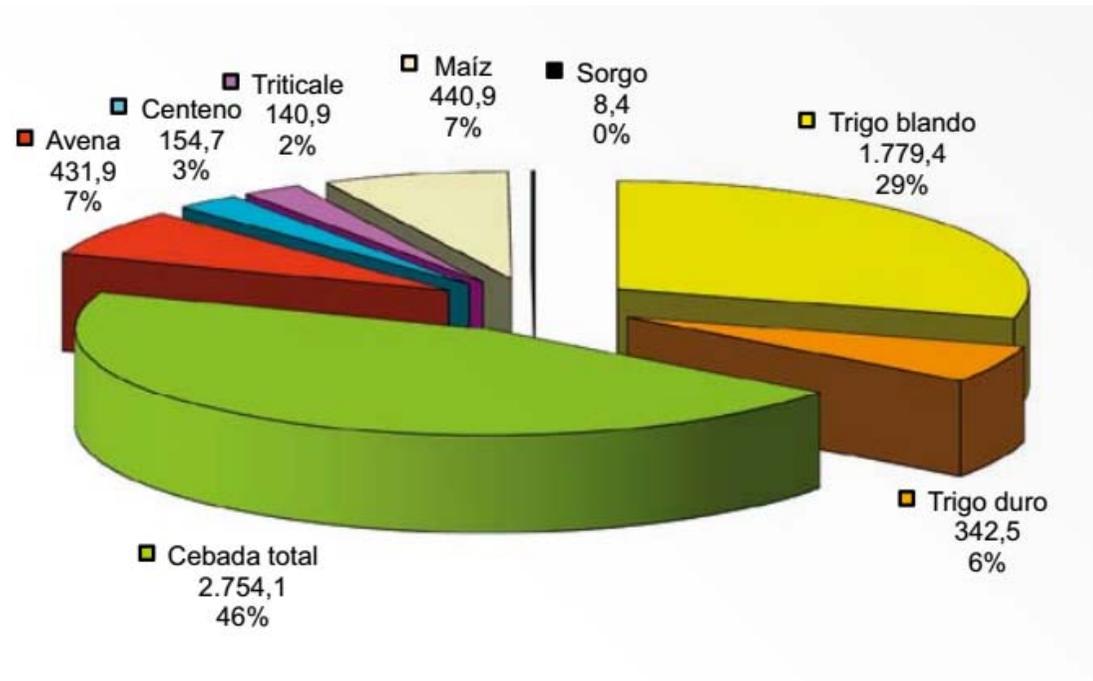


Gráfico 2: Distribución de la producción (1.000 t) de cereales por cultivos en el año 2013

Fuente: Elaboración de la S.G. de Cultivos Herbáceos e Industriales a partir de datos de la Secretaría General Técnica del MAGRAMA (Avances de superficies y producciones de cultivos).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

	País	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Estados Unidos	251.854.000	241.377.000	227.767.000	256.278.000	299.913.800	282.310.690	267.501.056	331.175.072	307.383.552
2	China	106.178.315	114.253.995	121.496.915	115.997.909	130.434.297	139.498.473	151.731.441	152.418.870	166.035.097
3	Brasil	31.879.392	41.955.264	35.933.000	48.327.323	41.787.558	35.113.312	42.661.667	52.112.200	59.017.716
4	México	17.556.900	20.134.300	19.297.800	20.701.400	21.670.200	19.338.700	21.893.209	23.512.752	24.320.100
5	Argentina	16.780.650	15.359.397	14.712.079	15.044.529	14.950.825	20.482.572	14.445.538	21.755.364	22.016.926
6	India	12.043.200	13.160.200	11.151.700	14.984.300	14.172.000	14.709.900	15.097.000	18.955.400	19.290.000
7	Indonesia	9.677.000	9.347.200	9.585.277	10.886.442	11.225.243	12.523.894	11.609.463	13.287.527	16.323.922
8	Francia	16.018.353	16.408.234	16.440.000	11.990.852	16.372.027	13.687.659	12.775.200	14.357.300	15.818.500
9	Sudáfrica	11.431.183	7.772.000	10.076.000	9.705.000	9.710.070	11.715.948	6.935.056	7.125.000	11.597.000
10	Ucrania	3.848.100	3.640.700	4.180.300	6.875.100	8.866.800	7.166.600	6.425.600	7.421.100	11.446.800
<b>27</b>	<b>España</b>	<b>3.991.752</b>	<b>4.981.901</b>	<b>4.425.373</b>	<b>4.338.700</b>	<b>4.831.147</b>	<b>3.981.370</b>	<b>3.355.722</b>	<b>3.518.500</b>	<b>3.624.900</b>

Tabla 3: Evolución de producción total (t) de maíz grano desde 2000 a 2008 en los 10 países con mayor producción de este cereal en el mundo, y la posición de España.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

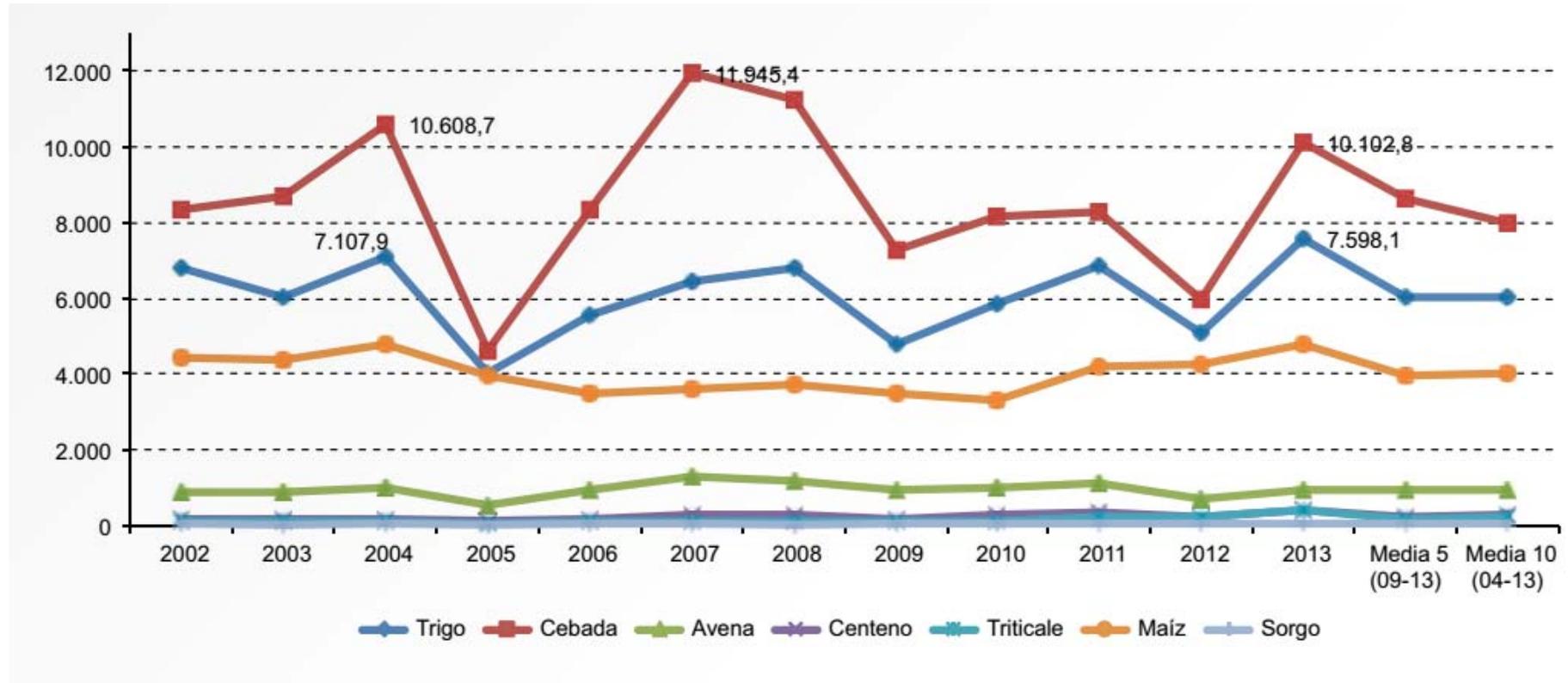


Gráfico 3: Evolución de la producción de cereales y del maíz (1.000 t) en España desde 2002 a 2013 en España.

## 2. OBJETIVOS

Este Trabajo Fin de Carrera tiene como objetivo principal la obtención del título de Ingeniería Agrónoma, en la Escuela Politécnica Superior de Huesca (Universidad de Zaragoza).

El objeto de este Trabajo es realizar el estudio de una técnica que se introduce en España en 2013: el Laboreo en Bandas. Esta manera de trabajar el suelo, también llamada de forma anglosajona “Strip-Till”, se importa de Estados Unidos donde ha sido utilizada desde hace más de 20 años, y que representa en la actualidad, una alternativa entre las prácticas culturales que puede requerir un cultivo sembrado en línea, en cuanto a lo que a las labores de preparación del suelo previas a la siembra, se refiere.

Este estudio se realiza con el fin de conocer en profundidad esta técnica, dentro de unos parámetros edáficos y climatológicos concretos, así como dentro de unas condiciones socio-culturales existentes en España, que indudablemente influyen para poder incluirla dentro de las labores a llevar a cabo por un agricultor, en función de la rentabilidad que conlleve en una explotación agrícola.

Partiendo del objetivo general que es analizar la técnica del “Laboreo en bandas” en las condiciones socioculturales y agronómicas en las condiciones habituales de cultivo en el Valle del Ebro, con riego por aspersión y con en el marco actual. Para conseguirlo se ha trabajado con el Striger, apero Strip Till de KUHN.

Con el trabajo de este apero en campo se quiere conseguir el objetivo general estableciendo los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los consumos de combustible, de mano de obra, por unidad de superficie, en el ensayo de cosecha única comparando una sola pasada de este apero con dos pasadas, aplicando la técnica que se emplea en EE.UU. en función del tipo de suelo,

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

del cultivo, y de la climatología existente. Analizar también estos consumos en el segundo ensayo, en el que observamos el comportamiento del Strip-Till en doble cosecha, y en el que compararemos la incorporación del abono localizado junto a este apero, y la distribución convencional de fertilizante en superficie.

- Analizar las distintas producciones y los rendimientos por unidad de superficie, comprobando si tiene influencia el número de pasadas, así como la asociación del laboreo en bandas con el abono localizado en la profundidad de trabajo de las rejas.
- Análisis de la viabilidad económica de esta técnica en España con las condiciones actuales. Estudiar en el marco económico y socio cultural de la comarca monegrina si sería viable la incorporación de esta técnica innovadora en el proceso productivo del maíz.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Datos climatológicos:

Sariñena está dominada por el clima de estepa local. A lo largo del año, se dan pocas precipitaciones en Sariñena. De acuerdo con Köppen y Geiger este clima se clasifica como BSk (según [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)).

La temperatura media anual en Sariñena durante el año 2013 se encontró a 13.7 °C y la precipitación durante ese periodo fue de 396 mm al año, repartidos por meses tal y como se puede apreciar en el Gráfico 4 elaborado a partir de los datos obtenidos en la Estación climática que Oficina del Regante tiene en Sariñena.

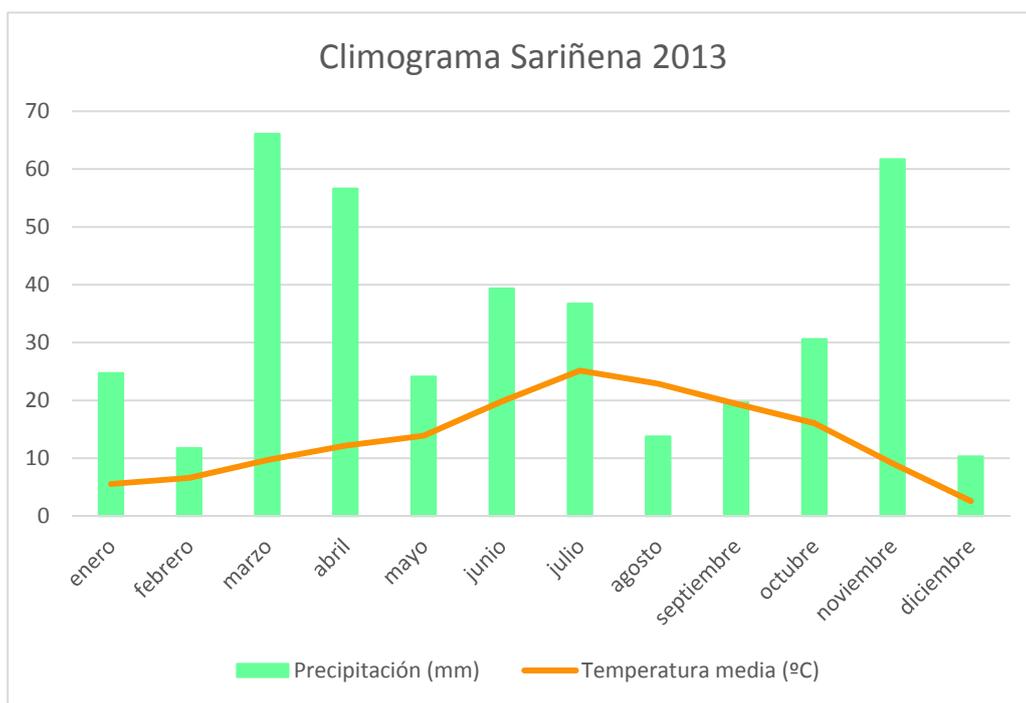


Gráfico 4: Climograma de Sariñena en el año 2013 (Datos obtenidos de la estación de Sariñena de la Oficina del Regante).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

En el Gráfico 4 se puede ver que el mes más seco fue diciembre, con 10 mm, mientras que el mes con mayores precipitaciones al año fue abril con 57 mm recogidos. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 47 mm.

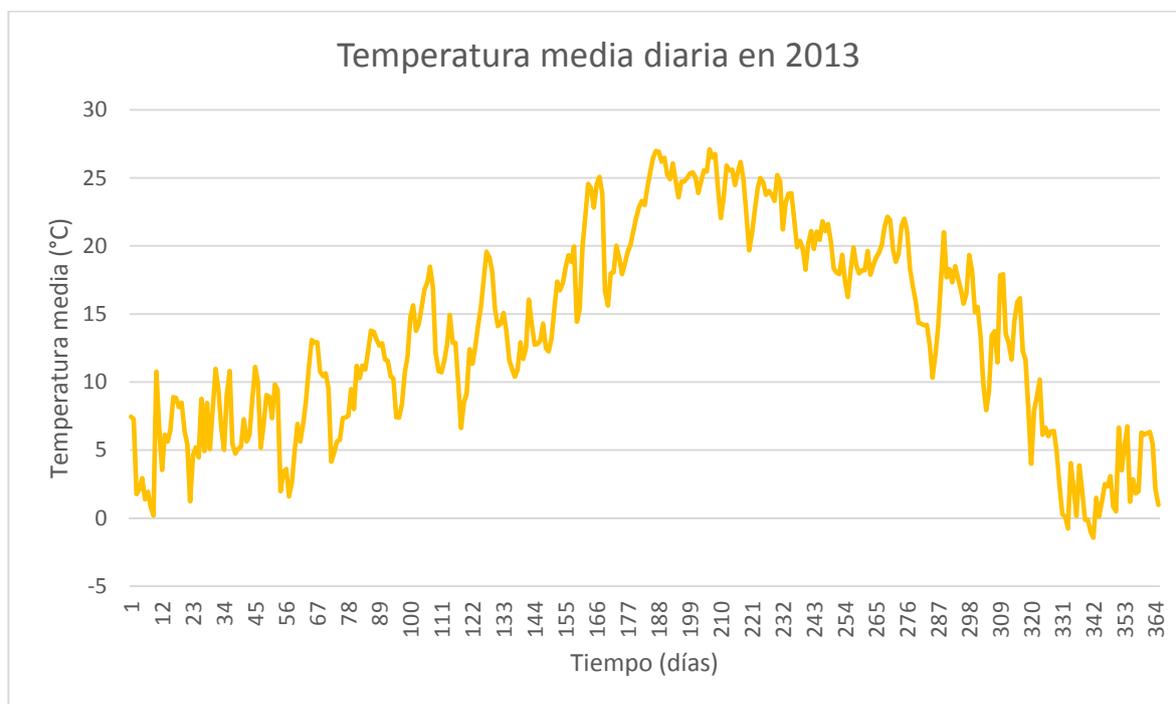


Gráfico 5: Diagrama de temperatura en Sariñena durante el año 2013.

En cuanto a la temperatura, como podemos apreciar en el diagrama de temperatura de Sariñena que se muestra en la gráfico 5, a partir de los datos climáticos de Oficina del Regante, el mes más caluroso del año es julio con un promedio de 25,1 °C, mientras que el mes más frío del año fue diciembre con una temperatura media de 2,6 °C. Las temperaturas medias varían durante el año en un 22,5 °C.

Los datos climáticos completos se recogen en la tabla del Anejo 1, en la que se muestran los valores medios para cada mes, de cada uno de los parámetros medidos. Se ha generado la Tabla 19 a través de los datos diarios publicados por la Oficina del Regante.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.2. Riego del cultivo

Durante el periodo de cultivo, del ensayo de única cosecha, el maíz se regó con 7.500 m<sup>3</sup>/ha de agua y las condiciones climatológicas fueron las reflejadas en los gráficos 4 y 5, con una precipitación total desde el momento de su siembra el 14 de abril hasta la recolección el 31 de octubre de 2013 de 282 mm.

En el segundo, el cultivo de maíz que fue sembrado como cultivo de doble cosecha, fue regado con 7.000 m<sup>3</sup>/ha de agua, desde la siembra el 5 de julio hasta su recolección el 23 de diciembre de 2013. La precipitación durante ese mismo período fue de 162,6 mm.

### 3.3. Situación y emplazamiento

Tal y como se ha escrito al principio de este Trabajo el objetivo es estudiar la adaptación del “Laboreo en bandas” a las condiciones edáficas, climatológicas y socio-culturales de España, más concretamente en el Noreste de la Península Ibérica, en el término municipal de Sariñena (Huesca), como se puede ver en la figura 30.

Sariñena es la capital de la comarca de Los Monegros, incluida en la zona de influencia del Valle del Ebro. El término municipal de Sariñena acoge 6 municipios: Lastanosa, San Juan del Flumen, La Cartuja de Monegros, Pallaruelo de Monegros, Lamasadera y la propia Sariñena. Comprende en total una superficie de 275,6 km<sup>2</sup>, permaneciendo Sariñena pueblo a 282 msnm de altitud. Sariñena dista 48 km de Huesca y 76 km de Zaragoza.

La provincia de Huesca es una de las principales provincias productoras de maíz a nivel nacional, con una superficie destinada para ello de unas 656.000 ha, según los datos definitivos de superficies y producciones agrícolas en Aragón y provincias para el año 2014 (Fuente: iaest, 2016).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

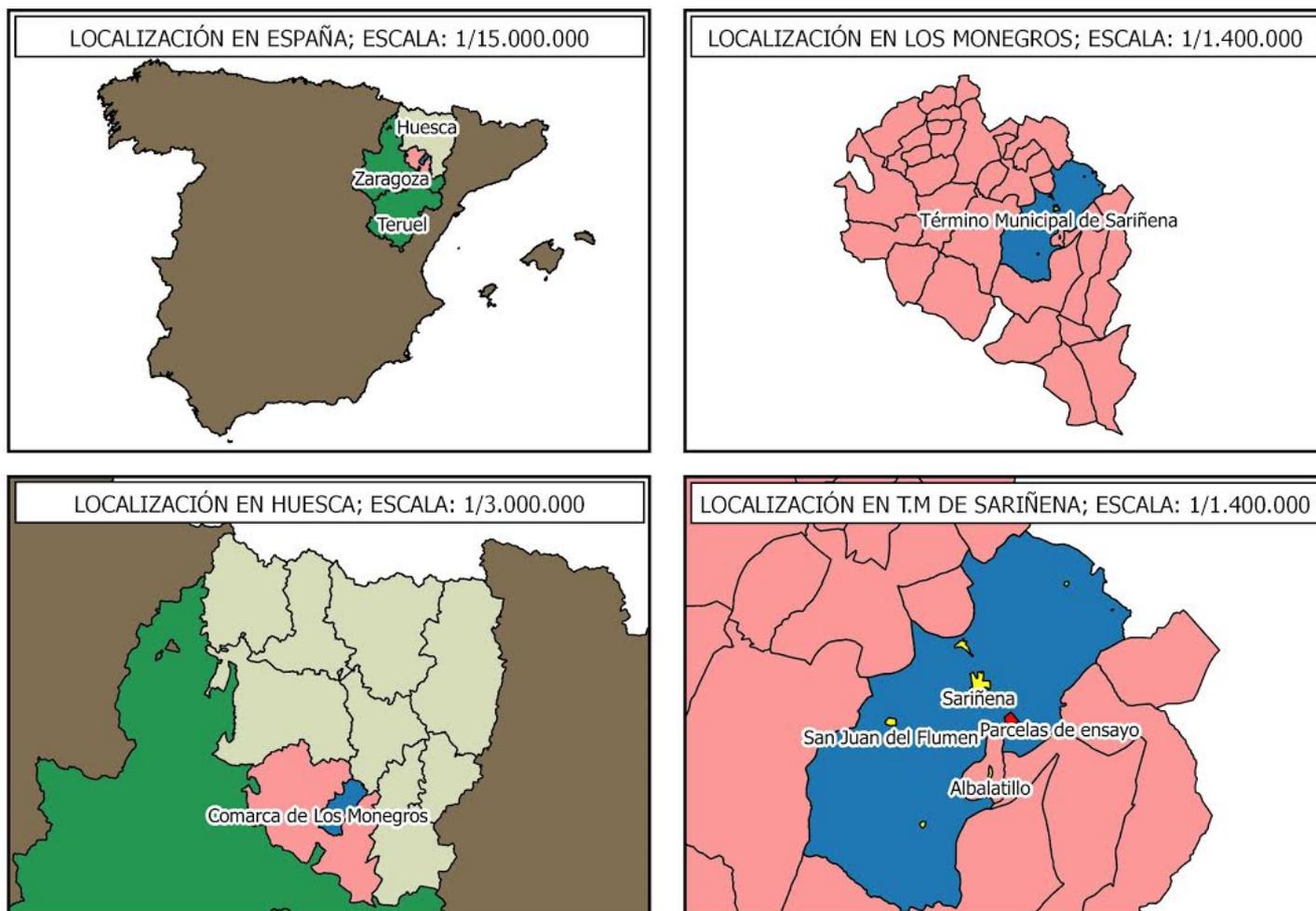


Figura 30. Localización del término municipal donde se realizaron ambos ensayos.

### 3.3.1. Emplazamiento y descripción general del ensayo 1: de única cosecha MAÍZ-MAÍZ

El ensayo Maíz-Maíz tuvo lugar en la finca denominada “Colada”, situada junto a la carretera A-131, a 3,172 km de Sariñena, en la margen derecha de la carretera en dirección Fraga (ver imagen 24 y 25). Esta finca de unas 10 has aproximadamente, estaba amueblada con cobertura total de riego por aspersión (marco de 18 x 18 m).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 31: Ubicación de las fincas de los ensayos en relación al municipio de Sariñena.

La parcela en la que se desarrolló el ensayo de cosecha única fue la siguiente (ver Fig. 31, 32 y 34):

- Provincia: 22
- Municipio: 294
- Zona: 2
- Polígono: 10
- Parcela: 1
- Recinto: 1
- Localización: Almunias Bajas, Sariñena, Huesca.
- Superficie total (ha): 9,6935
- Pendiente (%): 3,9

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- Coeficiente regadío: 98
- Uso: TA
- Región: 1501 (2)
- Coordenadas geográficas:
  - 41° 45' 56,47" N
  - 0° 7' 42,21" W
- Sistema de referencia espacial: UTM ETRS89 Huso 30
  - Coordenada X: 738701,70 m
  - Coordenada Y: 4627747,28 m
  - Altitud aproximada: 288 m
- Referencia catastral: 22294C010000010000IX

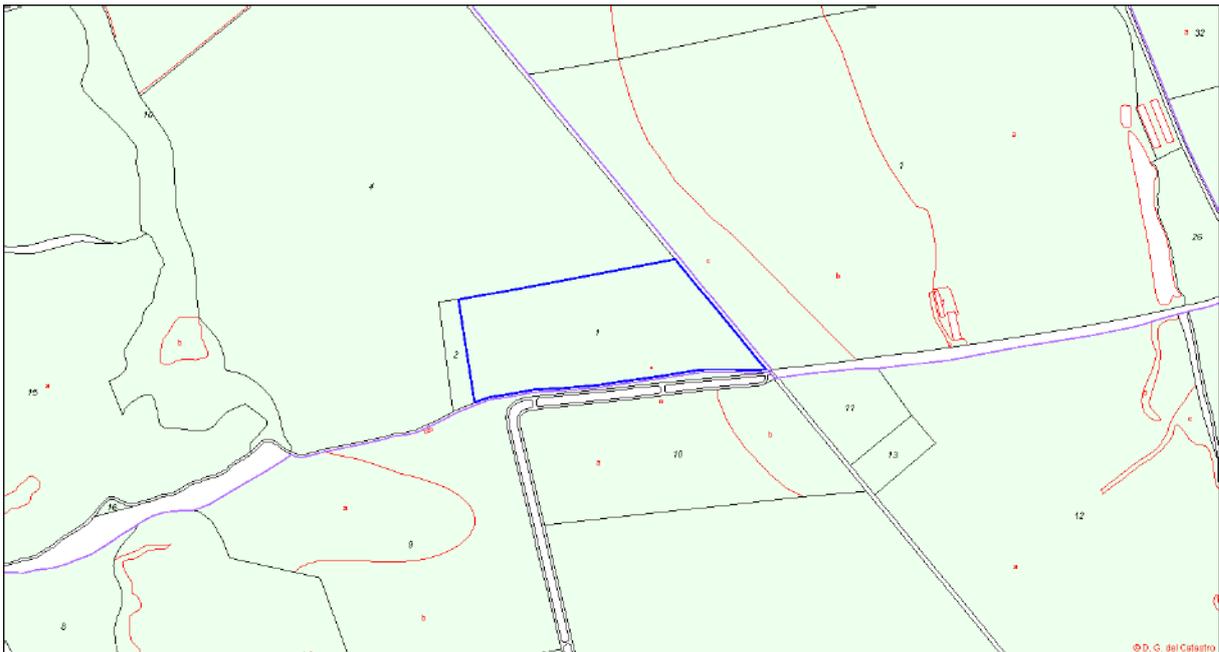


Figura 32: Vista del catastro, en la que se destaca en azul el perímetro de la finca utilizada para el desarrollo del ensayo de cosecha única.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.3.2. Emplazamiento y descripción general del ensayo 2: de doble cosecha CEBADA-MAÍZ

Por otra parte, el segundo ensayo, el de doble cosecha CEBADA-MAÍZ se desarrolló en una finca cercana a Colada, concretamente la anterior siguiendo la carretera A-131 en dirección Fraga, como se puede apreciar en las figuras 31, 33 y 34. La parcela en cuestión fue la siguiente:

- Provincia: 22
- Municipio: 294
- Zona: 2
- Polígono: 10
- Parcela: 4
- Recinto: 1
- Localización: Almunias Bajas, Sariñena, Huesca.
- Superficie total (ha): 61,0009
- Pendiente (%): 4,4
- Coeficiente regadío: 96
- Uso: TA
- Región: 1501 (1)
- Coordenadas geográficas:
  - 41° 46' 10,44" N
  - 0° 7' 58" O
- Sistema de referencia espacial: UTM ETRS89 Huso 30
  - Coordenada X: 738 436,75 m
  - Coordenada Y: 4 628 121, 56 m
  - Altitud aproximada: 288 m
- Referencia catastral: 22294C010000040000IE

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

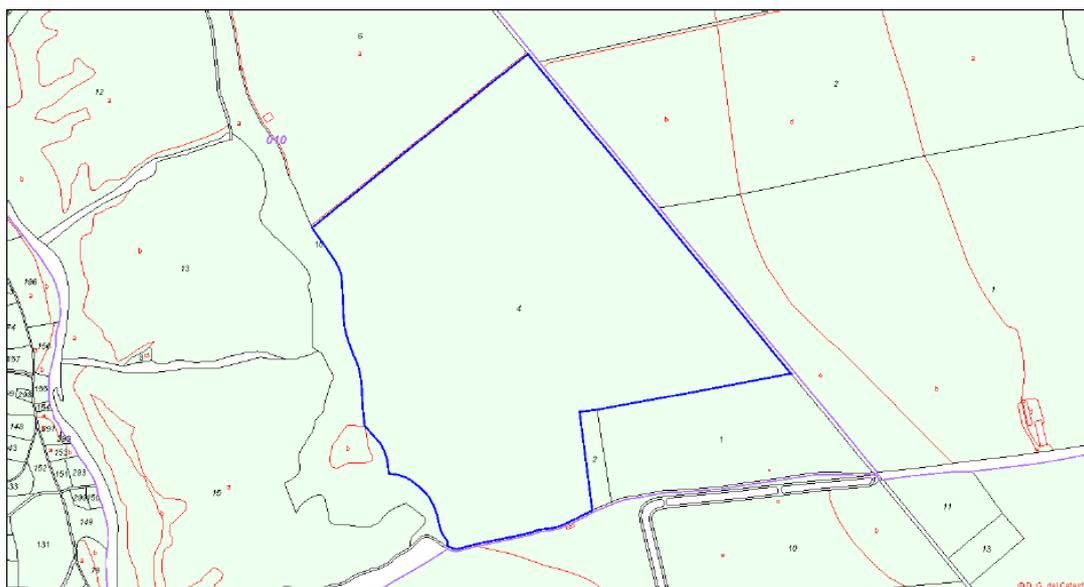


Figura 33: Vista del catastro, en la que se destaca en azul el perímetro de la finca utilizada para el desarrollo del ensayo de doble cosecha.

La parcela en cuestión estaba equipada con un marco de riego por aspersión de 18 m, y cobertura total sobre la que se hizo un seguimiento de 6 subparcelas de aproximadamente 1,4 ha cada una, utilizándose para este estudio unas 8,4 ha de las más de 61 ha totales que posee la finca.

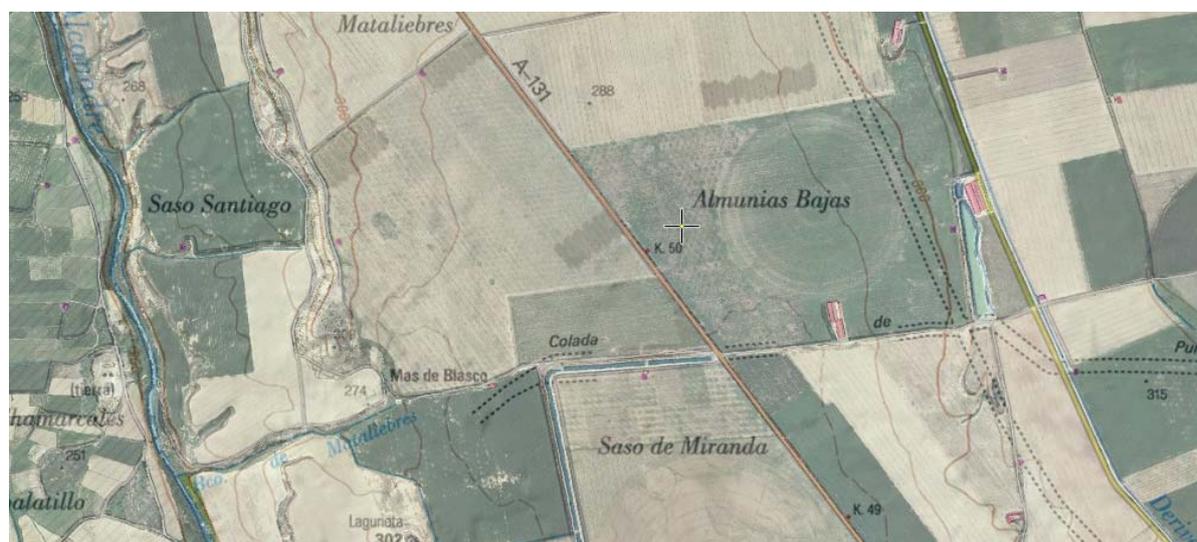


Figura 34: Vista más en detalle de las fincas del primer y segundo ensayo, que se hallan contiguas junto a la carretera.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.4. Apero de laboreo en bandas

El apero Strip-Till para los ensayos no estaba accionado por la toma de fuerza del tractor. Sus características fueron las siguientes:

- Fabricante: KUHN S.A.
- Marca: KUHN
- Denominación comercial: STRIGER
- Número de cuerpos: 8
- Anchura de trabajo: 6 m
- Separación entre los cuerpos: 0,75 m (posibilidad de 0,70 – 0,75 – 0,80 m, con 8 cuerpos)
- Profundidad de trabajo: 0 – 0,25 m
- Potencia recomendada para el tractor: hasta 16,4- 22,37 kW / 22-30 CV por cuerpo, en función del tipo de suelo y de la profundidad a la que se desea trabajar. Es decir, para el Striger de 8 cuerpos utilizado en los ensayos, necesitaríamos un tractor con una potencia entre 175 y 240 CV.
- Equipamientos hidráulicos necesarios por parte del tractor: 1 distribuidor de doble efecto, y 1 distribuidor de simple efecto
- Equipamientos eléctricos necesarios por parte del tractor: 1 toma heptapolar
- Velocidad de trabajo recomendada: 10-12 km/h

En este caso, el Striger es un apero de reja, con cuatro herramientas bien diferenciadas, como se observa en la Imagen 1. Este tipo de aperos son polivalentes, es decir, parte de sus herramientas se pueden cambiar por otras similares pero de distintas características para adaptarse a las condiciones de trabajo.

Los cuerpos del Striger que se utilizaron en los dos proyectos eran idénticos al que se puede observar en la figura 35 (ver figura 46).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

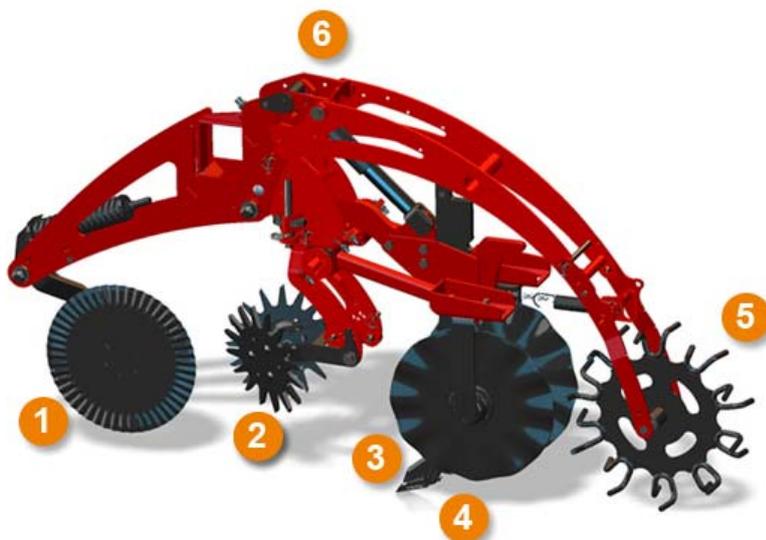


Figura 35: Cuerpo tipo del Striger.

1. **Disco abridor:** La función del disco abridor, con 250 kg de presión y seguridad mediante muelle, es cortar los residuos vegetales para facilitar el trabajo de la reja y de los discos estrellados. El uso del disco escotado está recomendado para raíces pivotantes, mientras que el disco ondulado (ver Imagen 36) trabaja mejor tras cultivos con raíces fasciculadas, ya que consigue una mejor apertura de la masa radicular.



Figura 36: Diferencia entre los dos discos abridores que se pueden montar en el Striger: disco ondulado (izqda.) y disco escotado (dcha.).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

2. **Discos aparta-residuos.** El papel que desempeñan estos discos con forma de estrella, es mantener la línea de siembra libre de restos vegetales, favoreciendo así la emergencia del cultivo y evitando que los residuos entren en contacto con la semilla pudiendo ser focos de infección o impedimentos durante la nascencia del mismo.

Estos aparta-residuos están anclados mediante pasadores, lo que permite un ajuste preciso y sencillo (ver Figura 37). Se puede regular su ángulo de ataque en función de la cantidad de residuo vegetal que haya en superficie. Estos discos son flotantes para adaptarse al terreno y también tienen un sistema limitador de la profundidad. Además el brazo es retráctil para trabajar sin los aparta-residuos en la pasada de primavera, en caso de que sea la segunda pasada.



Figura 37: Vista lateral del disco aparta-residuos (izqda.) y detalle de la regulación en altura de estos discos estrellados (dcha.).

3. **Reja y punta.** El trabajo de la reja es hacer un laboreo vertical del terreno y conseguir tierra fina en superficie. De esta forma se consigue romper la estructura del suelo en profundidad para favorecer el desarrollo radicular del cultivo, mientras que se reduce el riesgo de crear suela de labor. La profundidad de trabajo se puede ajustar fácilmente sin herramientas y puede oscilar entre 0 y 30 cm (ver Figura 38).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 38: Detalle de la punta de la reja (izqda.) y regulación de la profundidad de trabajo del Striger (dcha.).

La punta de la reja con aletas tiene una anchura de 50 mm. Estas rejas crean un lecho de siembra en forma de V, que en caso de estar distribuyendo abono mineral granulado, permite colocarlo a la profundidad de trabajo de la punta de la reja.

La regulación sencilla de la profundidad de trabajo es importante ya que en los suelos más pesados se realiza una pasada profunda en otoño para favorecer que las heladas del invierno desmenucen los agregados, y una segunda pasada más somera en primavera. En suelos ligeros se realiza una única pasada profunda en primavera.

4. **Discos deflectores.** Su papel es mantener el flujo de tierra a lo largo de la línea de siembra evitando así las proyecciones laterales entre las líneas. Además favorecen la fragmentación, y si se hace la pasada en otoño permite crear un caballón que favorece la aireación de éste durante el invierno. El papel que desempeñan en la pasada de primavera es crear tierra fina para el lecho de siembra.



Figura 39: Diferencia entre los dos discos deflectores que se pueden montar en el Striger: disco ondulado (izqda.) y disco dentado (dcha.).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Se puede montar tanto los discos ondulados como los dentados (ver Figura 39); estos últimos tienen un perfil más agresivo por lo que se recomiendan si el cultivo anterior se caracterizaba por tener raíces fasciculadas.

5. La **rueda de compactación** es el último elemento de cada cuerpo. La presión que ejerce sobre el suelo es ajustable y además es retráctil, muy útil en las pasadas de otoño para no deshacer el caballón formado.

El STRIGER puede equiparse con dos tipos de rueda de compactación: por un lado la rueda de compactación de dedos metálicos presiona la línea de siembra en profundidad para eliminar las cavidades que se hayan podido formar con el paso de la reja, a la vez que desmenuza los agregados que hayan podido quedar en superficie. Por otro lado, la rueda de goma (OTICO) presiona la superficie del suelo para mantener la humedad del mismo y evitar pérdidas por evaporación, es recomendable en suelos ligeros (ver Figura 40).



Figura 40: Diferencia entre los dos ruedas de compactación con las que se puede equipar el Striger: rueda de dedos metálicos (izqda.) y rueda OTICO con recubrimiento de caucho (derecha).

6. La **seguridad NSH** (Non Stop Hidráulica) de la reja, permite que el ángulo de ataque de la punta sea siempre constante. La presión en la punta es regulable

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

hidráulicamente (entre 400 y 600 kg) para adaptarse al tipo de suelo, lo que permite que el vástago se retraiga y eleve la reja, en caso de que la punta impacte con un obstáculo que ejerza en la reja un esfuerzo mayor que la presión tarada (ver Fig. 41, 42 y 43).



Figura 41, 42 y 43: Distintas vistas de la reja de laboreo: detalle del acumulador de nitrógeno y del manómetro de regulación para ajustar la presión de la seguridad hidráulica de cada reja en trabajo (imagen de la izquierda). Vista trasera (imagen del centro) y lateral (derecha) del vástago.

Además de estos componentes que son característicos de un apero de laboreo en bandas, el Striger puede ser utilizado para distribuir fertilizante en la parcela. Se puede equipar con un kit de fertilización mineral, que conectado a una tolva frontal (Imagen 44) da la posibilidad de distribuir abono mineral granulado, a la profundidad de trabajo de la reja.



Figura 44: Vista del Striger equipado con el kit de fertilización mineral y unido a una tolva delantera.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

También se puede acoplar a la parte trasera de una cisterna esparcidora de purín, y equiparlo con un kit “slurry” (ver Figura 45), es decir, un kit para inyectar el purín únicamente en la línea de siembra y también a la profundidad de trabajo de las rejas.



Figura 45: Vista trasera de una cisterna esparcidora de purines equipada con el Striger.



Figura 46: El Striger durante el trabajo en campo sobre rastrojo de maíz, en el ensayo de única cosecha.

### 3.5. Sembradora

Para llevar a cabo la siembra de cultivos en línea, como el maíz, se utilizan las llamadas sembradoras de precisión o monograno. Estas sembradoras están constituidas generalmente por una viga transversal a la que se anclan cada uno de los cuerpos. En función del cultivo que vamos a sembrar, los cuerpos se separan a la distancia requerida. En este caso la sembradora fue el modelo Maxima 2 R de KUHN (ver Imagen 47). Este

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

modelo se caracteriza por sus “cuerpos a la americana”, en el que la semilla cae justo en el centro de gravedad del cuerpo.

La sembradora de precisión monograno que se utilizó para llevar a cabo la siembra del maíz en ambos ensayos fue la siguiente:

- Marca: KUHN
- Modelo: MAXIMA 2 R (plegable, tal y como podemos observar en la Imagen 47)
- Número de cuerpos: 8
- Separación entre cuerpos: 75 cm
- Discos de distribución: 27 agujeros
- Sistema de distribución: Neumático (por depresión)
- Sistema microgranulador: 3 tolvas de 40 l.
- Dosis de siembra: 86.809 plantas/ha. Para conseguir esta dosis se escogió la combinación D1, del sistema de transmisión (ver Imagen 48 y 49).
- Profundidad de siembra: 6,2 cm, correspondiente con la posición F-F en la sembradora (ver imágenes 50, 51, 52, 53 y 54).
- Separación entre semillas contiguas de una misma línea: 16 cm (ver imágenes 55 y 56).



Figura 47: Sembradora de precisión (Maxima 2 R) en su llegada al campo de ensayo.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4
7	167	157	146	140	131	124	117	111	105	99	94	89
80	156	147	139	131	123	116	110	104	99	93	88	83
55	152	142	135	127	119	112	106	101	96	90	85	80
60	139	130	123	117	109	103	97	92	88	82	77	72
18	65	128	120	114	108	101	95	90	85	81	76	71
70	119	112	106	100	94	88	83	79	75	71	67	63
75	111	104	99	93	88	82	78	74	70	66	62	58
80	104	98	93	88	82	77	73	69	66	62	58	55
31	45	319	300	283	268	251	237	224	212	201	189	179
50	287	270	255	241	226	213	201	191	181	170	161	153

Σ 1000 / Ha

Figura 48: Lectura de la posición de los engranajes para conseguir 89.000 semillas/Ha



Figura 49: Posición de la cadena en los engranajes Regulación de la MAXIMA 2 en la posición D1 para conseguir la dosis de siembra deseada.



Figura 50: Información del fabricante acerca de la regulación de la máquina para conseguir una profundidad de siembra deseada (puede variar en función del terreno).

Figura 51: Maneta de regulación que había que situarla en la posición F-F (dcha.).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 52: Vista de la sembradora monograno trabajando en la posición F-F en todos sus cuerpos.



Figura 53 y 54: Algunos ejemplos de la medición de la profundidad de siembra en campo (6,2 cm en primer y segundo ensayo respectivamente).

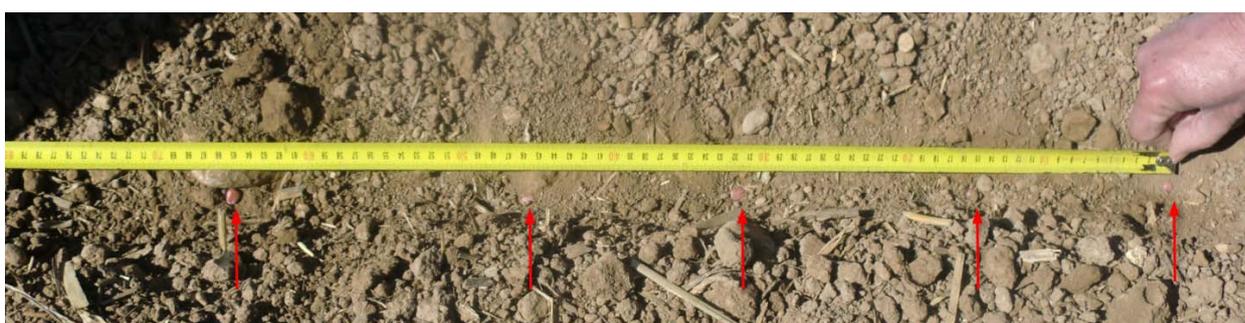


Figura 55: Ejemplos de comprobación de la distancia entre semillas de una misma línea de siembra en el ensayo de cosecha única.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 56: Ejemplo de comprobación de distancia entre semillas en el ensayo de doble cosecha.

### 3.6. Kit de abono localizado

Para el segundo ensayo se incorporó un kit fertilizador al conjunto “Tractor + apero de laboreo en bandas” (ver Imágenes 57 y 58). Para poder incorporar este kit, se necesitó acoplar al enganche delantero del tractor una tolva frontal. El kit estaba compuesto por un tubo de transferencia de abono desde la tolva frontal al cabezal de distribución situado sobre el Striger, desde donde partían unos tubos de distribución del abono hasta el ciclón colocado sobre el chasis de cada cuerpo, el que por efecto venturi genera una depresión y permite que el abono caiga por gravedad a través del tubo aplicador que se acopla tras cada una de las rejas del Striger.



Figura 57: Conjunto formado por TF 1500 + JD 6210 R + STRIGER 8R + kit de Fertilización (columna + ciclón + cabezal de distribución + diente adaptado)

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

La tolva delantera tuvo las siguientes características:

- Marca: KUHN
- Modelo: TF 1500
- Capacidad de la tolva: 1.500 litros
- Sistema de distribución: Neumático
- Sistema de dosificación: Eléctrico, mediante el terminal de control Quantron S
- Profundidad de abono: a la profundidad de trabajo de las rejas de los cuerpos del Striger.



Figura 58: Vista de la parte trasera del cabezal de distribución y de cada una de las salidas que desemboca en un ciclón.

### 3.7. Semilla:

#### 3.7.1. Semilla para el ensayo de cosecha única

El cultivo que se sembró en las líneas labradas por el apero Strip-Till, fue el maíz (Zea Mays) que pertenece a la familia de las gramíneas, siendo por lo tanto, un cereal.

La semilla de Zea Mays utilizada en el ensayo de única cosecha fue la siguiente:

- Marca: PIONEER

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- Especie: Zea mays (Maiz híbrido simple)
- Categoría: Certificada
- Variedad: P1758
- Lote: F1761Z803335
- Tratamiento de la semilla: Matalaxyl-M, Fludioxonil (Influx xW Celest xW Maxim xl), Thirame (Gustafson 42s ou Flowsan) + Thiamethoxam (cruiser 350)

### 3.7.2. Semilla para el ensayo de doble cosecha

La semilla utilizada en todas las parcelas del ensayo de doble cosecha fue la siguiente:

- Marca: PIONEER
- Especie: Maiz híbrido
- Categoría: Certificada
- Variedad: PR36V78
- Calibre: MP1
- Lote: K3CNN11430-P7D
- Tratamiento: Fludioxonil 25ppm, Metalaxyl-M 10ppm, Thiram 630 ppm, Clothianidin 1750 ppm (MAXIMXL, THIRAM, PONCHO)

### 3.8. Abonadora

El conjunto tractor + abonadora que se utilizó para la distribución de abono en superficie, era propiedad del agricultor y es el equipo con la que habitualmente se realizan las labores de abonado en la explotación. Este conjunto se utilizó tanto en el primer ensayo (a lo largo y ancho de toda la superficie estudiada) como en el ensayo de doble cosecha, aunque en este caso, sólo en la superficie destinada para tal fin (ver Figura 64):

- Marca: COOREPA
- Modelo: 7.000 arrastrada de doble disco
- Anchura de trabajo: 12 – 24 m

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- Capacidad de la tolva: 6.600 l
- Tara: 2.030 kg
- Anchura de vía: 1.800 mm

### 3.9. Fertilizante mineral distribuido en el ensayo de doble cosecha

El abono que dosificó y distribuyó tanto el Striger con el kit de fertilización como la abonadora Coorepa tuvo las siguientes características (ver Imágenes 59, 60 y 61):

- Tipo de abono: N-P-K
- Composición: 8 – 15 – 15
- Dosis de abonado convencional: 800 kg/Ha
- Dosis de abonado localizado: 136 kg/Ha\*



Figura 59, 60, 61: Proceso de calibración del dosificador para distribuir el flujo de abono necesario para conseguir la dosis deseada.

\*\* Es necesario nombrar que la dosis a la que se pretendía abonar de forma localizada eran 300 kg/ha, pero que un error humano hizo que se introdujeran en el terminal de control de la Tolva Frontal los datos de pesaje en libras en lugar de en kg, en el momento de la calibración, lo que repercutió en se se aportara una dosis de 300 lb/ha de abono (unos 136 kg/ha).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.10. Tractores

#### 3.10.1. Tractor que tracciona del apero Strip-till en el primer ensayo

En la ejecución del ensayo de cosecha única, se utilizó el mismo tractor tanto para la primera pasada de Striger, como para las subparcelas donde se realizaron 2 pasadas de Striger (ver Figura 62):

- Marca: JOHN DEERE
- Modelo: 8230
- Potencia kW (CV): 180 (245)



Figura 62: John Deere 6210 R

Mediante la conexión de un software específico se obtuvieron los datos relativos al consumo del tractor.

#### 3.10.2. Tractor que tracciona del apero Strip-till en el segundo ensayo

Mientras que para trabajar con el Striger en el ensayo de doble cosecha el tractor que se utilizó fue el siguiente (ver Imagen 23):

- Marca: JOHN DEERE
- Modelo: 6210 R
- Potencia kW (CV): 176 (240)

Mediante la conexión de un software específico se obtuvieron los datos relativos al consumo del tractor.

#### 3.10.3. Tractor que tracciona de la sembradora

En ambos ensayos el conjunto Tractor + Sembradora de Precisión fue el mismo. Se buscó una empresa de servicios que trabajara con una sembradora de precisión de 8 cuerpos, con el objetivo de que los cuerpos de la sembradora pasaran sobre la línea laboreada por el

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Striger, ya que así el número de pasadas del Striger y de la sembradora en una calle coincidiría. Como podemos ver en la imagen 63, el tractor fue:

- Marca: CASE
- Modelo: PUMA 165
- Potencia nominal kW (CV): 121 (165)



Figura 63: Case PUMA 165 con la sembradora MAXIMA 2 R

#### 3.10.4. Tractor que tracciona de la abonadora

El tractor que llevó la abonadora arrastrada Corepa fue el siguiente:

- Marca: JOHN DEERE
- Modelo: 6820
- Potencia (kW/CV): 91 / 124



Figura 64: Conjunto JD 6820 + abonadora Coorepa en el trabajo de distribución de abono en superficie.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.11. Sistema de guiado

Cabe destacar que ninguno de los tractores que participaron en los ensayos estaba equipado con un sistema GPS de guiado tipo RTK o similares.

### 3.12. Cosechadora:

#### 3.12.1. Cosechadora del ensayo de cosecha única

La cosechadora autopropulsada que se utilizó para recoger los granos de maíz del ensayo de cosecha única, era propiedad de la empresa de servicios Guiulara que fue la encargada de realizar las labores de recolección en los dos ensayos (ver imagen 65):

- Marca: New Holland
- Modelo: CR 980
- Descripción del corte: marca New Holland, para maíz, 8 líneas.



Figura 65: Cosechadora autopropulsada para el ensayo de cosecha única de maíz.

#### 3.12.2. Cosechadora del ensayo de doble cosecha

Para recoger el grano del ensayo de doble cosecha se utilizó la siguiente cosechadora (ver Imagen 66) de la misma empresa de servicios:

- Marca: New Holland
- Modelo: CR 9070

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (*Strip Till*) aplicada a cultivos en línea (*Zea mays*) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

- Descripción del corte: Marca Capello, para maíz, 8 líneas.



Figura 66: Cosechadora autopropulsada para el ensayo de doble cosecha.

### 3.13. Residuo vegetal en la parcela

El ensayo en cosecha única, se desarrolló en un campo en el el cultivo precedente había sido maíz (*Zea mays spp.*), cosechada en diciembre de 2012.



Figura 67: Proceso de recogida del muestreo de residuo vegetal presente en campo.

Sin embargo, el ensayo de doble cosecha, se llevó a cabo inmediatamente después de la cosecha de cebada (*Hordeum vulgare spp.*). Se cogieron muestras de residuo vegetal durante los dos ensayos. El procedimiento que se siguió fue el de recoger de forma aleatoria el residuo vegetal presente en una superficie de 0,1089 m<sup>2</sup>, que delimitaba la herramienta que se aprecia en la Imagen 67, que consiste en un cuadrado de 33 cm de lado fabricado

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

con hierro corrugado. A continuación se secó en estufa a 65°C durante más de 48 h y se pesó (Figura 68). Los datos obtenidos a modo informativo se muestran en el Anejo 9.



Figura 68: Pesaje del residuo vegetal.

### 3.14. Medición de humedad en la parcela

Se tomaron muestras de forma aleatoria del suelo de la parcela, con el objetivo de conocer el contenido en humedad. En las imágenes 69 y 70 se observa el proceso de extracción del suelo mediante barrena y guardado de forma hermética en los botes, para conservar su humedad. Más adelante se pesaron y secaron en estufa a 65°C durante más de 48 horas.



Figura 69 y 70: Proceso de recogida del muestreo al azar del suelo de las parcelas.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.15. Sondas de temperatura

En el primer ensayo de única cosecha se colocaron 6 sondas de temperatura, 3 en cada tratamiento, es decir, tres en una parcela de tipo A (A3), y 3 en las subparcelas de tipo B (B3). El objetivo de estas sondas de temperatura era ver la evolución de la temperatura durante la implantación del cultivo y comprobar si existe calentamiento de la línea de siembra tras el paso del Striger.

La temperatura del suelo fue analizada mediante la utilización de 6 sondas de temperatura Tynitag que se colocaron enterradas a la altura de la semilla (ver Figura 71) y tomaron datos durante el periodo de nascencia a una frecuencia de 1 dato cada 10 minutos. Para cada tratamiento se colocaron 3 sondas.



Figura 71: Proceso de colocación del muestreo del suelo de las parcelas al azar.

Para el caso del ensayo de doble cosecha, también se realizó el seguimiento de la temperatura del suelo, mediante la colocación de 3 sondas en las parcelas laboreadas con el Striger. En este caso el objetivo era conocer la fluctuación de la temperatura en el suelo, pero no realizar un estudio comparativo entre los dos escenarios diferentes que se ensayaban, ya que se entendió que la colocación del abono de forma localizada o superficial no tenía influencia alguna en la temperatura del suelo. Se tomaron datos durante el periodo de nascencia, también con una frecuencia de 1 dato cada 10 minutos, desde el día en que se realizó la siembra, el 5 de julio hasta el 31 de julio.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.16. Pesaje del grano producido en cada una de las subparcelas

Se contó durante el proceso de recolección con dos conjuntos tractor + remolque, para poder realizar la medición de la producción de maíz de cada una de las subparcelas (independientemente de que el remolque o la bañera estuvieran llenos completamente).

Los remolques transportaban el grano recogido desde el campo hasta la explotación “El Campanero” donde se encuentra el secadero de grano, que está provisto de báscula (ver Figura 72).



Figura 72: Tractor con el remolque y el grano sobre la báscula para proceder a realizar el pesaje del maíz cosechado.

El monitor que gestiona la báscula de pesaje mostró una lectura digital de la medición así como una copia impresa en papel (Fig. 73).



Figura 73: Monitor que gestiona la báscula de pesaje en el momento de la pesada del tractor con el remolque y el grano cosechado.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

### 3.17. Medición de la humedad de las muestras tomadas

De las muestras de grano que se recogieron durante los procesos de recolección de los ensayos, se realizaron pruebas de humedad con el siguiente ordenador de análisis de grano, que había en la explotación agrícola “El Campanero”:

- Marca: DICKEY-john CORPORATION
- Modelo: GAC® 2100 AGRI



Figura 74: Análisis de las muestras de maíz grano recogidas en el remolque, mediante el ordenador de análisis de grano.

Los granos de cada una de las muestras se vertían en la pequeño receptáculo que el ordenador tiene preparado para ello (ver Fig. 74). Una vez introducidos los granos, se informaba al ordenador de que ya estaba la muestra lista, y durante unos 15 segundos aproximadamente la máquina analizaba y exportaba los siguientes datos: el contenido en humedad (%), la densidad (kg/hl), su temperatura (°C). El ordenador de análisis mostraba los resultados de las mediciones a través de la pantalla (ver Figura 75) a la vez que estaba conectado a una impresora, que proporcionó los datos en soporte papel.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*



Figura 75: Pantalla del ordenador de análisis de grano en el que se observa la información dada para una muestra.

### 3.18. Medición del peso de las mazorcas

Para ambos ensayos, se realizó un muestreo completamente al azar. Se recogieron 12 mazorcas de cada subparcela, a lo largo y ancho de toda la calle que delimitaban los aspersores, es decir, en total se realizó un muestreo de 72 mazorcas, 36 para cada tratamiento. Los datos completos se muestran en la tabla 20 del Anejo 2 para el ensayo de cosecha única y en el Anejo 6 para el ensayo de doble cosecha.

Se recogieron 12 mazorcas al azar, de cada una de las subparcelas que participaron en el ensayo. Estas mazorcas se secaron en estufa a más de 60°C, durante más de 48 h, para garantizar que el contenido total de humedad había sido evaporado.

Se separaron los granos de las hojas y de la coronta, para realizar el pesaje y la comparación únicamente de la producción de grano.

### 3.19. Medición de la resistencia mecánica del suelo

Con el objetivo de conocer la resistencia mecánica que ofrecía el suelo de la parcela antes y después del trabajo con el apero Strip-till, se realizaron 25 medidas en las zonas no laboreadas que quedaron entre las bandas trabajadas, mientras que se llevaron a cabo 15 mediciones en los distintos surcos producidos por el apero de laboreo en franjas.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Para desarrollar estas mediciones se utilizó un Penetrómetro de punta cónica mecánica, que se encuentra dentro del grupo de Penetrómetros dinámicos, que es un instrumento para realizar mediciones como la compactación, la densidad y la distribución de humedad en el suelo o en otros materiales ([www.rimik.com](http://www.rimik.com)). Con un sensor de ultrasonidos que se introduce en profundidad y que puede ir emparejado con un dispositivo GPS, lo que da como resultado unos datos recogidos con gran precisión. El instrumento está formado por una varilla y una punta cónica al final de esta. El modo de trabajo con este tipo de penetrómetros es cogerlo por el cabezal e hincar la varilla en el suelo realizando una fuerza en profundidad lo más constante y vertical posible.

Con una profundidad de medida de 750 mm como máximo, con intervalos de 10, 15, 20 y 25 mm, es posible grabar hasta 75 puntos de datos por penetración/inserción. La memoria tiene capacidad para almacenar sobre 2000 lecturas. El Penetrómetro está equipado con una pantalla que muestra los gráficos en LCD mientras se realizan los muestreos y sirve para comprobar que la toma de datos ha sido correcta. Si ha habido algún problema en la toma de datos, el sistema da la opción de guardar la información o repetir el ejercicio.

El Penetrómetro utilizado durante el ensayo y sus características técnicas fueron las siguientes:

- Marca: RIMIK electronics
- Modelo: CP40 II CONE PENETROMETER
- Peso: 3,9 kg
- Dimensiones: 560 x 1 073 x 130 (mm)
- Índice máximo del Cono Pequeño: 5 600 kPa, 75 kg
- Índice máximo del Cono Grande: 2 200 kPa, 75 kg
- Resolución: 0,03 kg
- Máxima profundidad de inserción (mm): 750
- Autonomía de la batería: 3 000 mAh
- Dimensiones de la punta del cono pequeño ( $\varnothing$ (mm), área (mm<sup>2</sup>) : 12,83 y 130

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

- Dimensiones de la punta del cono grande ( $\emptyset$ (mm), área (mm<sup>2</sup>) : 20,27 y 323
- Tamaño de la varilla (diámetro (mm)): 9, 53

Las medidas con este aparato se realizaron como se muestran en las figuras 76 y 77.



Figura 76 y 77: La imagen de arriba a la izquierda muestra la forma de uso del Penetrómetro en campo, en posición inicial. En la imagen de la derecha podemos observar el cabezal del Penetrómetro CP40 II en el momento de toma de datos.

El Penetrómetro exportó los resultados de las mediciones en formato XML, que son los archivos utilizados para su estudio.

### 3.20. Seguimiento de las plantas adventicias presentes en la parcela

Para analizar la evolución de las malas hierbas se marcaron sobre el terreno 3 áreas rectangulares de 3 m lineales y de anchura correspondiente a la separación entre dos líneas de cultivo de maíz (72 cm).

Para ello, en las subparcelas A3 y B3 se marcaron dos zonas de muestreo rectangulares para cada una de las subparcelas (a, b, c) como se muestra en la figura 78. Los números de la figura indican las líneas de siembra entre las que se encontraban las zonas de muestreo de plantas adventicias.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

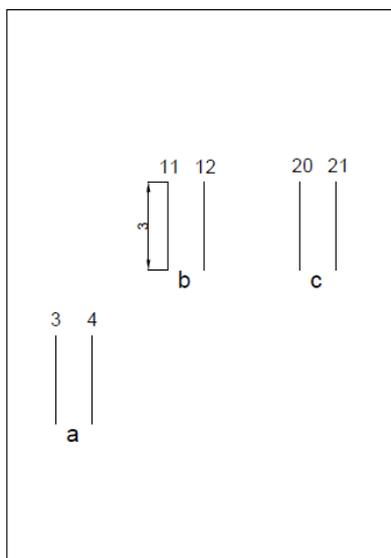


Figura 78. Zonas de muestreo (0,72m x 3m) dentro de una subparcela donde se realizó el conteo e identificación de las plantas adventicias. Los números (3, 4, 11, etc.) representan las líneas de siembra, y las letras (a, b, c) son las zonas examinadas.

### 3.21. Análisis de la textura del suelo

Se recogieron al azar 6 muestras de suelo en la parcela del primer ensayo para la caracterización del suelo y comprobar a posteriori si las labores realizadas se adecuaban a la textura predominante en la parcela. Los datos completos se muestran en el Anejo 7.

### 3.22. Metodología y descripción de los ensayos

En el primer ensayo llevado a cabo y denominado “Ensayo de única cosecha”, se pretendió estudiar si influenciaba o no, el hecho de dar una o dos pasadas con un apero de laboreo en bandas. Para ello la finca “La Colada” se dividió en dos tipos de parcelas de ensayo, y éstas se repartieron por la superficie de la finca para intentar que tanto el tipo de suelo como la situación geográfica dentro de la finca y sus características, no afectaran de forma desigual a los resultados (ver Figura 79)

Para el segundo ensayo denominado “Ensayo de doble cosecha” se pretendió estudiar el comportamiento del Striger en doble cosecha con y sin abono localizado (ver Fig. 80).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

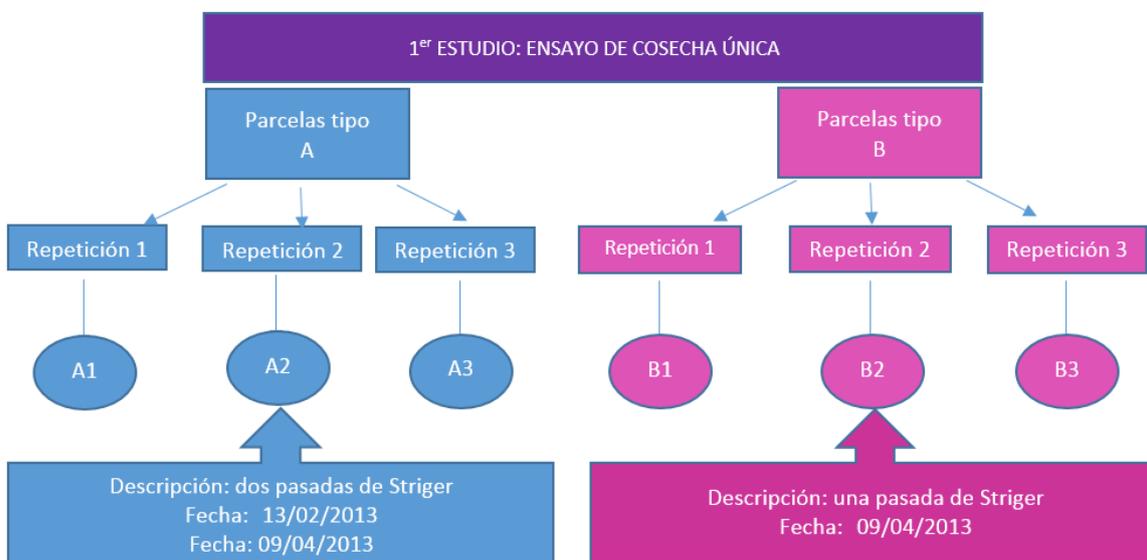


Figura 79: Representación esquemática de la organización del primer ensayo de cosecha única.

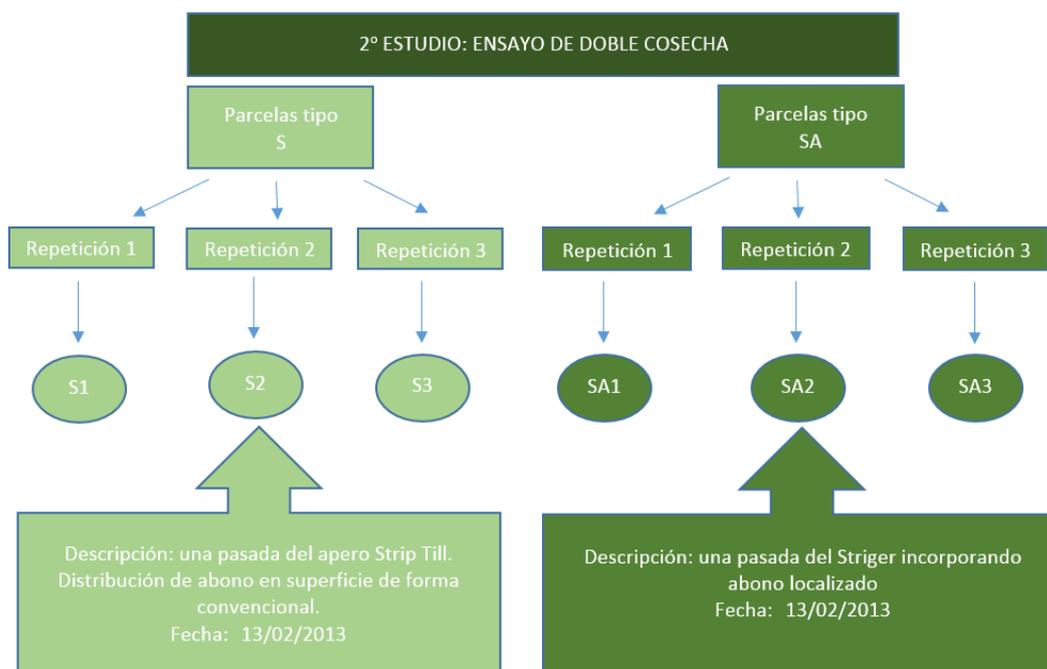


Figura 80: Representación esquemática de la organización del segundo ensayo de doble cosecha.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Siguiendo las indicaciones del fabricante y lo leído en la bibliografía consultada, en función de si se trabaja en suelos ligeros con un contenido en arcillas menor al 20%, es suficiente con realizar una sola pasada con un apero Strip Till antes de la siembra. Por el contrario, si se va a sembrar el cultivo en un terreno pesado con un contenido en arcillas de más de un 40%, se recomienda pasar dos veces con este tipo de aperos debido al tamaño de los agregados que pueden subir a la superficie este tipo de aperos: una pasada en otoño, después de haber cosechado el cultivo precedente, y realizar otra pasada justo antes de la siembra.

Por lo tanto este primer ensayo está formado por dos tipos de parcelas, Debido al momento en que surgió la oportunidad de desarrollar el ensayo, se decidió realizar dos pasadas, una a mediados del invierno, concretamente el día 13 de febrero de 2013, y la siguiente pasada a principios de primavera, el 9/04/2013; este día se realizó la segunda pasada de las parcelas A, y la primera de las parcelas B.

Se llevó a cabo tres repeticiones de cada escenario, para comprobar si tenía influencia una pasada o dos independientemente de las condiciones particulares de una parcela.

La primera pasada de las parcelas A, se hizo con la rueda de compactación levantada, con el objetivo de que no trabajase compactando el suelo movido, sino que lo que se buscó fue crear un caballón a lo largo de la línea de siembra.

En la segunda pasada sin embargo, se trabajó con los discos aparta-residuos retraídos, ya que la línea permanecía limpia gracias a la primera pasada.

El ensayo se dispuso en bloques al azar con tres repeticiones, con la parcela “Colada” dividida en seis bloques de aproximadamente 500 x 18 m, como muestra la figura 81. Se realizaron dos tipos de tratamientos:

- A: Donde el Striger realizó dos pasadas.
- B: Donde el Striger realizó una pasada.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

El nombre de cada subparcela está formado por la letra que indica el tipo de tratamiento y por un número que indica el número de la repetición: A1, A2, A3, B1, B2 y B3.

La distribución de las subparcelas fue la que se observa en la Figura 81. Entre algunas de las calles se dejaron calles en las que se hizo el tratamiento convencional y que no interfirieron con el ensayo.

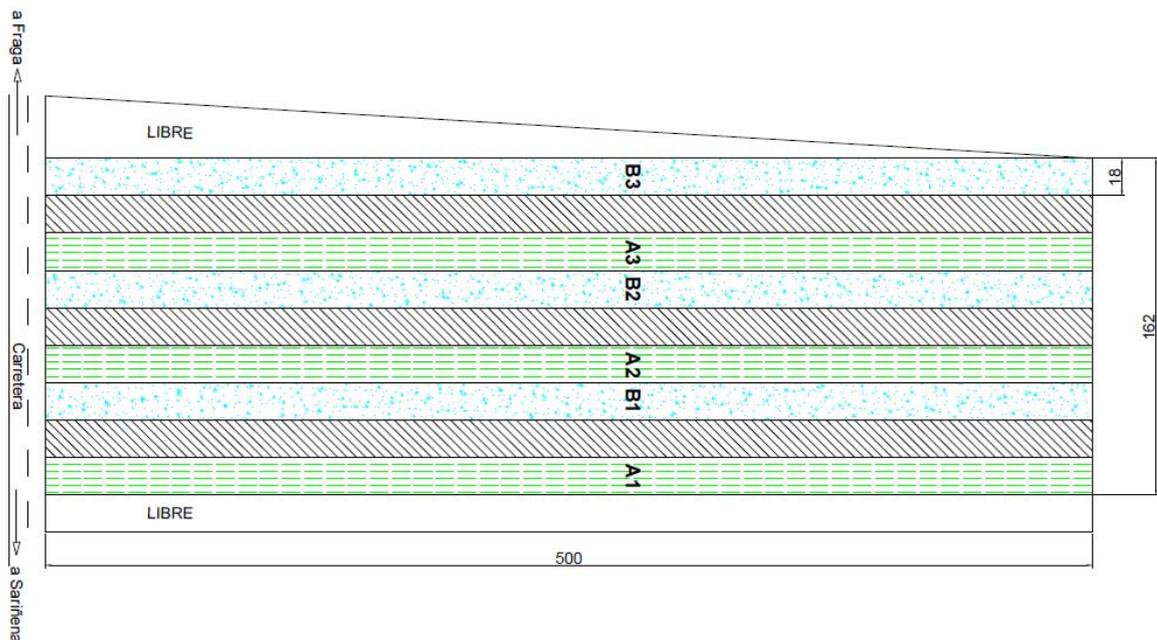


Figura 81: representación esquemática de la distribución de las subparcelas de los ensayos en la finca “Colada”

Los tipos de laboreo realizados previamente a la siembra de maíz en cada subparcela fueron:

- Subparcelas A1, A2, A3: dos pasadas de Striger: la primera pasada (13 de febrero de 2013, profundidad 20 cm, 9-10 km/h) + segunda pasada de Striger (9 de abril de 2013, profundidad 10 cm, 10 km/h)
- Subparcelas B1, B2, B3: una pasada de Striger (9 de abril del 2013, a 12 cm de profundidad y a una velocidad de 12 km/h)

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

La siembra se realizó el 12 de abril, con una densidad de siembra de 86.805 plantas/ha, es decir, una separación entre filas de 72 cm, y entre plántulas de una misma fila de aproximadamente 16 cm. Desde 13 días después de la semilla, desde el 25 de abril se controló la nascencia cada 2 días hasta el 13 de mayo, aproximadamente un mes después de la siembra, en 6 filas de 3 m cada una, en cada una de las subparcelas estudiadas.

En el caso de la dobles cosecha, no es una práctica extendida por Europa por lo que se han hallado pocos estudios en EE.UU.

Lo que apremia en este tipo de práctica, es que en el momento que se cosecha el cereal de invierno, el maíz se tiene que sembrar lo más pronto posible.

Por todo ello el objetivo del segundo estudio denominado “Ensayo de doble cosecha”, lo que se pretendió estudiar fue la utilidad de un accesorio que se le puede acoplar a este tipo de aperos en línea, ya que son capaces de incorporar abono tanto orgánico en forma de purín como abono mineral granulado.

En la parcela se llevó a cabo dos tipos de ensayos, con tres repeticiones cada uno (ver. Figura 82):

- SA: Parcelas donde pasó el Striger con abono localizado
- S: Parcelas donde pasó el Striger, y en las que se distribuyó abono en superficie, de la forma convencional.

Los tipos de laboreo realizados previamente a la siembra de maíz en cada parcela fueron:

- SA1, SA2, SA3: una pasada de apero Striger con abono localizado (5 de julio, 15 cm de profundidad y con una velocidad de 9-10 km/h)
- S1, S2, S3: una pasada de Striger (5 de julio de 2013, profundidad 15 cm y 9-10 km/h)

La siembra de todas las subparcelas se llevó a cabo el mismo día 5 de julio de 2013.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

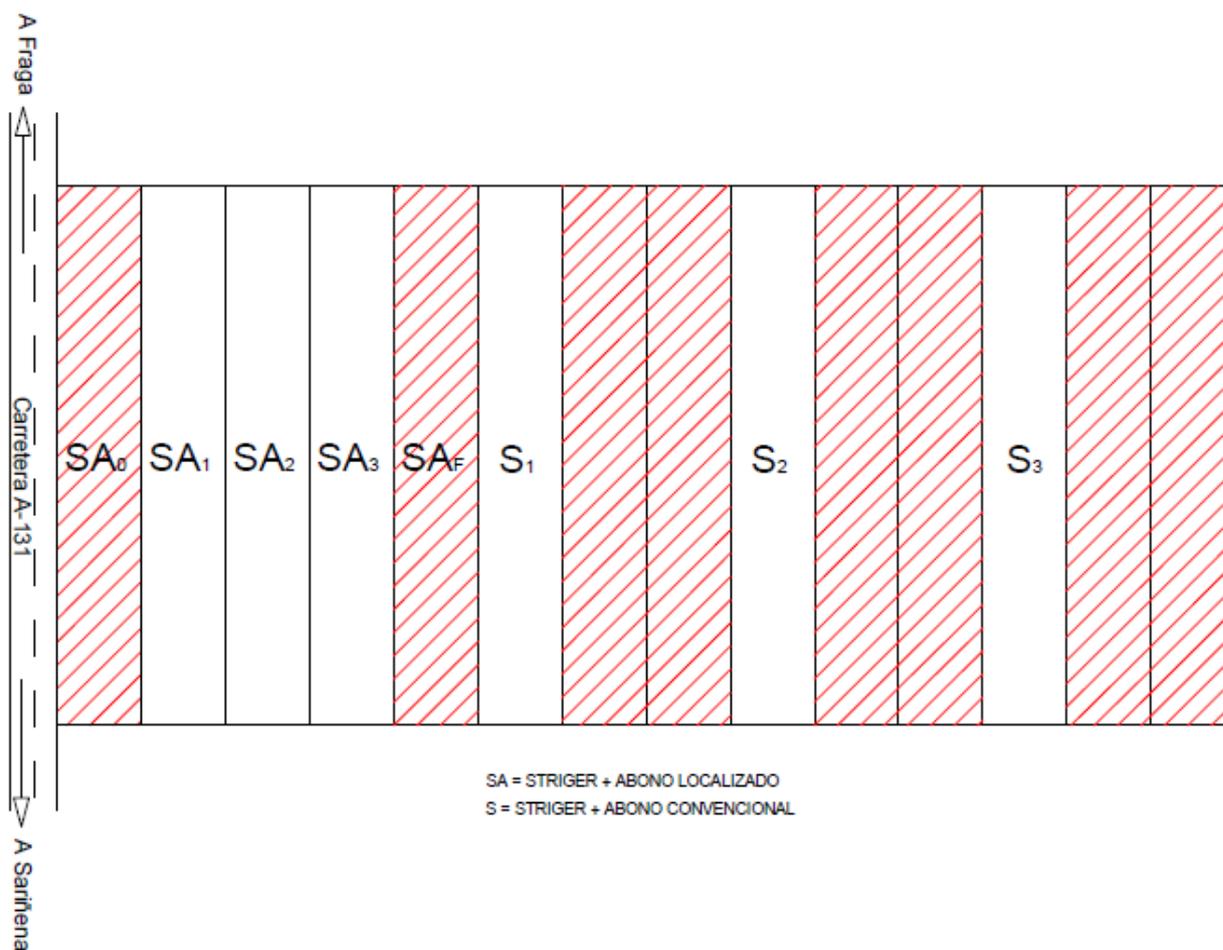


Figura 82: representación esquemática de la distribución de las subparcelas en el ensayo de doble cosecha.

Por cuestiones de logística se agruparon las pasadas de laboreo a franjas con abono localizado, dejando la calle más cercada a la carretera sin formar parte del proyecto para evitar las alteraciones que pudieran ser consecuencia de esta posición. El resto de las pasadas de Striger con abono convencional se distribuyeron por la parcela para intentar que las condiciones edáficas y ambientales de la finca, no influyeran en la comparativa posterior (ver Figura 83).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

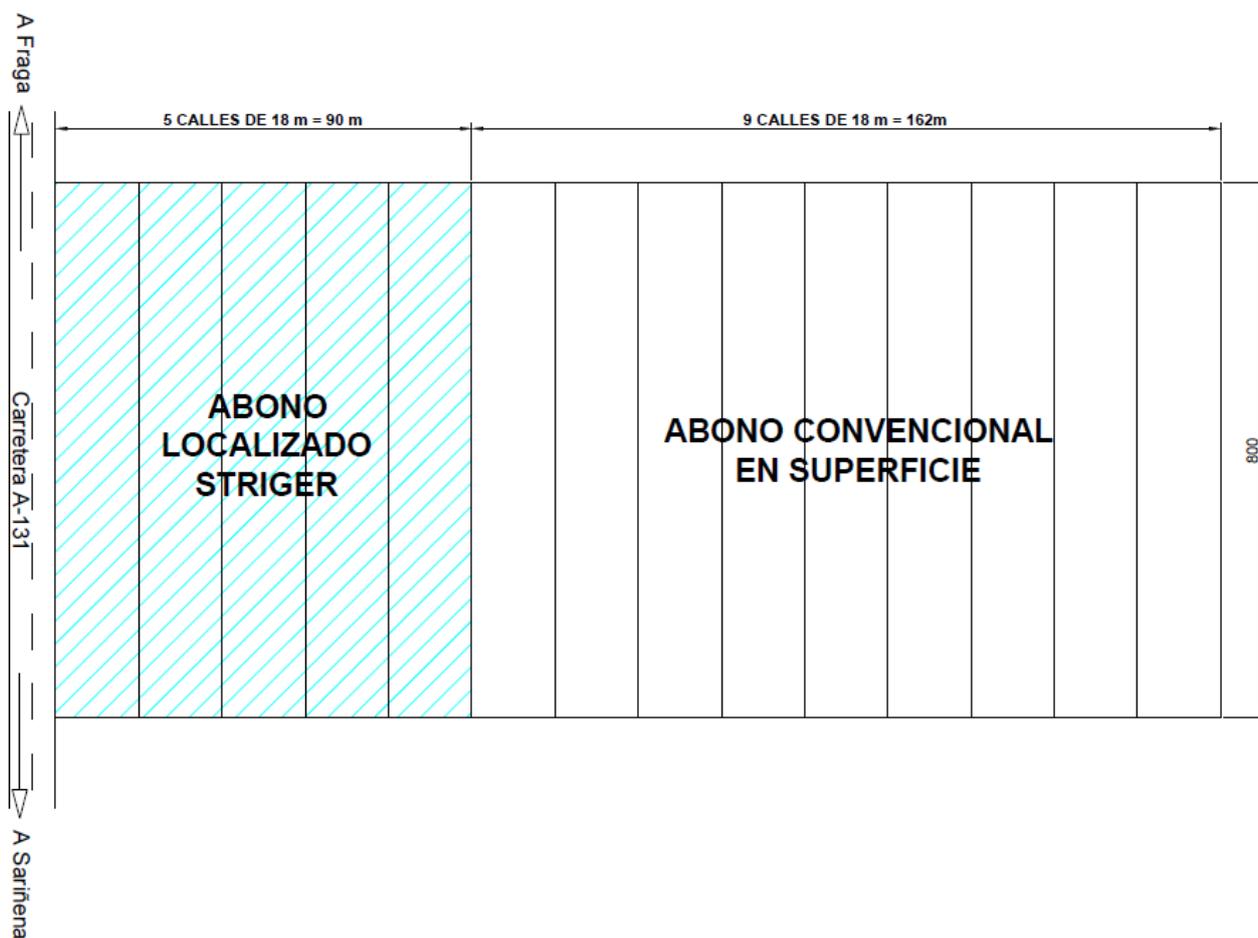


Figura 83: representación esquemática de la distribución de fertilizante en el ensayo de doble cosecha.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ENSAYO DE COSECHA ÚNICA

#### 4.1.1. Análisis de consumos y capacidades de trabajo derivados propiamente de la técnica Strip Till

Una de las principales características que hace atractivo el “Laboreo en bandas” para el agricultor, son los bajos consumos que a priori, conlleva esta técnica si la comparamos con el Laboreo Convencional, o con los itinerarios técnicos que se llevan a cabo en la zona de estudio, como puede ser una pasada con un rastrojador o chísol profundo, para dar posteriormente otra con fresadora rotativa.

Para el análisis de los datos de consumo de combustible se registraron los parámetros de trabajo del tractor mediante conexión directa con un software específico, que exportó numerosos parámetros del tractor, entre ellos:

- Consumo de combustible
- Carga de motor
- Velocidad de avance
- Revoluciones del motor

Estos datos se registraron con una frecuencia de un dato cada milisegundo, o lo que es lo mismo se obtuvieron mil datos cada segundo, en formato CSV. Este archivo fue trabajado para poder proceder al análisis de datos.

El apero de Strip-Till, Striger, constó de 8 cuerpos de trabajo, equivalentes a una anchura de trabajo de 6 m. La capacidad de trabajo de la máquina varía en función de la velocidad de avance como se refleja en el Gráfico 6:

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

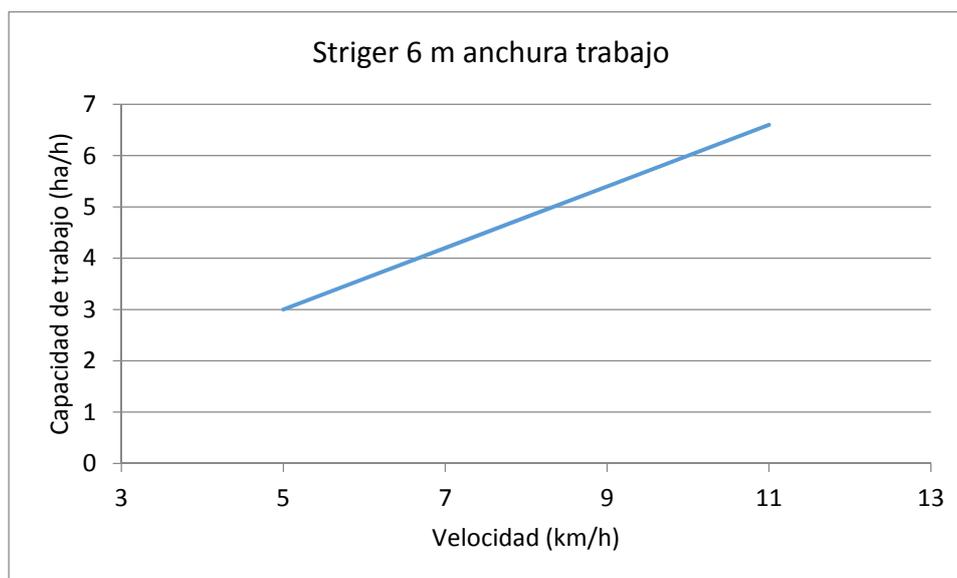


Gráfico 6. Capacidad de trabajo del apero Striger con una anchura de trabajo de 6 m.

Se realizaron las siguientes secuencias de trabajo en parcela utilizando el tractor JD 8230.

- Tratamiento A (2 pasadas de Striger):
  - Pasada 1: 13/02/2013. Profundidad de trabajo: 20 cm.
  - Pasada 2: 09/04/2013. Profundidad de trabajo: 10 cm. Sobre la pasada 1 realizada el 13 de febrero.
- Tratamiento B (1 pasada de Striger):
  - Pasada 1: 09/04/2013. Profundidad de trabajo: 12 cm. Sobre suelo inalterado.

Los gráficos 7 y 8 muestran los datos reales de consumo en parcela en función de las velocidades de avance registradas en los diferentes tratamientos para cada tipo de labor realizada. Los valores de consumo de combustible horario (l/h) y consumo por hectárea (l/ha) variaron en función de la profundidad de trabajo y de la velocidad de avance del tractor. El consumo horario en l/h fue muy variable, desde los 18 l/h para el suelo ya labrado y baja profundidad de trabajo, hasta los 42 l/h para suelo sin labrar y profundidad de 20 cm.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

El consumo horario de combustible se estabilizó para los tres tipos de labores a partir de 9 km/h de velocidad, mientras que en el Gráfico 8 vemos que el consumo de gasoil en l/ha, tiende a descender conforme aumenta la velocidad de trabajo.

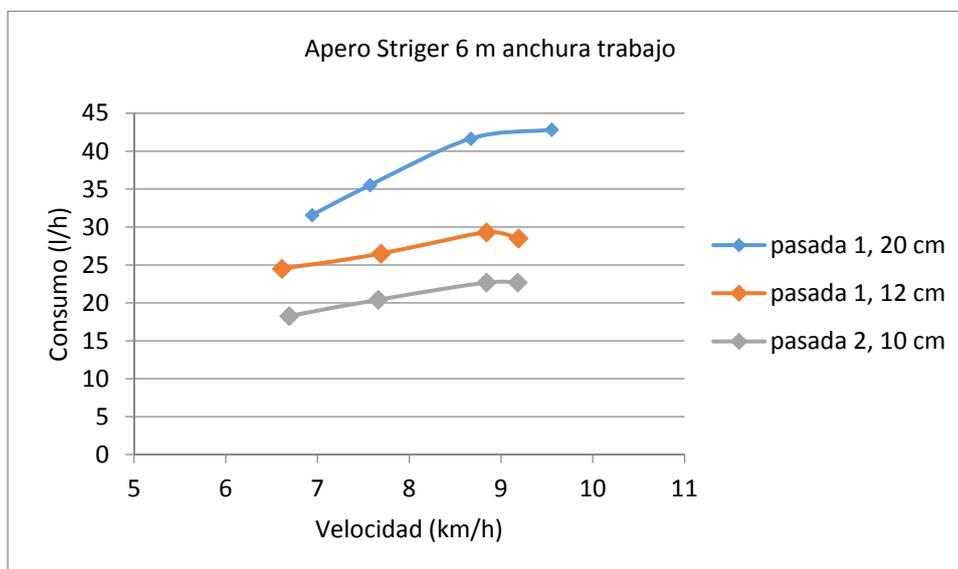


Gráfico 7. Consumo instantáneo de combustible (l/h) en función de la velocidad de avance (km/h) en diferentes condiciones de trabajo del Striger

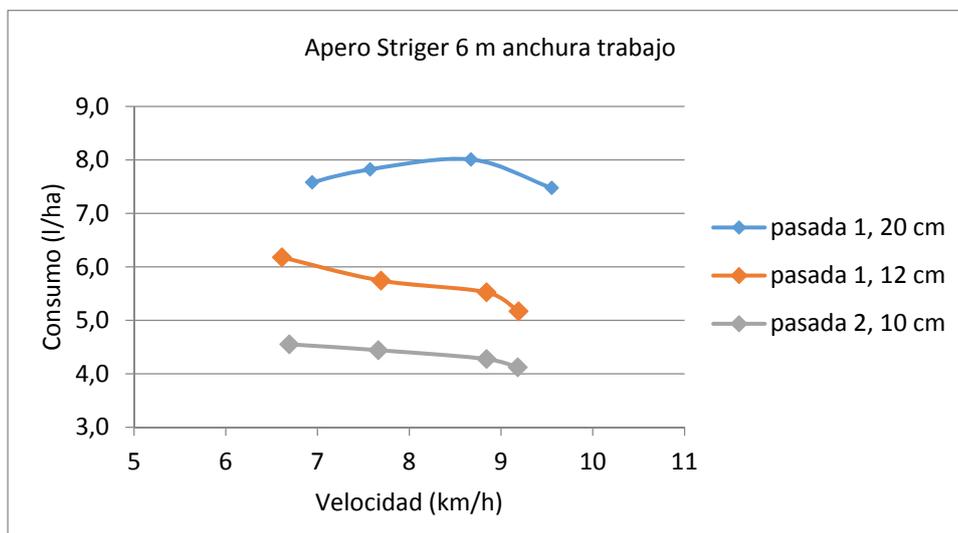


Gráfico 8. Consumo de combustible (l/ha) en función de la velocidad de avance (km/h) en diferentes condiciones de trabajo del Striger.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

#### 4.1.2. Análisis de los datos productivos totales de las subparcelas comparando una pasada y dos pasadas de laboreo en bandas

La recolección se realizó el día 31 de octubre de 2013 mediante la cosechadora New Holland NHCR9070 con corte de 8 líneas. Los datos productivos se reflejan en la Tabla 5.

En la Tabla 5 se muestran en función de los ensayos y de cada una de las subparcelas, los datos medidos durante el proceso de recolección del grano. En la primera columna de datos aparece la producción neta de cada una de las subparcelas en kilogramos, a continuación se informa sobre la superficie de cada una de las subparcelas, para aportar en la tercera columna el rendimiento de cosecha unitario expresado en kg/ha y calculado a humedad de cosecha, dividiendo la producción neta entre la superficie medida de cada subparcela.

En la producción de cada una de las subparcelas se tomaron tres muestras para analizar tanto el peso específico de la muestra expresado en kg/hl y el porcentaje de humedad en grano. A partir de los datos medidos por el ordenador de análisis de grano (GAC® 2100 AGRI, de DICKEY-john CORPORATION) de cada una de las muestras de las subparcelas, se calcula:

- La humedad grano de cada subparcela, realizando la media aritmética del contenido de humedad en % de cada una de las muestras.
- El rendimiento de cosecha en kg/ha homogeneizando el contenido de humedad al 14% para evitar que la cantidad de agua presente en las muestras interfiera en los datos de producción de materia seca (MS).

Los datos productivos mostraron un incremento de rendimiento para el caso del laboreo en bandas realizando dos pasadas previas a la siembra frente a la única pasada de laboreo en bandas (ver Gráfico 9).

Los niveles de humedad inicial en cosecha fueron más altos con las dos pasadas de Striger, pero como ambos estudios se movían en un rango muy similar de humedad (Gráfico 10) no tenía influencia en el precio final del producto debido a los costes de secado no sufrirá

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

penalizaciones diferenciadas en función del tipo de cosecha. El cálculo del Rendimiento al 14 % de humedad se calcula a través de la fórmula que sirve para calcular la cantidad de agua a evaporar en los procesos de secado de maíz grano, que depende de la humedad inicial con que se cosecha el grano ( $H_i$ ) y de la humedad final prevista para su almacenamiento ( $H_f$ ). Si estas humedades corresponden a los pesos de producto húmedo ( $P_h$ ) y seco ( $P_s$ ), respectivamente para una materia seca, se tendrá (*Tratado de Fitotecnia General, P. Urbano Terrón*):

$$P_s = P_h \frac{100 - H_i}{100 - H_f}$$

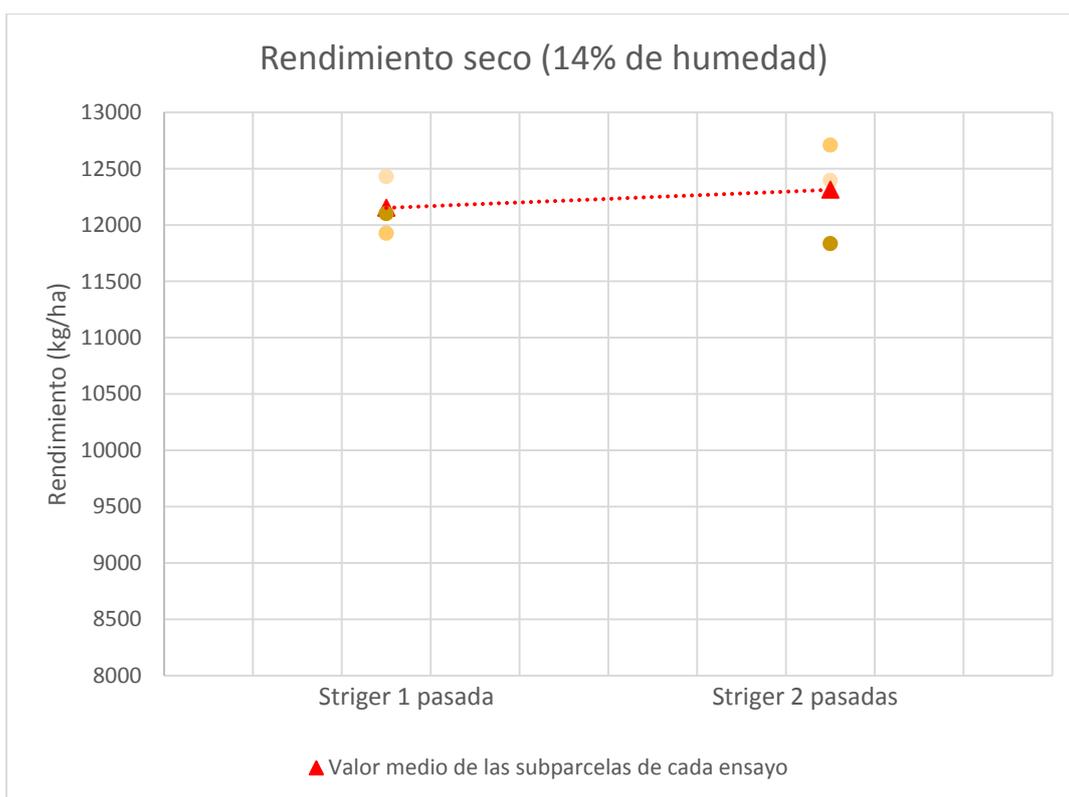


Gráfico 9. Rendimientos medios considerando maíz seco (14% de humedad).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

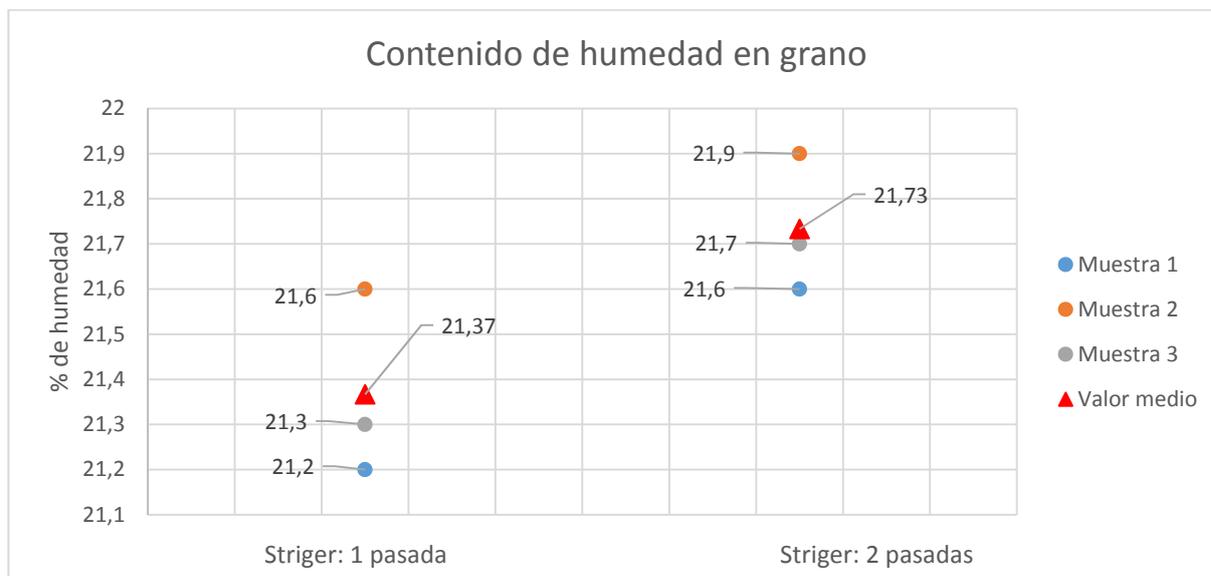


Gráfico 10. Contenido de humedad en grano en el momento de cosecha

El análisis de varianza recogido en la Tabla 4 de un factor muestra que no hay diferencia significativas ( $p > 0,05$ ) entre los dos ensayos realizados (striger 1 pasada y striger 2 pasadas). Por lo tanto las diferencias de rendimiento entre los dos ensayos no son significativas estadísticamente ( $p=0,61$ ).

Análisis de varianza. Peso en seco (kg/ha) al 14 % de humedad. Efectos significativos para $p < 0,05$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Kg/ha	38400,00	1	38400,00	521741,3	4	130435,3	0,294399	0,616232

Tabla 4: Resultados del análisis de varianza para la producción al 14% de humedad.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

Ensayo	Subparcela	Producción neta (kg)	Superficie (ha)	Rendimiento a humedad de cosecha (kg/ha)	Nº muestra	Peso específico (kg/hl)	Humedad grano (%)	Humedad grano de cada subparcela (%)	Rendimiento al 14 % de humedad (kg/ha)
Parcelas C: una única pasada de laboreo en bandas	C1	10.590	0,8019	13.206	C1-1	75,7	21,3	21,2	12.101
					C1-2	77,0	21,1		
					C1-3	77,1	21,2		
	C2	11.270	0,8262	13.641	C2-1	76,8	21,5	21,6	12.430
					C2-2	75,9	21,8		
					C2-3	76,8	21,6		
	C3	11.080	0,8505	13.028	C3-1	75,2	21,0	21,3	11.927
					C3-2	74,9	21,7		
					C3-3	75,7	21,1		
Parcelas A: dos pasadas de laboreo en bandas	A1	10.200	0,7857	12.982	A1-1	76,0	21,5	21,6	11.835
					A1-2	75,7	21,7		
					A1-3	75,7	21,6		
	A2	11.060	0,8100	13.654	A2-1	75,6	22,0	21,9	12.395
					A2-2	75,7	21,1		
					A2-3	74,8	22,7		
	A3	11.650	0,8343	13.964	A3-1	75,3	21,6	21,7	12.708
					A3-2	75,3	21,6		
					A3-3	74,8	22,0		

Tabla 5: Resultados productivos del ensayo 1 (cosecha única).

#### 4.1.3. Análisis de la producción individual de 12 mazorcas recogidas de cada subparcela estudiada.

En cuanto al peso medio de las mazorcas recogidas en cada una de las subparcelas se observa que en las parcelas en las que se realizó una sola pasada de Striger fue mayor que el peso medio de la mazorca en aquellas subparcelas donde se dieron dos pasadas con el apero de laboreo en bandas, como aparece representado en los gráficos 11 y 12.

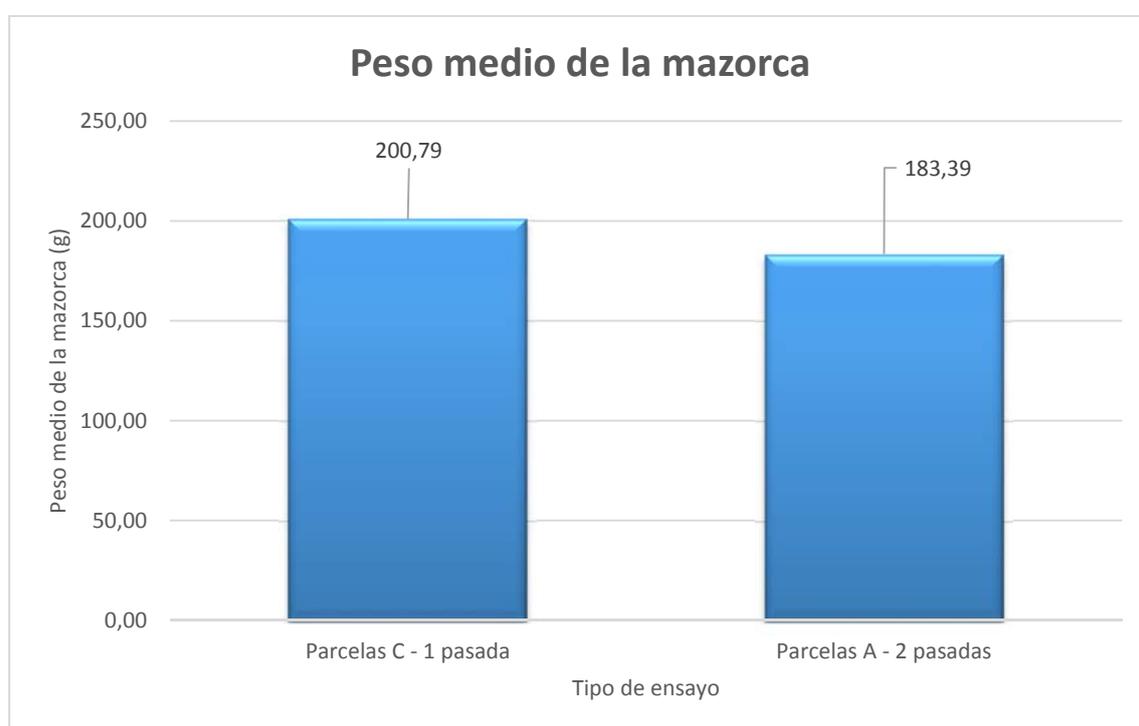


Gráfico 11: Peso medio de las mazorcas para cada tipo de ensayo.

Factorial ANOVA. Variable dependiente: Peso de mazorcas. Efectos significativos para $p < 0,05$					
Variable	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Ensayo	5446	1	5446	3,722	0,058010
Parcela	674	2	337	0,230	0,794952
Ensayo x Parcela	678	2	339	0,232	0,793746
Error	96581	66	1463		

Tabla 6: Resultados del análisis de varianza para el peso de las mazorcas.

El análisis de varianza factorial considerando como variables independientes ensayo y parcela y como variable dependiente el peso de la mazorca, no muestra diferencias significativas para ninguna de las dos variables consideradas: ensayo y parcela, tal y como recoge la Tabla 6.

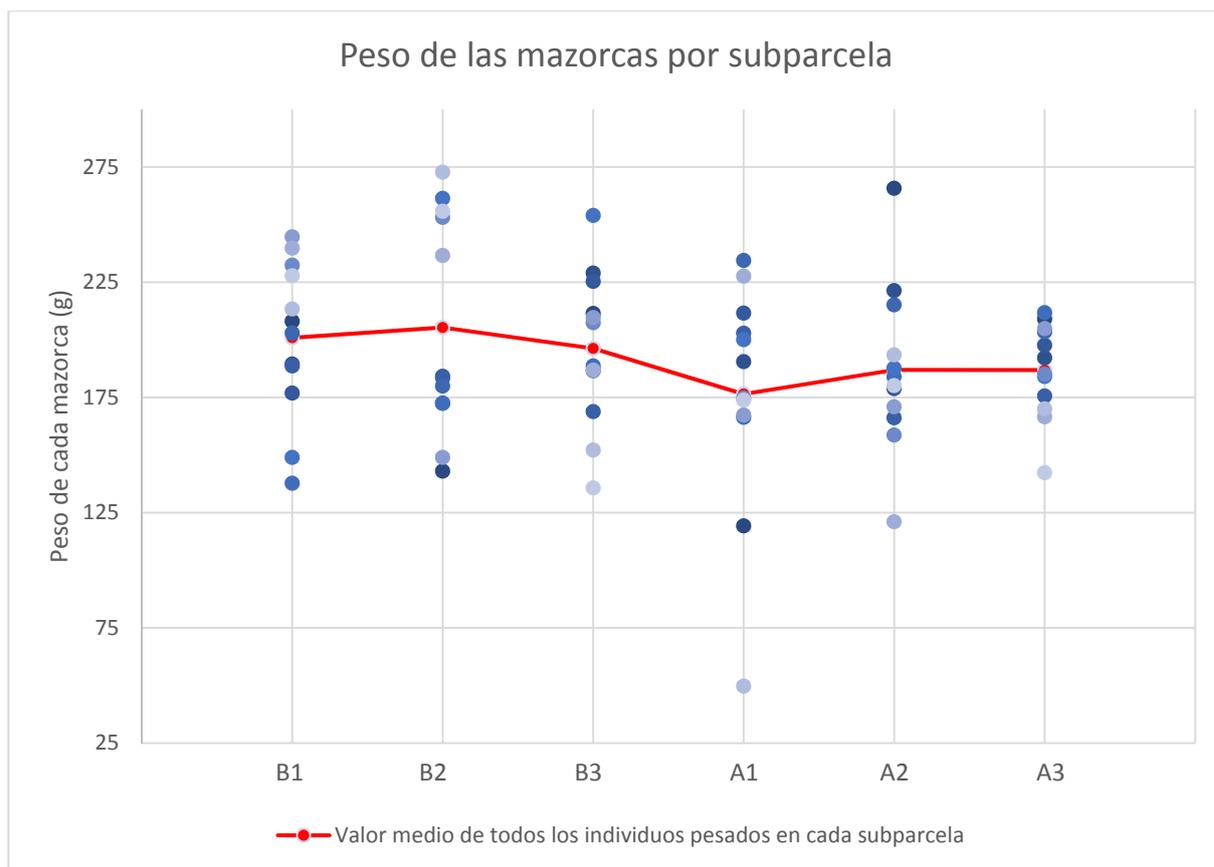


Gráfico 12. Peso de cada una de las mazorcas pesadas en cada subparcela.

En el Gráfico 12 aparece representada la MS de cada una de las mazorcas recogidas, y agrupadas por subparcela de ensayo. La línea roja une los datos de peso medio de la mazorca en cada subparcela.

#### 4.1.4. Análisis de la evolución de la nascencia del maíz para las diferentes subparcelas.

Una de las características que se le atribuyen al laboreo en bandas en la bibliografía consultada es que se produce un mayor calentamiento del suelo laboreado, donde luego se depositará la semilla, lo que favorece un crecimiento más rápido del cultivo. Por esto fue un parámetro que se controló durante los primeros estados fenológicos del maíz.

La nascencia comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de seis-ocho días. La germinación es un estado crítico en la vida de la planta. Una germinación lenta, producida por condiciones desfavorables, puede dar lugar a la incidencia de agentes patógenos que comprometen el futuro del cultivo (**Andrés Guerrero, 1999**). Por este motivo resultaba interesante a priori, estudiar la evolución de la nascencia en ambos tipos de parcelas.

Los datos completos de la nascencia de plántulas de maíz por línea de siembra, se recogen en el Anejo 3, mientras que en el Gráfico 13 podemos observar la evolución de la nascencia media en cada subparcela. Por otra parte, en el Gráfico 14 se ve la tendencia que sigue la nascencia media en cada uno de los ensayos. En las parcelas B, con una pasada de Striger, la tendencia positiva es más contenida mientras que en las parcelas A, con dos pasadas de laboreo en bandas, la evolución tiene mayor pendiente.

Analizando el efecto del ensayo sobre la nascencia de plantas mediante un ANOVA de una variable, no se observaron diferencias significativas, tal y como se recoge en la Tabla 7.

Variable	Análisis de varianza. Nascencia de plantas. Efectos significativos para $p < 0,05$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Ensayo	18,53088	1	18,53088	1232,602	52	23,70389	0,781766	0,380672

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza para el peso de las mazorcas.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

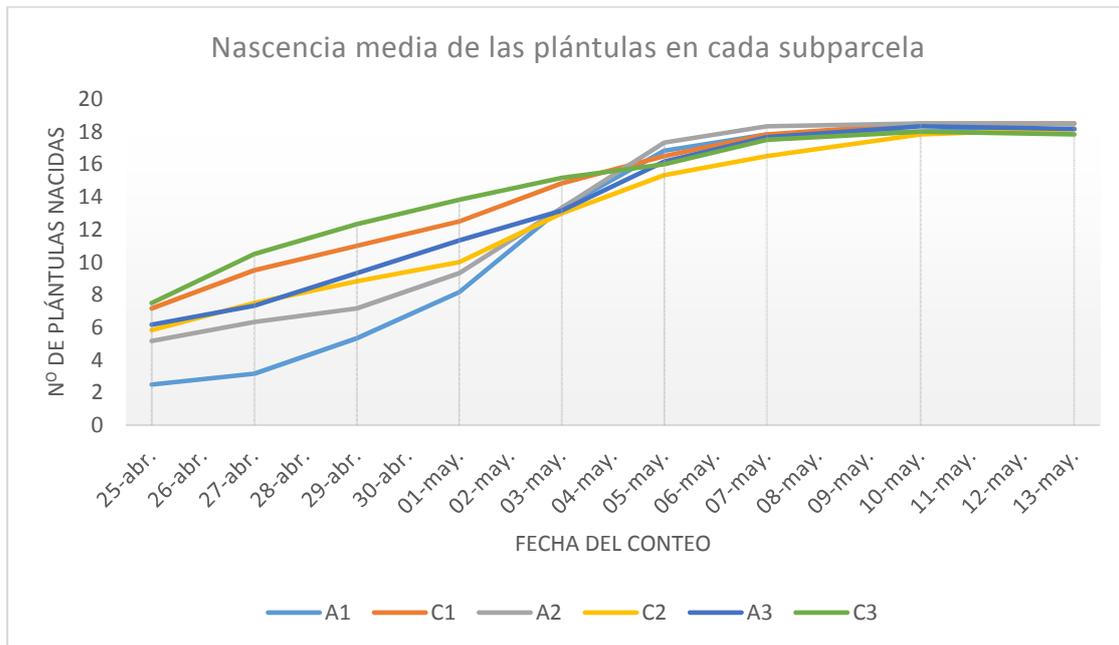


Gráfico 13: Nascencia media de las plántulas del cultivo en cada una de las subparcelas

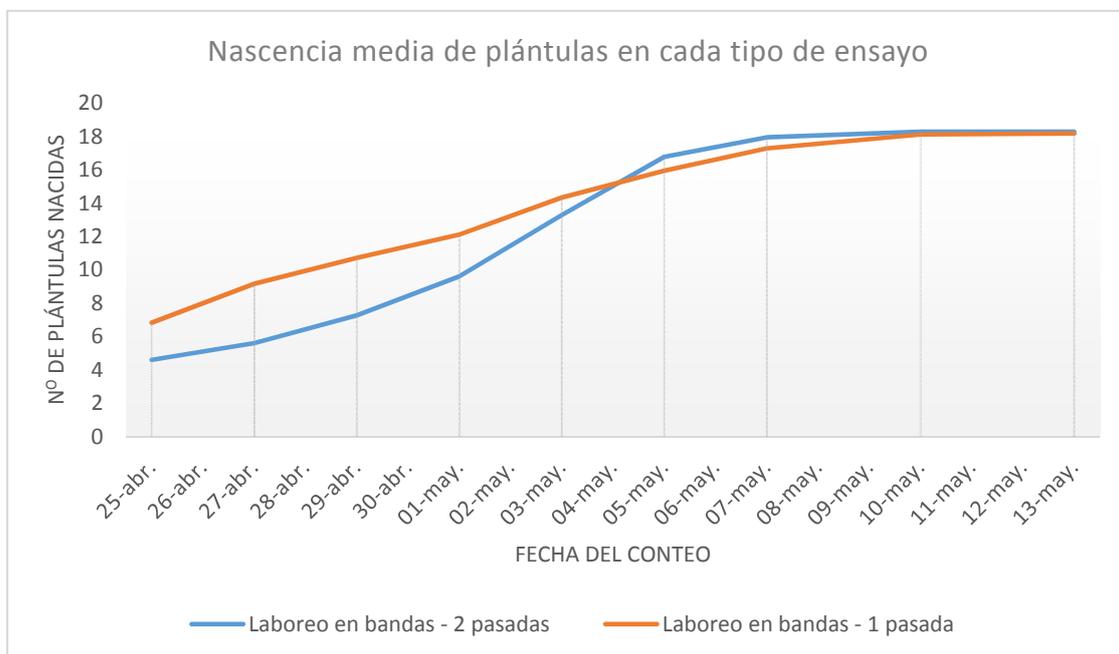


Gráfico 14: Nascencia media de las plántulas del cultivo en función del tipo de ensayo

#### 4.1.5. Análisis de la temperatura del suelo durante la fase de nascencia del maíz.

Durante el periodo de estudio, desde el 12 de abril hasta el 13 de mayo, la temperatura del suelo para las parcelas A (dos pasadas de laboreo en líneas) mostró un valor medio de  $14,96 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ , variando desde un valor mínimo de  $8,25^{\circ}\text{C}$  hasta los  $23,06^{\circ}\text{C}$ . En el caso de las parcelas B (una sola pasada de Striger) la temperatura media fue de  $15,51 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$ , con una variación desde  $7,43^{\circ}\text{C}$  de temperatura mínima hasta un valor de  $24,98^{\circ}\text{C}$  de temperatura máxima (véase la Tabla 8).

	A	B
Tª media $\pm$ IC	$14,96 \pm 0,10$	$15,51 \pm 0,12$
Tª máxima	23,06	24,98
Tª mínima	8,25	7,43

Tabla 8: Resumen de los datos de la temperatura media, máxima y mínima del suelo para las parcelas A y B

En el Gráfico 15 podemos ver representada la variación de la temperatura en el suelo durante el periodo de implantación del cultivo en el ensayo de cosecha única. La línea roja representa la evolución de las temperaturas en las parcelas B (una pasada) y en color negro para las parcelas A (dos pasadas). Las sondas estuvieron colocadas en la parcela durante 31 días, que coincide con el número de picos de temperatura que se observan en dicho gráfico.

Aunque según el **Tratado de Fitotecnia General**, el suelo mullido reduce el coeficiente de conductividad térmica, por lo que tanto el calentamiento diurno como el enfriamiento nocturno son menores, y por tanto, en consecuencia las labores reducen las oscilaciones térmicas del suelo, tanto diarias como estacionales, en el Gráfico 15 se observa que la variación de la temperatura en las parcelas A es más contenida que en las parcelas B con dos pasadas de apero Strip-Till.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

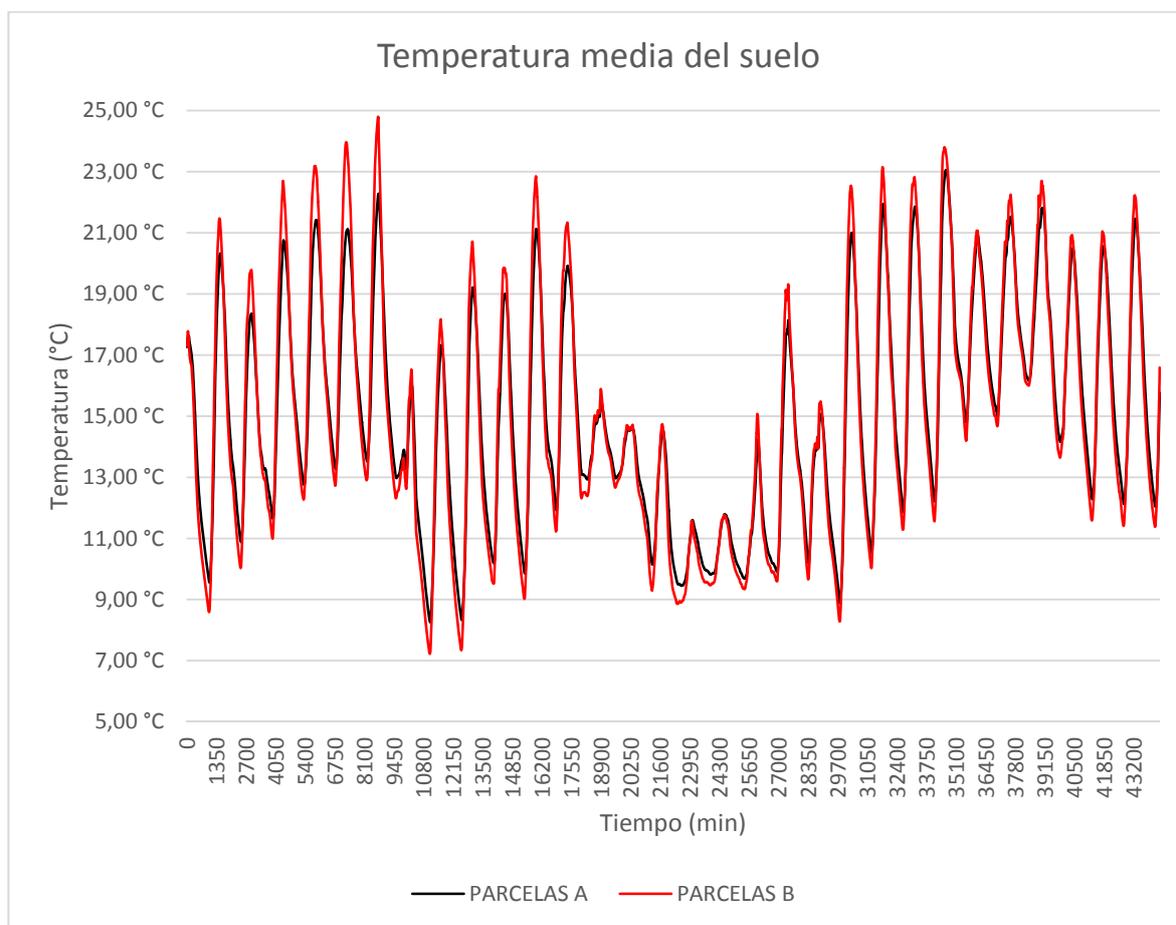


Gráfico 15: Temperatura media del suelo (°C) en las parcelas A y B del ensayo.

#### 4.1.6. Análisis de compactación del suelo

Con un penetrómetro se midió la resistencia mecánica que el suelo ofreció a la penetración del equipo que mide la compactación del suelo al golpear una sonda repetidamente en el suelo.

El Gráfico 16 muestra en color verde el valor medio de la resistencia a la penetración que ofrecieron las 25 mediciones que se tomaron del suelo inalterado entre las bandas de Strip Till, mientras que en color rojo muestra el valor medio calculado entre las 15 mediciones correctas que se realizaron en los surcos. En ambos casos se estudió la resistencia mecánica del suelo hasta 30 cm de profundidad.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

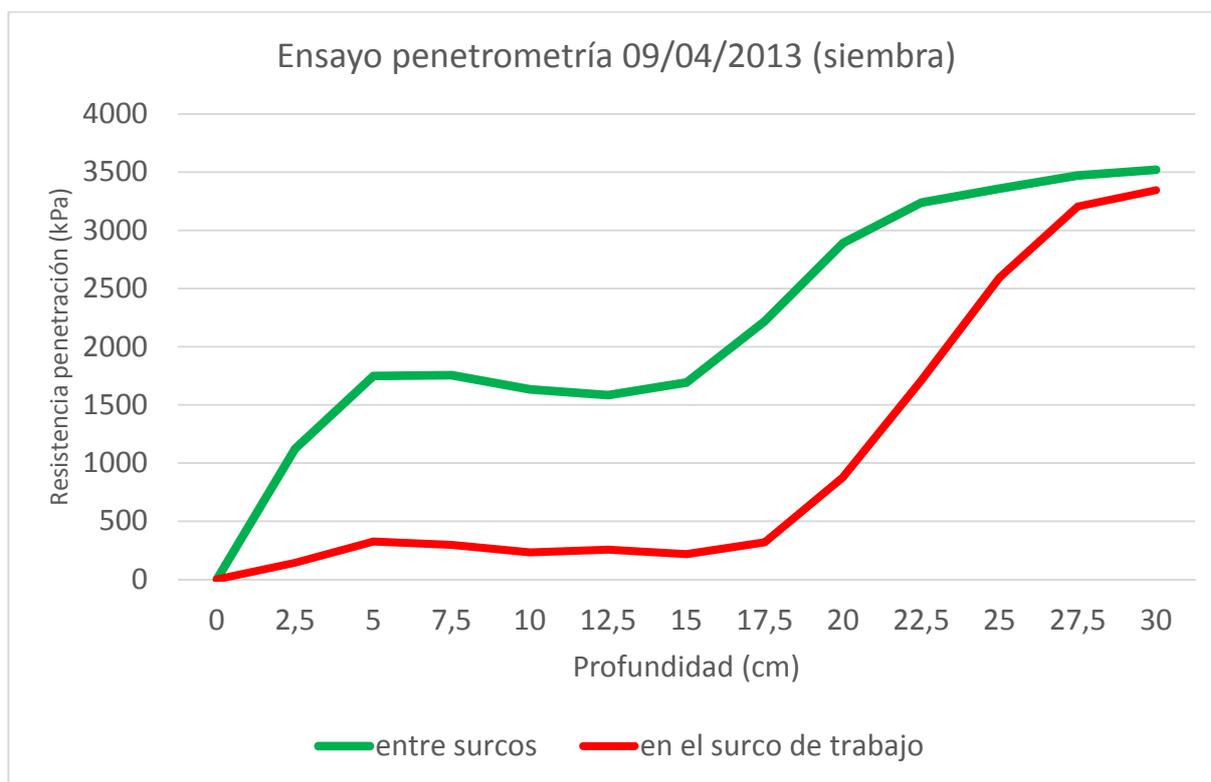


Gráfico 16: Resistencia mecánica del suelo (KPa), medida tanto en el surco creado por el apero de laboreo en bandas como en las zonas entre surcos.

#### 4.1.7. Análisis de la aparición de plantas adventicias.

Se realizaron muestreos en dos fechas diferentes y previas a los tratamientos fitosanitarios y herbicidas en campo. El primer conteo se elaboró el día 17 de abril, y el segundo casi un mes más tarde, el día 13 de mayo de 2013. La tabla 9 que aparece a continuación, muestra de forma más clara las características del análisis.

Las variables medidas en cada zona de muestreo fueron:

- Número de malas hierbas de cada especie.
- Número total de especies
- Número total de malas hierbas.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Parcelas del ensayo	Subparcelas	Zonas de muestreo de malas hierbas (3m x 0,72m)	Número total de zonas de muestreo para cada fecha	Fechas de muestreo
<b>A</b> 2 labores en línea	A1	a, b, c	9	17/04/2013 13/05/2013
	A2	a, b, c		
	A3	a, b, c		
<b>B</b> 1 labor en línea	B1	a, b, c	9	17/04/2013 13/05/2013
	B2	a, b, c		
	B3	a, b, c		

Tabla 9. Explicación del protocolo de medición de plantas adventicias

En los Anexos I y II se puede comprobar los resultados concretos de los dos conteos que se realizaron en cada una de las subparcelas que participaban en el ensayo objeto de este Trabajo Fin de Carrera. Mientras que la comparativa entre la aparición de malas hierbas entre los dos tipos de ensayos, la podemos encontrar representada en los gráficos 17, 18, 19 y 20, en los que el eje de abscisas tiene tres valores (1, 2 y 3) y que aclaran cuál es la subparcela del ensayo en la que se estudiaron las malas hierbas encontradas (A1, B1, A2, B2, etc.)

Los gráficos 17 y 18 se refieren a los datos muestreados en la primera fecha (17 de abril), y respectivamente representan el número de especies distintas que se encontraron en la zona a muestrear de ambos ensayos, y el número de plántulas de especies adventicias que se hallaron en la zona de estudio. El día 17/04 el número de especies de plantas adventicias fue mayor en las parcelas en las que se habían realizado 2 pasadas de laboreo en bandas así como el número de individuos total, en comparación con las subparcelas B.

En los Gráficos 19 y 20 podemos ver las mismas gráficas que en el caso anterior pero para la segunda y última fecha de conteo, el 13 de mayo. Este día, se aprecia en los gráficos que el número de especies en relación al día anterior (17 de abril) disminuyó para ambos escenarios y que el número de individuos no parece seguir ningún patrón, ya que no se aprecian similitudes entre las subparcelas.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

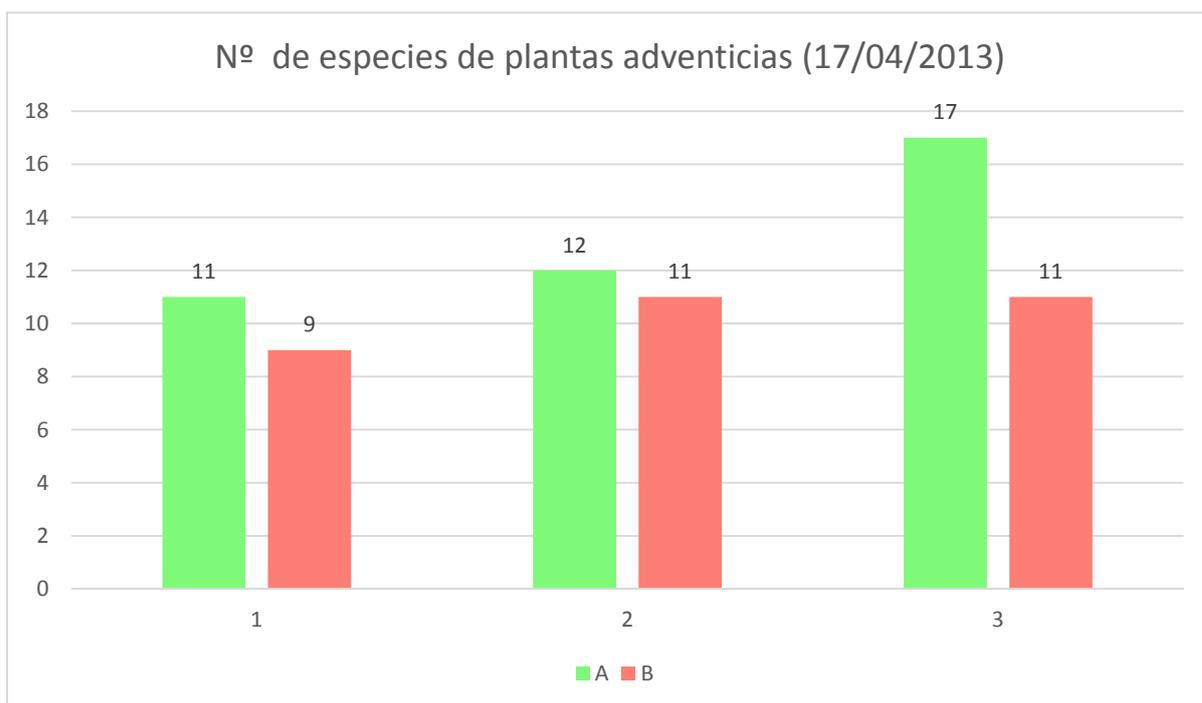


Gráfico 17: número de especies de plantas adventicias existentes en las subparcelas.

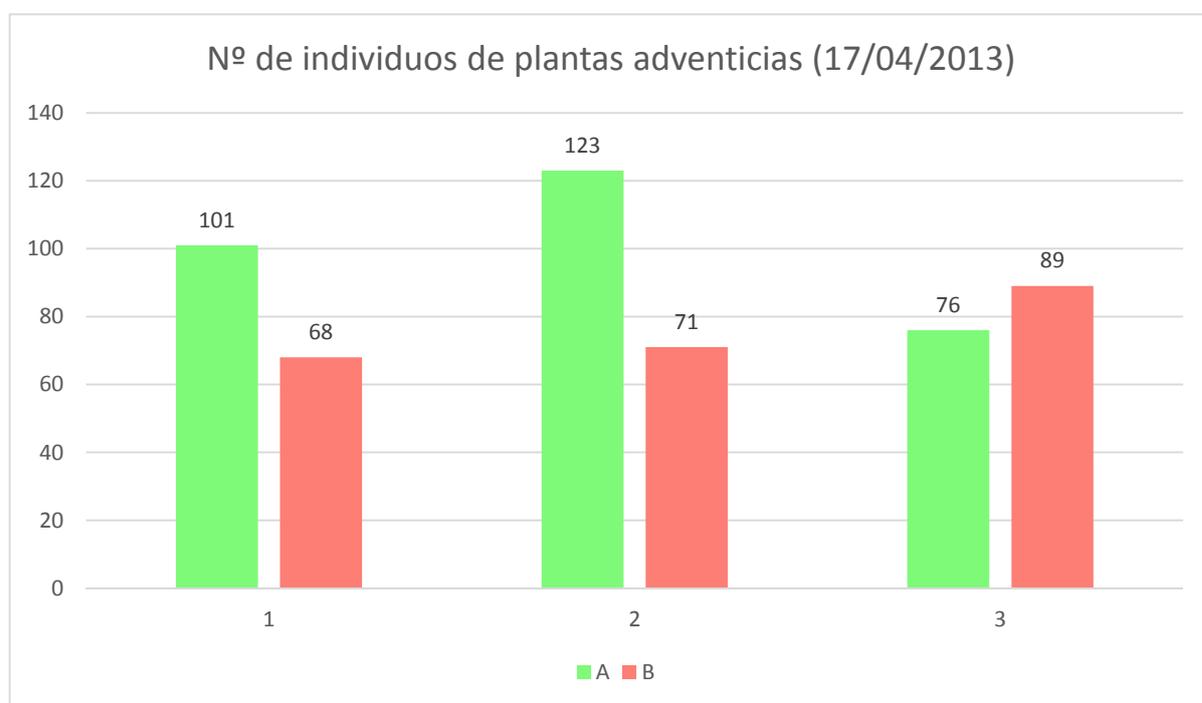


Gráfico 18: número de individuos de planta adventicias existentes en las subparcelas del ensayo de única cosecha.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

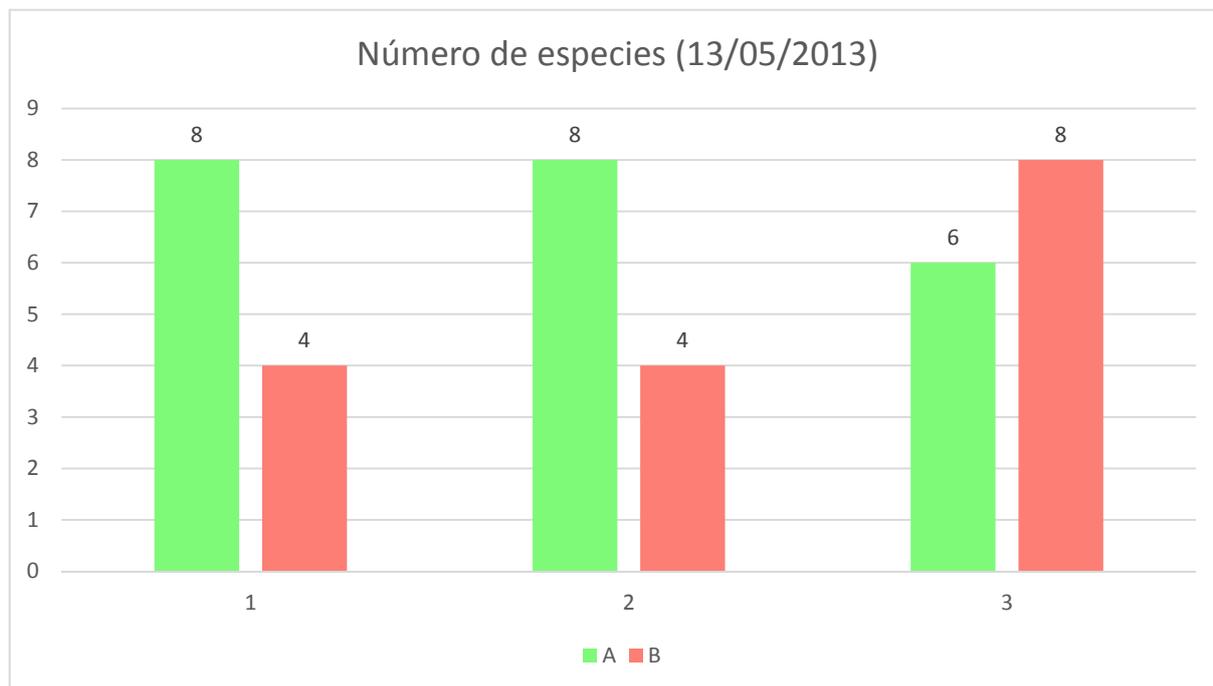


Gráfico 19: número de individuos de planta adventicias existentes en las subparcelas del ensayo de única cosecha.

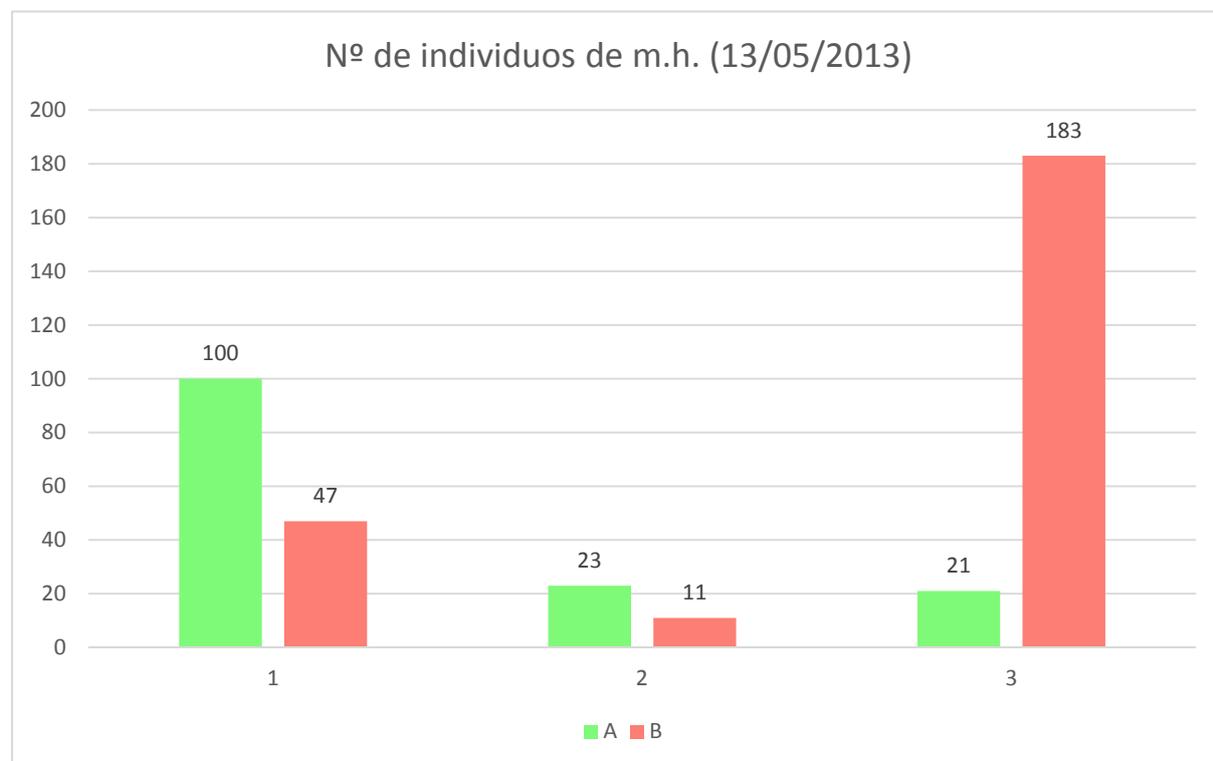


Gráfico 20: número de especies de plantas adventicias existentes en las subparcelas.

#### 4.1.8. Estudio de la viabilidad económica del Laboreo en Bandas en la comarca monegrina.

En el marco económico y sociocultural en el que se desarrolló el ensayo, el laboreo en bandas sustituiría a las labores culturales que se llevan a cabo hoy en día como labores preparatorias del terreno para la siembra del maíz:

- Pasada de chísél profunda
- Pasada de chísél somera
- Pasada de fresadora rotativa o rotocultor

El cálculo de costes de ambos sistemas de laboreo sería el siguiente:

	Convencional	Striger 2 pasadas	Striger 1 pasada
Chísél profundo	48,97	-	-
Chísél somero	41,21	-	-
Rotocultor	100,57	-	-
Laboreo en bandas - pasada 1	-	18,84	16,94
Laboreo en bandas - pasada 2	-	14,78	
Siembra monograno	50,18	50,18	50,18
Coste superficial (€/ha)	240,93	79,00	65,12

Tabla 10. Coste de la maquinaria en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.

En la tabla 10 se ha elaborado con los costes obtenidos de la plataforma del Magrama, las tablas completas se recogen en el Anejo 7. El coste total de maquinaria por unidad de superficie comprende el coste de posesión de la maquinaria, el coste del tractor auxiliar y el coste de combustible. Se ha sustituido el dato de consumo de combustible que aporta el Magrama por el que ha sido medido en el ensayo (ver Gráfico 8).

Para saber el coste total que tienen las distintas labores, se debe sumar el coste de la mano de obra al coste de la maquinaria, ya que para el caso del laboreo convencional el operario daría dos pasadas más que con el laboreo en bandas de una sola utilización y una que la doble pasada de laboreo en bandas.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Si suponemos un coste del operario de 10€/h, y atendiendo al dato de Capacidad de trabajo que nos exportan las tablas del Anejo 7, el coste del operario sería (ver tabla 11):

	Convencional	Striger 2 pasadas	Striger 1 pasada
Chísel profundo	6,5	-	-
Chísel somero	6,5	-	-
Rotocultor	11,2	-	-
Laboreo en bandas - pasada 1	-	1,6	1,6
Laboreo en bandas - pasada 2	-	1,6	
Siembra	5,1	5,1	5,1
Coste de la mano de obra (€/ha)	29,3	8,3	6,7

Tabla 11. Coste de la mano de obra en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.

En la tabla 11 no se ha tenido en cuenta la mano de obra para la realización de la siembra, ya que es una constante para los tres casos y no tiene influencia en la variación.

En total el coste de la implantación del cultivo con el laboreo convencional calculado de forma teórica sería de 270,23 €/ha mientras que el coste de dos pasadas de laboreo en bandas sería de 87,3 €/ha y el coste una pasada de laboreo en bandas sería de 71,82 €/ha.

Es decir, el coste de dos pasadas de laboreo en bandas cuesta un 32,3% del coste del laboreo convencional y una pasada de laboreo en bandas cuestan un 26,57%.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

## 4.2. ENSAYO DE DOBLE COSECHA

### 4.2.1. Datos de consumos y capacidades de trabajo

Para el análisis de los datos de consumo de combustible se registraron los parámetros de trabajo del tractor mediante conexión directa con software específico y volcado de análisis de los datos, como ya se hiciera para el primer ensayo.

El apero Striger fue arrastrado con un tractor JD 6210 R, modelo diferente al utilizado en el ensayo de cosecha única, y que debido a problemas de conexión con la centralita, no se registraron datos de consumo.

### 4.2.2. Datos productivos

La recolección del ensayo del cultivo de maíz de doble cosecha se realizó el 23 de diciembre de 2013, con una cosechadora autopropulsada New Holland 9070. Los datos productivos se reflejan en la tabla 13. En dicha tabla se recogen los datos de producción total pesados en la báscula propiedad de la explotación, como se realizara previamente para el ensayo de cosecha única. De igual manera, se tomaron tres muestras del grano cosechado en cada parcela, para analizar mediante el ordenador de análisis de grano tanto el contenido en humedad (%) de éste como su peso específico (kg/hl).

El cálculo de la masa teórica de maíz en grano producido en las distintas subparcelas con un 14% de humedad, para poder comparar la producción obtenida en el mismo contenido de materia seca calculó a través de la fórmula:

$$P_s = P_h \frac{100 - H_i}{100 - H_f}$$

*(Tratado de fitotecnia general, Pedro Urbano Terrón)*

Donde:

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

- *Ps*: Peso seco
- *Ph*: Peso húmedo
- *Hi*: Contenido en porcentaje de humedad inicial
- *Hf*: Contenido en porcentaje de la humedad final, en este caso un 14%.

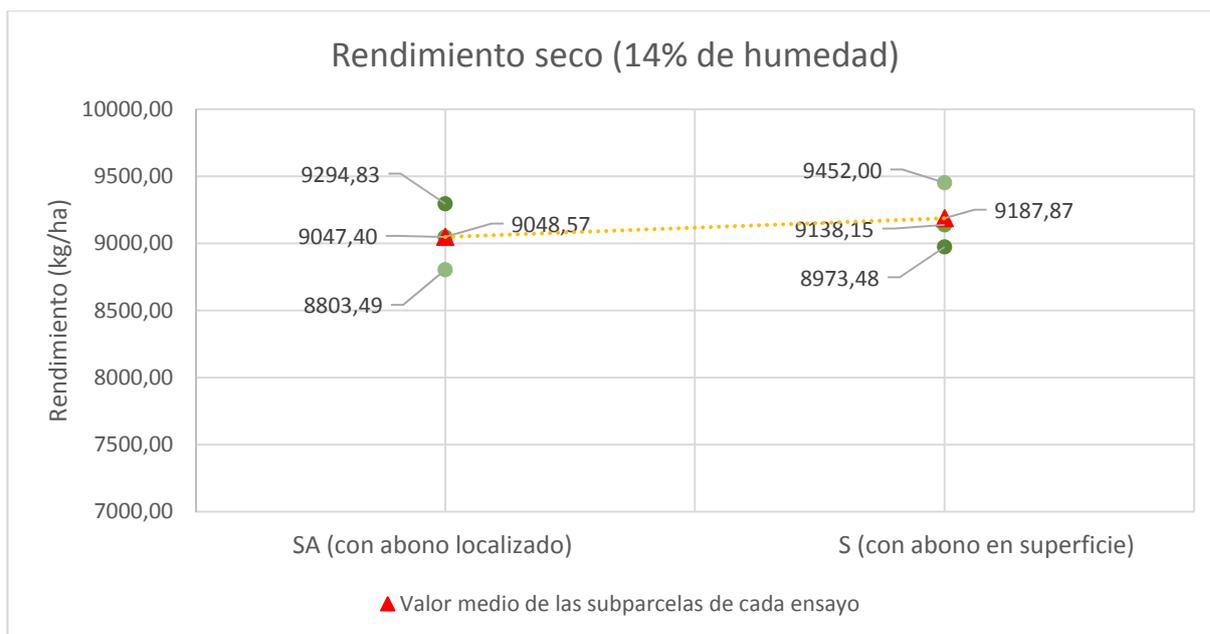


Gráfico 21: Rendimiento productivo medio (kg/ha) de los dos tipos de parcelas estudiados, considerando el maíz seco (14% de humedad).

Los resultados de la producción media muestran un ligero incremento del laboreo en bandas con abonado en superficie frente a la misma técnica con el abono localizado (ver Gráfico 21). Los niveles de humedad inicial en cosecha fueron similares (ver Gráfico 22) por lo que el precio final del producto debido a los costes de secado no sufrirá penalizaciones diferenciadas en función del tipo de cosecha. Los datos de producción del Strip-till con los distintos métodos de abonado no reflejan una diferencia significativa (ver tabla 12).

Variable	Análisis de varianza. Peso en seco (kg/ha) al 14 % de humedad. Efectos significativos para $p < 0,05$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Kg/ha	29107,09	1	29107,09	238908,3	4	59727,07	0,487335	0,523572

Tabla 12: Análisis de la varianza para el rendimiento en ambos ensayos.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

Ensayo	Sub-parcela	Superficie de la subparcela (ha)	Producción neta (kg)	Nº muestra	Peso específico (kg/hl)	Humedad (%)	Humedad media de la subparcela (%)	Rendimiento a humedad de cosecha (kg/ha)	Rendimiento al 14% de humedad (kg/ha)
SA: Striger con abono localizado	SA1	1,50	15.980	1	63,6	25,5	25,0	10.653	9.295
				2	63,9	24,2			
				3	63,5	25,2			
	SA2	1,50	15.680	1	62,0	25,5	25,6	10.453	9.047
				2	62,9	25,4			
				3	63,7	25,8			
	SA3	1,50	15.230	1	62,9	25,6	25,4	10.153	8.803
				2	63,4	25,3			
				3	63,0	25,4			
S: Striger con abono en superficie	S1	1,50	15.650	1	62,6	26,0	26,0	10.433	8.973
				2	63,6	25,8			
				3	62,6	26,3			
	S2	1,40	15.010	1	60,5	27,0	26,7	10.721	9.138
				2	62,8	26,6			
				3	62,1	26,5			
	S3	1,30	14.410	1	62,7	26,5	26,7	11.085	9.452
				2	62,5	26,9			
				3	62,9	26,6			

Tabla 13. Datos relativos a la recolección en el ensayo de doble cosecha.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Como se recoge en la tabla 12 se ha realizado un análisis de varianza de un factor, tomando como variable independiente el tipo de ensayo, que muestra que no hay diferencia significativas ( $p > 0,05$ ) entre los dos ensayos realizados (Striger 1 pasada y Striger 2 pasadas).

Los datos de humedad que nos proporcionó el ordenador de análisis de datos nombrado anteriormente se muestran en la Gráfico 20 para cada tratamiento estudiado. Se realizó un análisis de varianza que no mostró diferencias significativas entre los valores de humedad en ambos tratamientos.

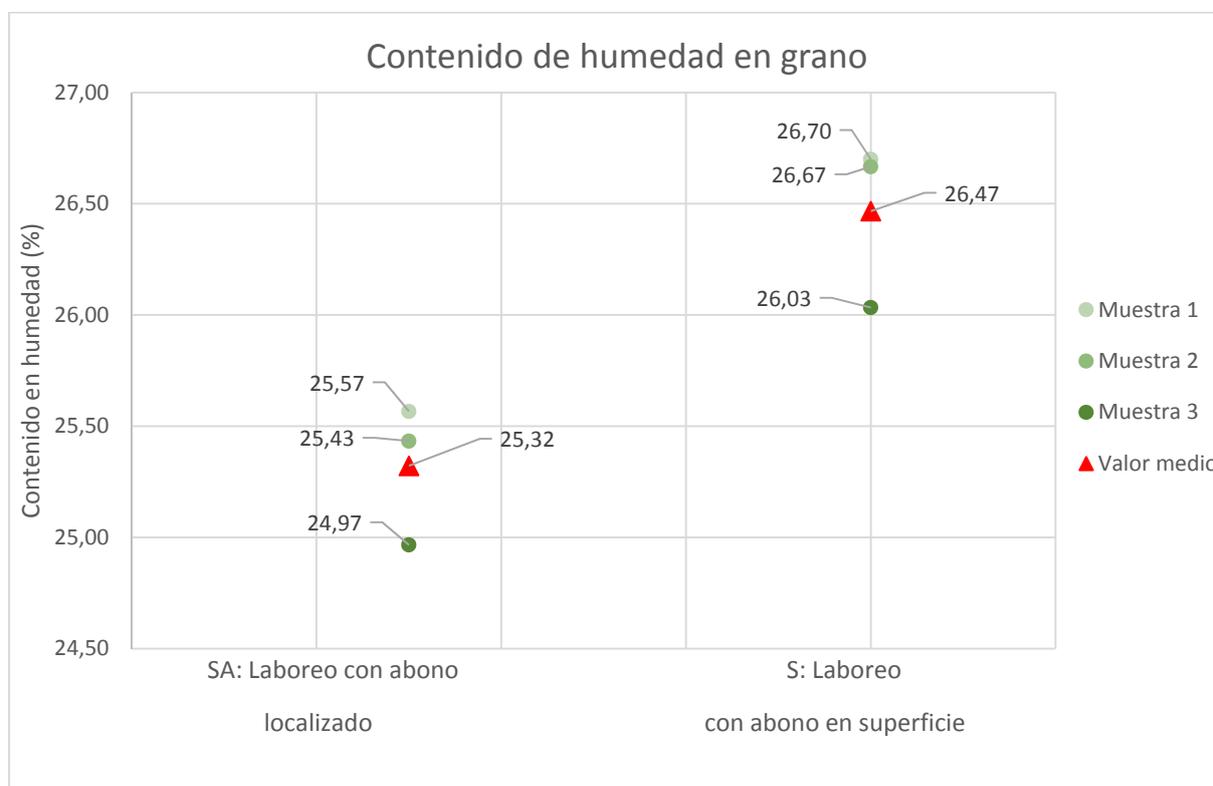


Gráfico 22: Comparativa del contenido de humedad medio de las muestras de maíz grano recogido en las subparcelas de laboreo en bandas con distribución de abono localizado (SA1, SA2, SA3) y de las subparcelas con aporte de abono en superficie (S1, S2, S3).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Como se aprecia en el gráfico superior, la humedad contenida en el maíz en grano producido en las parcelas con abonado en superficie fue mayor que la humedad del grano de las parcelas con abono localizado. Si hablamos del contenido medio, las parcelas S tienen un 26,5% frente a las parcelas SA con un 25,3% de humedad en cosecha.

#### 4.2.3. Análisis de la producción individual de 12 mazorcas recogidas de cada subparcela estudiada.

Con el objetivo de constatar si el tipo de abonado en las parcelas laboreadas en bandas influía también en el desarrollo de la mazorca y en la producción de grano de cada una de ellas, se recogieron de forma completamente aleatoria una muestra de 12 mazorcas de maíz de cada una de las parcelas que formaron parte del estudio. El día que se llevó a cabo la cosecha de toda la parcela, el 23 de diciembre, se recogieron en total 72 mazorcas de las 6 subparcelas.

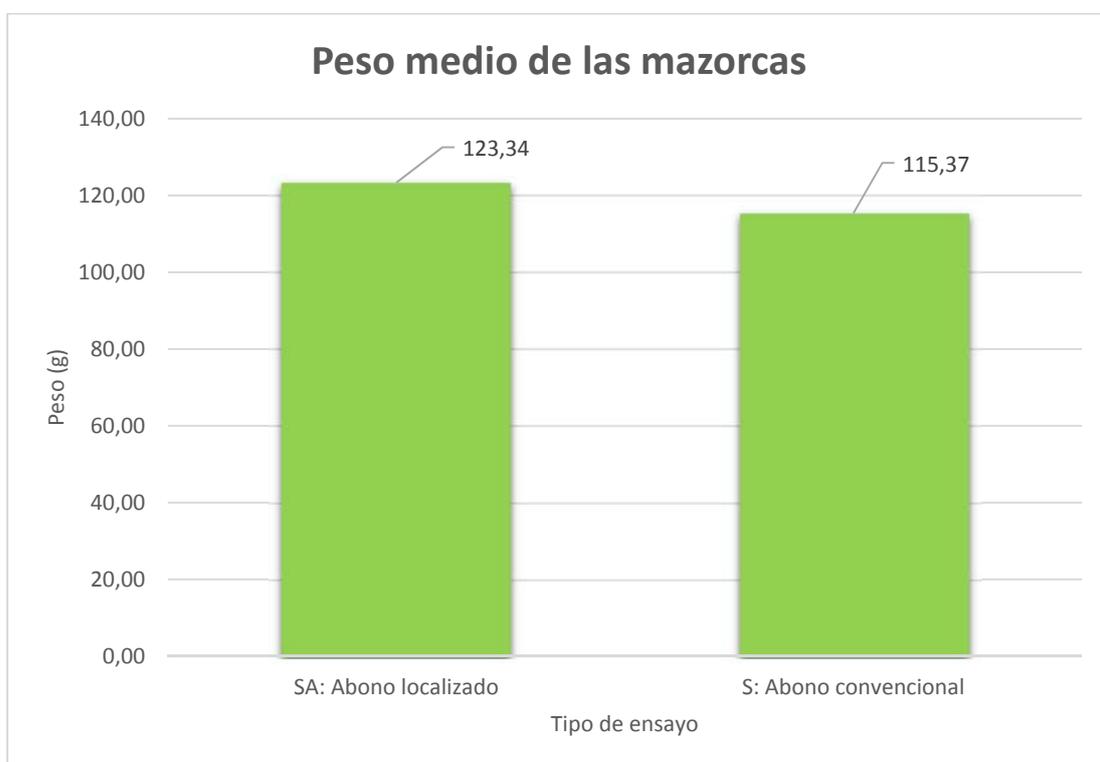


Gráfico 23: Peso medio de las mazorcas para cada tipo de ensayo.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (*Strip Till*) aplicada a cultivos en línea (*Zea mays*) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

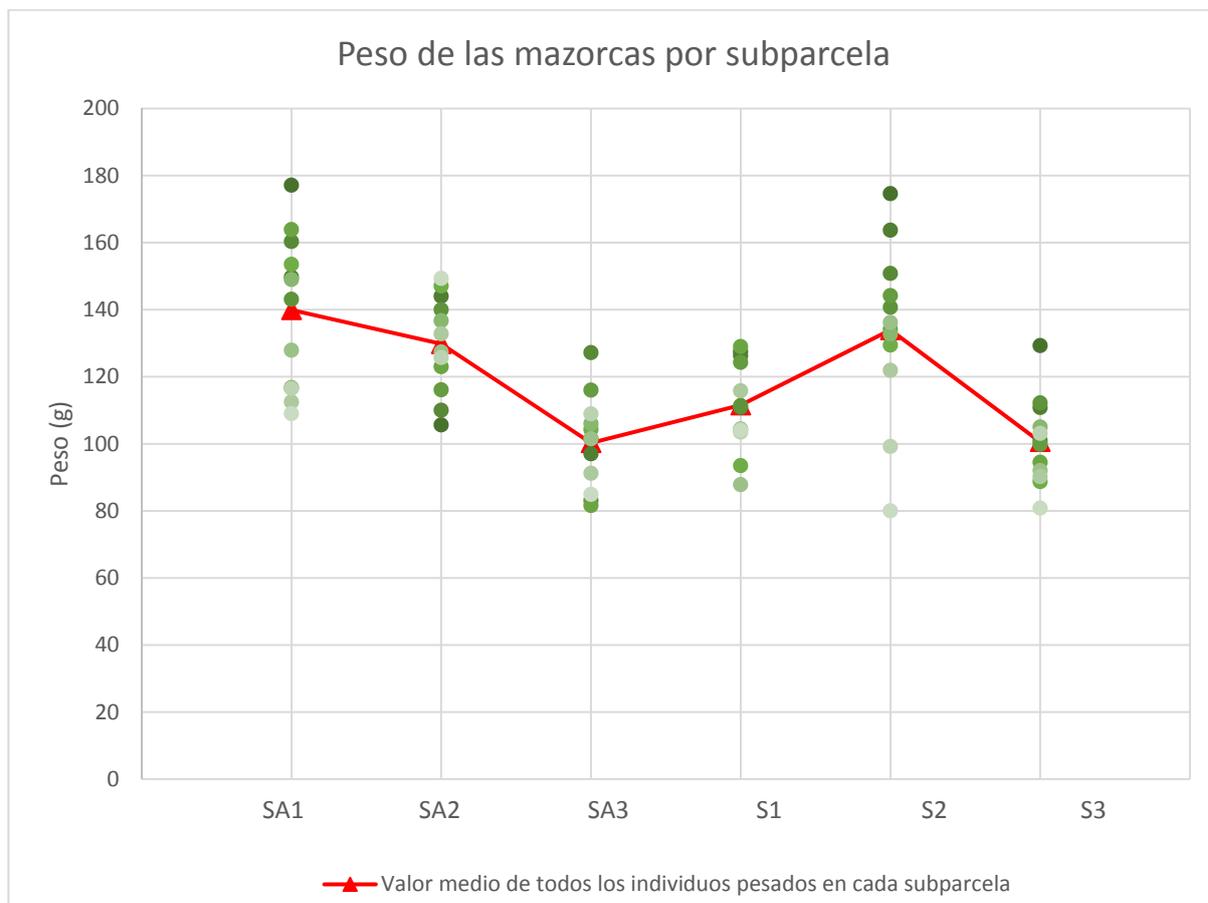


Gráfico 24: Datos del peso en seco de cada una de 12 mazorcas medidas para cada ensayo, también datos del peso medio para cada subparcela.

Teniendo en cuenta que la mazorca o espiga está formada por una parte central llamada zuro que representa del 15 al 30% del peso de la espiga, y que el grano se dispone en hileras longitudinales alrededor del zuro, teniendo cada mazorca varios centenares, las 72 mazorcas, se limpiaron y se desgranaron, para conseguir que los valores finales que iban a ser utilizados en la comparación, fuera aportado únicamente por el grano producido. El grano de las mazorcas se secó en estufa a 60°C, y durante como mínimo 48 horas, para garantizar que la humedad contenida en el grano se evaporara, para comparar la materia seca producida por las mazorcas de los dos tratamientos estudiados.

Estos datos crudos se recogen en la Tabla 24 del Anejo 6, mientras que en el Gráfico 23 se pueden apreciar los valores medios del peso de las mazorcas para cada tipo de ensayo y en

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

el Gráfico 24 se representan los valores pesados de cada mazorca agrupados por subparcela; se ha representado también el valor medio.

Variable	Factorial ANOVA. Variable dependiente: Peso de mazorcas. Efectos significativos para $p < 0,05$				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Ensayo	1143	1	1143	3,566	0,063357
Parcela	13332	2	6666	20,796	0,000000
Ensayo x parcela	3800	2	1900	5,928	0,004290
Error	21157	66	321		

Tabla 14: Análisis de la varianza para el rendimiento en ambos ensayos.

El análisis de varianza de factorial (ver tabla 14) considerando como variables independientes ensayo y parcela y como variable dependiente el peso de la mazorca, no muestra diferencias significativas para el caso de los dos ensayos realizados.

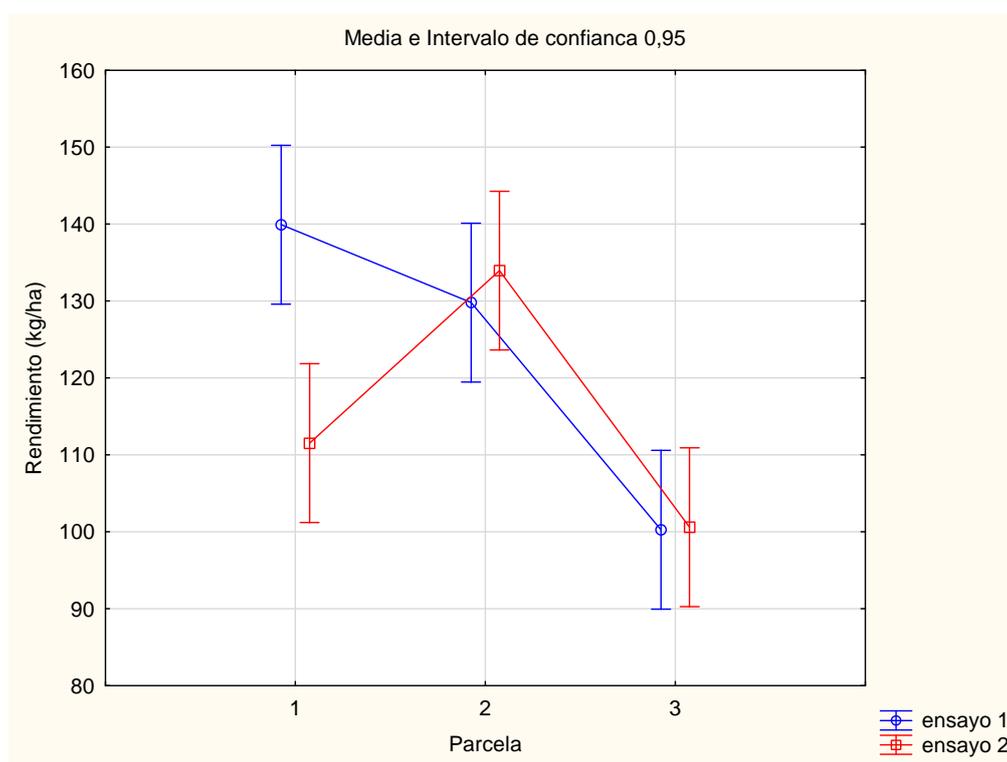


Gráfico 25: Datos del peso e intervalo de confianza en el que se refleja el efecto de la parcela sobre el peso de la mazorca.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Sin embargo, sí aparecen diferencias en el caso de la parcela como se puede observar en el Gráfico 25. Dichas diferencias se produjeron comparando parcelas dentro de un mismo ensayo y también comparando parcelas entre los dos ensayos, lo que refleja el efecto de la parcela sobre el peso final que puede estar ligado a factores de manejo diferenciados o de suelo. No obstante, considerando el global de datos de ambos ensayos no se observaron diferencias significativas como se refleja en el análisis ANOVA realizado.

#### 4.2.4. Comparativa de la nascencia de las plántulas

La nascencia de plántulas fue analizada mediante seguimiento desde la fecha de siembra en parcela con una frecuencia de tres días aproximadamente: 12, 15, 18 y 23 de julio. El conteo del número de plántulas nacidas se realizó considerando como zonas de muestreo 6 líneas de siembra de 3 m de longitud para cada subparcela.

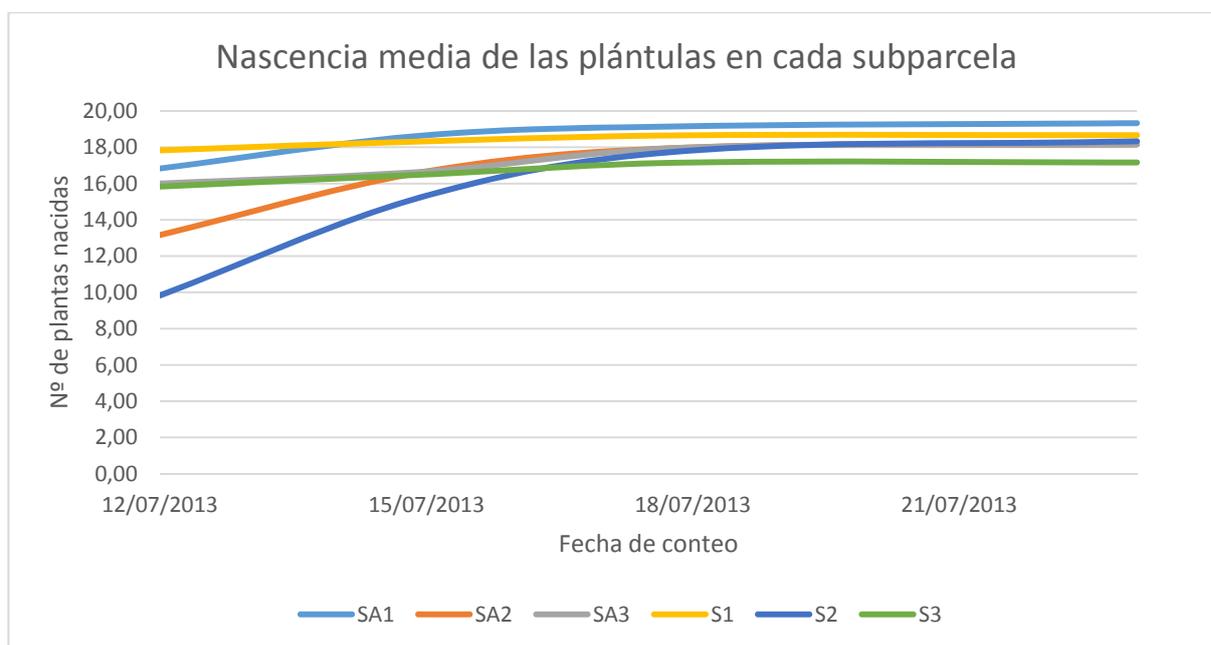


Gráfico 26: Nascencia media de las plántulas del cultivo en cada una de las subparcelas

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

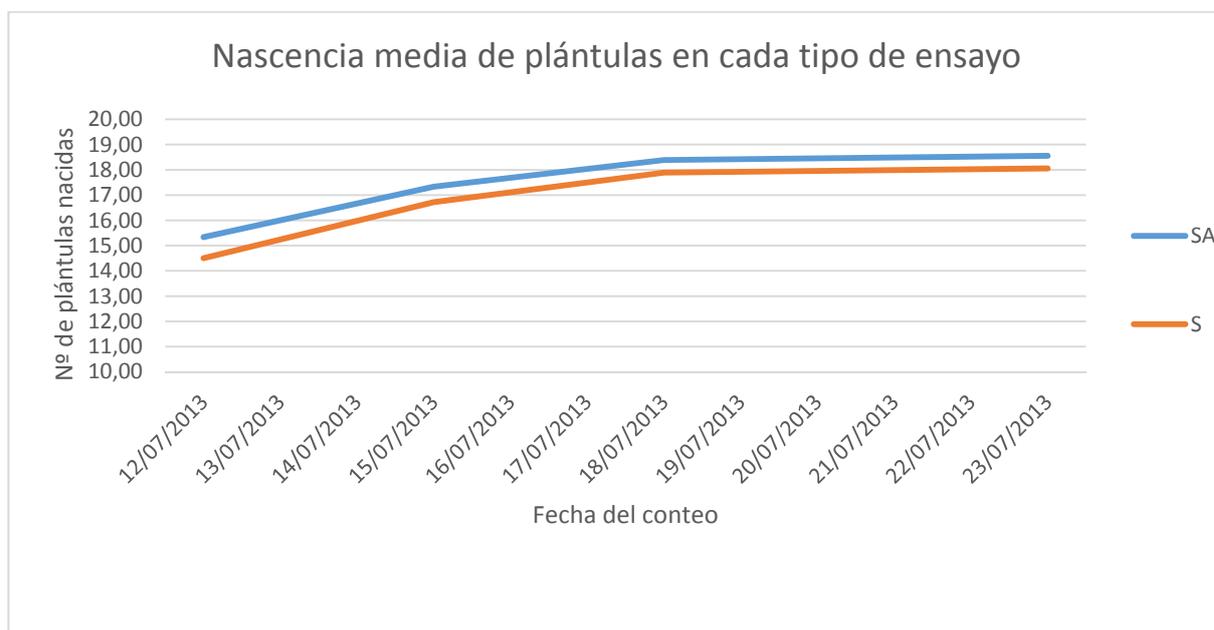


Gráfico 27: Nascencia media de las plántulas del cultivo para las subparcelas SA y S.

En general (ver gráficos 26 y 27) la nascencia ha mostrado una dinámica creciente conforme avanzaba el tiempo, de modo que ha ido mostrando valores significativamente crecientes hasta el 18 de julio cuando comienza la estabilización definitiva.

Analizando el efecto del ensayo sobre la nascencia de plantas mediante un ANOVA de una variable, no se observaron diferencias significativas (ver Tabla 15).

Variable	Análisis de varianza. Nascencia de plantas. Efectos significativos para $p < 0,05$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Ensayo	2,240741	1	2,240741	97,42130	22	4,428241	0,506012	0,484345

Tabla 15: Análisis de la varianza para la nascencia de las plántulas en ambos ensayos.

#### 4.2.5. Temperatura del suelo.

Se controló la temperatura del suelo desde el 5 de julio (día de la siembra) hasta el 31 de julio, mediante la colocación de 3 sondas en las parcelas laboreadas con el Striger (S),

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

enterradas a la profundidad de siembra. Estas sondas de temperatura tomaron datos durante el periodo de nascencia con una frecuencia de 1 dato cada 10 minutos.

Durante el periodo de estudio, la temperatura media del suelo medida por las sondas fue de 24,64°C variando desde la temperatura más baja que fue 8,07 °C hasta la temperatura máxima que alcanzó los 32,24 °C, datos que se recogen en la Tabla 16.

	Parcelas Striger
Tª media ± IC	24,64 ± 0,03 °C
Tª máxima	8,07 °C
Tª mínima	32,24 °C

Tabla 16. Resumen de los datos de la temperatura media, máxima y mínima del suelo en la finca del segundo ensayo.

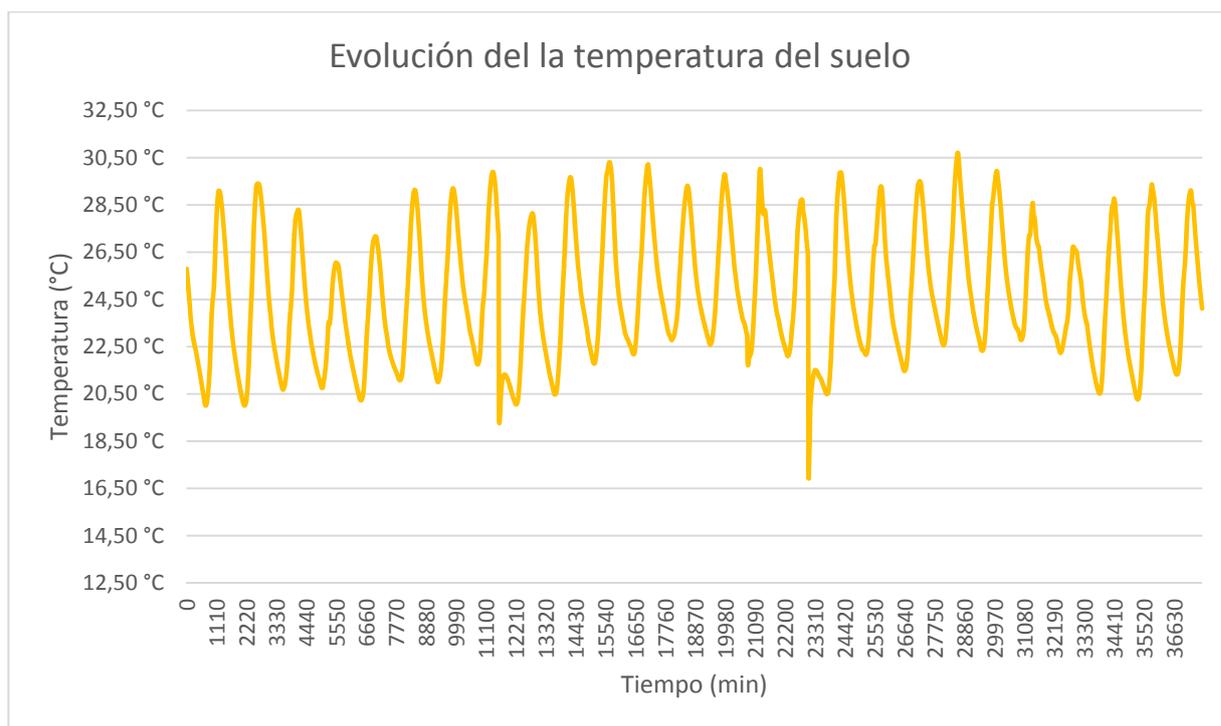


Gráfico 28: Evolución de la temperatura en el suelo en la parcela del segundo ensayo.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

En el gráfico 28 se observa la oscilación de las temperaturas diurnas y nocturnas en forma de picos. Por lo que se entiende que cada día se representa con un pico de temperatura. De esta forma, se puede observar en el gráfico superior que se dan dos picos de temperaturas mínimas más acusados que el resto, y que coincide con las dos granizadas que tuvieron lugar los días 13 y 21 del mes de julio de 2013.

#### 4.2.6. Estudio de la compactación del suelo

Se realizó un análisis de la compactación del suelo, realizando una serie de medidas de la resistencia mecánica hasta 30 cm de profundidad. Para realizar estas mediciones se utilizó el mismo penetrómetro que para el caso del Ensayo de cosecha única: CP40 II CONE PENETROMETER de RIMIK electronics.

En el gráfico 29 se representan los datos medios de la resistencia mecánica del suelo para el caso de la pasada de Striger con abono localizado y para el caso de la pasada del Striger y una posterior pasada de abonado convencional con distribución en la superficie de la parcela.

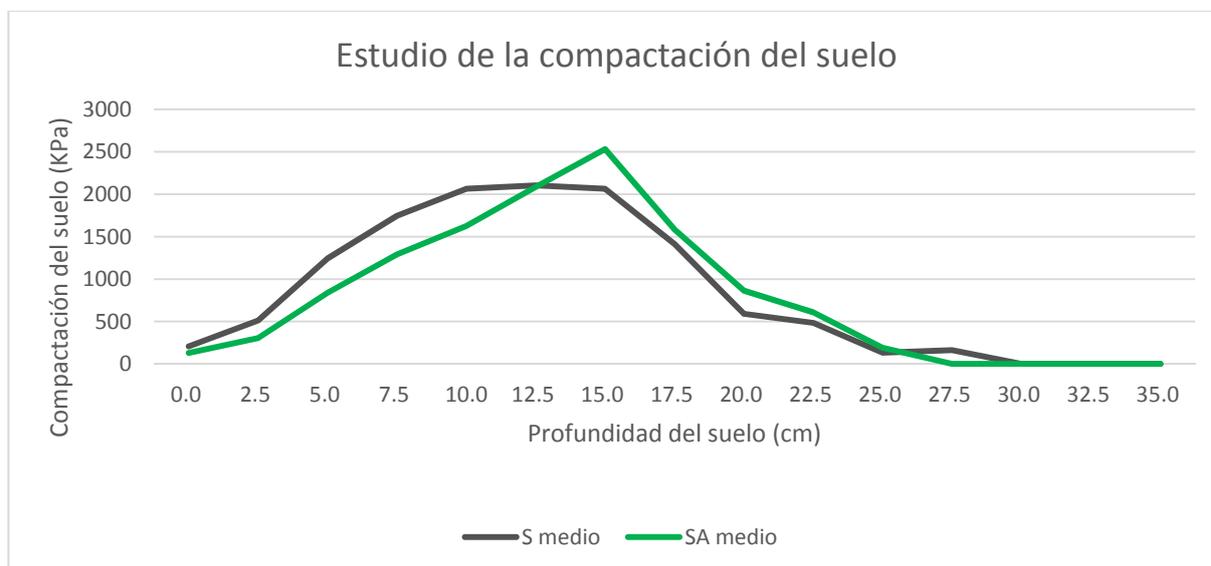


Gráfico 29: Evolución de la compactación del suelo en las parcelas SA y S.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

Se observa que el suelo del Striger con pasada independiente de tractor+abonadora ofrece mayor resistencia mecánica (subparcelas S) que las subparcelas en las que se incorporó el abono en la misma pasada que el laboreo en bandas (parcelas SA), lo cual podría deberse a la pasada adicional que se realizó sobre el terreno para realizar el abonado del campo. También se observa que para el caso de las subparcelas SA, la compactación aumenta hasta los 15 cm, que fue la profundidad de trabajo de la reja del apero de laboreo en bandas.

#### 4.2.7. Análisis de la aparición de plantas adventicias

Durante la nascencia del cultivo de segunda cosecha, no tuvo sentido estudiar la presencia de plantas adventicias ya que la superficie entre las líneas de siembra estuvo completamente cubierta por residuo vegetal del cultivo anterior, la cebada que fue cosechada el día anterior a la siembra del maíz.

El principal daño que producen las plantas adventicias en maíz de segunda cosecha es al principio del ciclo vegetativo del cultivo, cuando las malas hierbas pueden crecer más rápidamente que el cereal, compitiendo por la luz. Como en los primeros estados fenológicos del maíz no se observó desarrollo de malas hierbas entre las calles, se entendió que más tarde las plantas que pudieran aparecer no causarían un daño que tuviera una importancia relevante entre realizar una o dos pasadas de apero Strip-till.

#### 4.2.8. Estudio económico

En el marco económico y sociocultural en el que se desarrolló el ensayo, el itinerario técnico que se realiza tras la cosecha del cultivo precedente es sembrar directamente en el terreno inalterado el nuevo cultivo, es decir, una técnica de no laboreo. Al hacer la preparación del suelo con el apero de laboreo en bandas, se estaría añadiendo una labor.

El cálculo de costes de ambos sistemas de laboreo sería el siguiente:

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

	Siembra Directa	Laboreo en bandas	Laboreo en bandas con abono localizado
Laboreo en bandas	-	13,88	-
Laboreo en bandas con abono localizado	-	-	21,77
Siembra	50,18	50,18	50,18
Abonado	20,73	20,73	-
<b>Coste superficial (€/ha)</b>	<b>70,91</b>	<b>84,79</b>	<b>71,95</b>

Tabla 17. Coste de la maquinaria en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.

En la tabla 17 se ha elaborado con los costes obtenidos de la plataforma del Magrama, las tablas completas se recogen en el Anejo 7. Este coste de maquinaria por unidad de superficie comprende los costes de utilización, los costes de posesión así como el coste de combustible del tractor auxiliar.

A este coste por superficie de la maquinaria, habría que sumarle el coste de la mano de obra para cada uno de los escenarios, en función de las pasadas que hay que realizar en cada caso y de la capacidad de trabajo del apero utilizado (ver tabla 18).

Si suponemos un coste del operario de 10€/h, y atendiendo al dato de Capacidad de trabajo que nos exportan las tablas del Anejo 7, el coste del operario sería:

	Siembra Directa	Laboreo en bandas	Laboreo en bandas con abono localizado
Laboreo en bandas	-	1,6	-
Laboreo en bandas con abono localizado	-	-	1,6
Siembra	5,1	5,1	5,1
Abonado	1,3	1,3	-
<b>Coste superficial (€/ha)</b>	<b>6,4</b>	<b>8,0</b>	<b>6,7</b>

Tabla 18. Coste de la mano de obra en la preparación del suelo como labor previa a la siembra de maíz.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

En total, el coste por unidad de superficie para la Siembra Directa sería 77,31 €/ha, para el caso del laboreo en bandas con abonado convencional en superficie de 92,79 €/ha y el coste para el laboreo en bandas con el kit de abono localizado sería de 78,64 €/ha.

Es decir, el coste del itinerario técnico preparando el suelo con el apero de laboreo en bandas y con distribución de abono convencional costaría un 20% más que la Siembra Directa mientras que para el caso de incorporar el abono de forma localizada a la vez que se realiza el laboreo en bandas tiene un coste un 1,7% más que el No laboreo.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. Conclusiones para el ensayo de cosecha única maíz-maíz.

- El consumo de combustible cuando se realiza la labor de 2 pasadas de apero de laboreo en bandas se obtienen consumos totales de 11,8 l/ha, de los cuales 7,8 l/ha se deben a la primera pasada (20cm) y la segunda pasada (de 10 cm de profundidad) conlleva un consumo de combustible de 4 l/ha. Para el caso de la siembra tras una sola pasada de Striger, el consumo superficial fue de 5 l/ha, para una profundidad de trabajo de 12 l/ha.
- Los valores de consumo de combustible horario (l/h) del apero Striger variaron en función de la profundidad de trabajo y de la velocidad de avance del tractor. El consumo en l/h fue muy variable, desde los 18 l/h para suelo ya labrado y profundidad de trabajo baja, hasta los 42 l/h para suelo sin labrar y profundidad de 20 cm.
- No se apreciaron diferencias significativas en cuanto al rendimiento obtenido con la realización de 1 ó 2 pasadas con el Striger.
- No se apreciaron diferencias significativas respecto al peso medio de las mazorcas correspondientes a 1 pasada de Striger (tratamiento B) y al peso medio de la mazorca obtenida con el laboreo en franjas con dos pasadas de apero (tratamiento A).
- La temperatura media del suelo no fue superior en las parcelas donde se realizaron dos pasadas de Striger que en las parcelas en las que se dio una sola pasada, como se podría pensar. Uno de los motivos podría ser la no coincidencia espacial de las dos pasadas del apero de laboreo en bandas debido a la ausencia de sistema de guiado GPS, tipo RTK.
- No se apreciaron diferencias significativas en el número total de malas hierbas en función de la fecha de muestreo, ni del tipo de laboreo realizado.
- En cuanto al análisis económico, el laboreo convencional muestra un incremento de costes debido a las labores de cultivo anteriores a la siembra, que el sistema de laboreo en bandas realizando tanto dos pasadas como una. El coste de dos pasadas de laboreo en bandas cuesta un 32,3% del coste del laboreo convencional y una pasada de laboreo en bandas cuestan un 26,57%.

## 5.2. Conclusiones para el ensayo de doble cosecha cebada-maíz

- No se observaron diferencias significativas entre el rendimiento obtenido con el tratamiento SA (Striger y abonado localizado), y el rendimiento de las subparcelas de Striger con abono convencional (S).
- Sí aparecen diferencias en el peso de MS producida por cada mazorca si se comparan las parcelas dentro de un mismo ensayo y también comparando parcelas entre los dos ensayos, lo que refleja que sí hubo un efecto de la parcela sobre el peso final de la mazorca pero no un efecto del tipo de tratamiento sobre el peso de la mazorca (abono localizado o convencional). Es decir, las diferencias podían estar ligadas a las características del suelo.
- En el análisis de la temperatura del suelo se aprecian claramente las oscilaciones de la variación de la temperatura diurna/nocturna, así como se reflejan las dos granizadas que afectaron a la parcela de ensayo.
- No hubo presencia de malas hierbas debido al rastrojo de cebada de la cosecha previa.
- En cuanto a la evaluación de los costes de producción en cada uno de los escenarios, el coste por unidad de superficie para la Siembra Directa sería 77,31 €/ha, para el caso del laboreo en bandas con abonado convencional en superficie de 92,79 €/ha y el coste para el laboreo en bandas con el kit de abono localizado sería de 78,64 €/ha, lo que se traduce en que el laboreo en bandas con abono convencional cuesta un 20% más que la siembra directa, y el laboreo en bandas con abono localizado tan solo cuesta un 1,7% más que el No Laboreo.

## 6. ANEJOS

ANEJO 1: En la siguiente tabla climática (Tabla 15)

Parámetros	Mes del año 2013											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Precipitación total (mm)	24,70	11,80	66,10	56,60	21,10	39,40	36,70	13,80	19,70	30,60	61,70	10,30
Temperatura media (°C)	5,60	6,60	9,70	12,20	13,90	19,80	25,10	22,90	19,40	16,10	9,10	2,60
Tª máx. media (°C)	11,73	12,06	15,51	19,25	20,50	27,95	33,70	31,49	27,89	24,00	15,48	7,96
Tª mín. media (°C)	0,67	1,55	4,15	5,21	7,36	12,08	17,01	14,92	11,62	9,43	3,75	-1,53
Humedad media (%)	79,14	68,07	73,87	66,48	65,89	59,85	59,14	63,16	67,98	74,13	70,71	87,38
Humedad mín. media (%)	55,42	43,96	47,63	38,34	36,60	30,96	26,57	31,67	35,06	40,00	43,77	60,17
Humedad máx. media (%)	94,75	88,15	95,94	93,93	91,83	91,53	95,28	94,88	96,15	97,33	90,51	99,73
Vel. Viento Máx media (m/s)	8,81	10,05	7,96	7,49	8,57	6,89	6,71	5,57	5,47	5,32	7,80	4,36
Radiación media (MJ/m <sup>2</sup> )	8,33	12,02	14,32	19,09	24,26	25,49	26,29	23,10	18,59	12,59	8,61	5,03
EtPMon total	38,77	57,80	72,79	103,71	140,23	171,17	193,16	158,17	111,65	71,29	54,79	17,64

Tabla 19: Datos climáticos medios de Sariñena.

Se recogen los datos de: precipitación total, temperaturas medias, máximas y mínimas, humedades relativas medias, máximas y mínimas, velocidad del viento máxima media, la radiación media y de la evapotranspiración potencial. Los datos vienen dados por meses. La tabla ha sido elaborada a través de los datos unitarios obtenidos de la Oficina del Regante.

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

ANEJO 2. Masa (g) de cada una de las mazorcas recogidas durante el muestreo del Ensayo de cosecha única.

Subparcelas de ensayo						
Nº de muestra	A1	B1	A2	B2	A3	B3
1	119,2	208	265,7	143	209	211,4
2	190,5	189,4	221,3	172,4	192,1	228,9
3	211,5	176,8	178,8	184,1	197,6	225,3
4	202,8	188,6	166,1	183,4	175,6	168,8
5	234,4	202,9	215,1	179,9	203,4	186,5
6	166,3	137,7	183,9	172,5	211,7	188,6
7	200	148,9	187,6	261,3	184	253,9
8	174,6	232,3	158,6	253,1	185	207,4
9	167,3	244,6	170,9	148,9	204,8	209,6
10	227,6	239,7	121	236,5	166,5	186,8
11	49,7	213,3	193,4	272,7	170	152,1
12	173,8	227,7	180,1	255,7	142,3	135,7

Tabla 20: Datos del peso de cada una de las mazorcas

ANEJO 3. Datos de nascencia de plántulas de maíz en cada fecha

	FILA	25-abr	27-abr	29-abr	01-may	03-may	05-may	07-may	10-may	13-may
A1 (2S)	1	0	0	4	5	13	15	16	16	16
	2	7	10	13	16	18	18	18	18	18
	3	0	0	1	4	10	13	17	17	17
	4	2	2	7	10	13	18	19	19	19
	5	4	4	4	9	13	18	18	19	20
	6	2	3	3	5	13	19	19	19	19
A2 (2S)	1	0	0	1	2	10	18	18	18	18
	2	1	2	3	4	9	16	19	19	19
	3	0	1	1	3	9	13	16	17	17
	4	11	13	13	16	18	19	19	19	19
	5	7	9	10	14	16	19	19	19	19
	6	12	13	15	17	18	19	19	19	19
A3 (2S)	1	7	8	11	15	17	18	19	19	19
	2	16	17	19	19	19	19	20	20	20
	3	0	0	2	5	6	10	17	18	17
	4	10	12	12	15	17	19	19	19	20
	5	0	2	4	4	8	16	16	19	17
	6	4	5	8	10	12	15	15	15	16
B1 (1 S)	1	6	7	10	14	18	19	19	20	20
	2	17	17	18	18	18	18	19	19	19
	3	1	4	4	7	7	12	16	17	17
	4	10	12	12	12	17	17	17	17	17
	5	5	10	12	13	15	17	18	19	19
	6	4	7	10	11	14	16	18	19	19
B2 (1 S)	1	14	15	17	17	17	17	19	18	19
	2	13	15	17	17	17	17	17	17	17
	3	2	5	5	7	13	14	16	18	18
	4	6	8	9	11	14	17	17	18	18
	5	0	1	2	3	10	16	19	18	19
	6	0	1	3	5	7	11	11	18	18
B3 (1 S)	1	15	18	19	20	20	20	20	20	20
	2	10	14	17	18	18	18	18	19	19
	3	0	1	2	4	4	5	12	14	13
	4	8	12	15	19	19	19	19	19	19
	5	6	9	11	12	16	18	18	18	18
	6	6	9	10	10	14	16	18	18	18

Tabla 21: Datos de la nascencia de plántulas de maíz para cada fecha

ANEJO 4: Medición de la flora arvense en las parcelas el día 17/04/2013.

Tipo de ensayo	Sub-parcela	Zona conteo	Nº de especies	Abutilon ssp.	Anacyclus C.	Chenopodium	Conyza	Diploaxis	Fumaria	Gallium	Hordeum v.	Ricio (Zea mais)	Sonchus	Polygonum a.
A	1	a	3			17	2							
		b	3			1	10			1				
		c	5	1		4	59			2			1	
	2	a	5			6	40		1				1	
		b	3			23	14		1					
		c	4			13	19		2					
	3	a	7			10	2		1	1		1		1
		b	5			6	15		1				1	
		c	5		2	6	23		2	1				
B	1	a	4			2	1		8					
		b	2			1	16							
		c	3			1	35							
	2	a	4			4	9		3					
		b	2			1	19							
		c	5			2	14		4		3	4		
	3	a	4	1		2	2							1
		b	3			1	23							1
		c	4			3	53	1	1					

Tabla 22: Datos de los individuos y especies de flora arvense el 17/04/2013

ANEJO 5: Tabla 19. Medición de la flora arvense en el día 13/05/2013

Tipo ensayo	Sub-parcela	Zona conteo	nº de especies	Abutilon ssp.	Chenopodium	Conyza	Gallium	Sorghum	Xanthium	
A	1	a	línea	1	4					
			centro	2	6				2	
		b	línea	1	1					
			centro	0						
		c	línea	1	58					
			centro	3	26			2	1	
	2	a	línea	1	2					
			centro	1	2					
		b	línea	0						
			centro	2	6	3				
		c	línea	1	1					
			centro	3	4	4	1			
	3	a	línea	2	1				3	
			centro	1	10					
		b	línea	0						
			centro	2		2			1	
		c	línea	1	4					
			centro	0						
B	1	a	línea	1	24					
			centro	2	21	1				
		b	línea	0						
			centro	0						
		c	línea	1		1				
			centro	0						
	2	a	línea	1	3					
			centro	1	4					
		b	línea	0						
			centro	0						
		c	línea	1						1
			centro	1						3
	3	a	línea	1	22					
			centro	2	115				7	
		b	línea	1	11					
			centro	1	6					
		c	línea	1	15					
			centro	2	5				2	

Tabla 23: Datos de los individuos y especies de flora arvense el 13/05/2013

4.1.1. ANEJO 6: Peso de las 12 mazorcas recogidas de cada una de las subparcelas en el ensayo de doble cosecha.

	<b>SA1</b>	<b>SA2</b>	<b>SA3</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>1</b>	177,1	105,6	101,5	127,5	174,6	129,3
<b>2</b>	149,7	144	97	126,3	163,7	110,8
<b>3</b>	160,3	110	127,2	110,8	150,8	100,9
<b>4</b>	143,1	140	83,1	111,4	140,7	112,2
<b>5</b>	116,7	116,1	116	124,3	144,2	99,8
<b>6</b>	163,9	123	81,6	129	134,1	94,5
<b>7</b>	153,5	147,1	104,3	93,5	129,4	88,7
<b>8</b>	149	136,7	106	104,4	132,7	105
<b>9</b>	127,9	127,4	101,5	87,8	136,2	92
<b>10</b>	112,5	132,8	91,2	115,8	121,9	90,2
<b>11</b>	116,5	125,7	108,9	103,5	99,2	103,1
<b>12</b>	109	149,3	84,9	104,1	80	80,8

Tabla 24: Tabla con el peso neto y seco del grano de cada una de las mazorcas recogidas por subparcela, en las abonadas de forma localizada (SA) y en las abonadas de forma superficial (S).

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

## ANEJO 7: Análisis de la textura del suelo de la parcela del primer ensayo.

 <b>GOBIERNO DE ARAGON</b> Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente <b>LABORATORIO AGROAMBIENTAL</b> Av. Montañana, 1005 Teléf. 976 716 480 Fax. 976 716 487 50071 ZARAGOZA	<b>Fecha de entrada</b> 28/03/2012 <b>Su referencia</b> CAMPO 1-1 <b>Número de registro</b> 20120000800 <b>Análisis</b> Control Interno <b>Copia boletín nº</b> 0
---	---

**BOLETIN DE ANALISIS**

**Muestra de (según declaración del cliente)** Suelo.  
Suelo

**Remitida por** DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF o CIF S-5011001-D  
Avda. Montañana 1005. 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)

**Contenido en** ENVASE DE PLÁSTICO

**Observaciones** A/A Jesus Betrán

**Fecha de inicio de los análisis:** 12/04/2012 **Fecha de finalización de los análisis:** 24/04/2012

<b><u>DETERMINACIONES REALIZADAS</u></b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)-----	SEDTCN. DIS.	% p/p	46,32
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)-----	SEDTCN. DIS.	% p/p	8,80
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)-----	SEDTCN. DIS.	% p/p	17,41
Arcilla (< 0,002 mm.)-----	SEDTCN. DIS.	% p/p	27,47

**OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS**

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Departamento de Agricultura,  
Ganadería y Medio Ambiente  
**LABORATORIO AGROAMBIENTAL**  
Av. Montañana, 1005  
Tel. 976 716 483  
Fax. 976 716 487  
50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 28/03/2012  
Su referencia CAMPO 1-2  
Número de registro 2012000801  
Análisis Control interno  
Copia boletín nº 0

### BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.  
Suelo  
Remitida por DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF e CIF S-5011001-D  
Avda. Montañana 1005. 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)  
Contenido en ENVASE DE PLÁSTICO.  
Observaciones A/A Jesus Betrán

Fecha de inicio de los análisis: 12/04/2012

Fecha de finalización de los análisis: 24/04/2012

#### DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	45,55
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	8,02
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	15,25
Arcilla (< 0,002 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	31,18

#### OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Departamento de Agricultura,  
Gestión y Medio Ambiente

LABORATORIO AGROAMBIENTAL  
Av. Montañana, 1005  
Edif. 916 100-480  
Fax. 976 116 487  
50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 28/03/2012  
Su referencia CAMPO 2-1  
Número de registro 20120000802  
Análisis Control interno  
Copia boletín nº 0

### BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.  
Oruelo

Remitida por DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF o CIF S-5011001-D  
Avda. Montañana 1005. 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones A/A Jesus Beltrán

Fecha de inicio de los análisis: 12/04/2012

Fecha de finalización de los análisis: 24/04/2012

#### DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	38,36
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	14,27
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	26,59
Arcilla (< 0,002 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	22,78

#### OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Departamento de Agricultura,  
Ganadería y Medio Ambiente  
LABORATORIO AGROAMBIENTAL  
Av. Montaña, 1005  
Tel. 976 716 480  
Fax. 976 716 487  
50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 28/03/2012  
Su referencia CAMPO 2-2  
Número de registro 20120000603  
ANÁLISIS Control interno  
Copia boletín nº 0

### BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.  
Suelo  
Remitida por DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF o CIF S-5011001-D  
Avda. Montaña 1005, 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)  
Contenido en ENVASE DE PLÁSTICO  
Observaciones A/A Jesus Betrán

Fecha de inicio de los análisis: 12/04/2012

Fecha de finalización de los análisis: 24/04/2012

#### DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	35,79
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	14,26
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	26,94
Arcilla (< 0,002 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	23,01

#### OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



Departamento de Agricultura,  
Ganadería y Medio Ambiente  
LABORATORIO AGROAMBIENTAL  
Av. Montañana, 1006  
Telef. 976 716 480  
Fax. 976 716 487  
50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 28/03/2012  
Su referencia CAMPO 3-1  
Número de registro 20120000804  
Análisis Control interno  
Copia boletín nº 0

### BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.  
Suelo  
Remitida por DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF o CIF S-5011001-D  
Avda. Montañana 1006. 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)  
Contenido en ENVASE DE PLÁSTICO  
Observaciones A/A Jesus Betrán

Fecha de inicio de los análisis: 16/04/2012

Fecha de finalización de los análisis: 24/04/2012

#### DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	16,07
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	11,31
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	39,19
Arcilla (< 0,002 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	33,43

#### OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS



“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.



**GOBIERNO DE ARAGON**  
 Departamento de Agricultura,  
 Ganadería y Medio Ambiente  
**LABORATORIO AGROAMBIENTAL**  
 Av. Montañana, 1005  
 Telef. 976 716 480  
 Fax. 976 716 487  
 50071 ZARAGOZA

Fecha de entrada 28/03/2012  
 Su referencia CAMPO 3-2  
 Número de registro 20120000805  
 Análisis Control interno  
 Copia boletín nº 0

### BOLETIN DE ANALISIS

Muestra de (según declaración del cliente) Suelo.  
 Suelo

Remitida por DGA - LABORATORIO AGROAMBIENTAL NIF o CIF S-5011001-D  
 Avda. Montañana 1005. 50071 ZARAGOZA (ZARAGOZA)

Contenida en ENVASE DE PLÁSTICO

Observaciones A/A Jesus Betrán

Fecha de inicio de los análisis: 16/04/2012

Fecha de finalización de los análisis: 24/04/2012

#### DETERMINACIONES REALIZADAS

	Método	Unidad	Resultado
TEXTURA (CRITERIO U.S.D.A.) (Resultados sobre masa seca al aire)			
Arena total (0,05 - 2 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	11,29
Limo grueso (0,02 - 0,05 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	10,37
Limo fino (0,002 - 0,02 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	46,42
Arcilla (< 0,002 mm.)	SEDTCN. DIS.	% p/p	31,92

#### OBSERVACIONES SOBRE RESULTADOS



## ANEJO 8: Cálculo de costes de maquinaria

OPERACIÓN:		Pasada Strip-Till	
APEROS:		Apero de laboreo en bandas	
Profundidad de trabajo	20	cm	
Anchura apero	6	m	
Peso apero	2.820	kg	470 kg/m
Resistencia suelo	60	kPa	
Coef. Reducc. Suelo suelto	0,3		
Fuerza	2.160	daN	
Velocidad de trabajo	12	km/h	
Potencia de tracción	72	kW	
Pot a la barra i/rod+desliz	98	CV	
Capacidad trabajo teórica	131	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,14	h/ha	
Eficiencia	0,85		
Capacidad trabajo real	0,16	h/ha	
	6,12	ha/h	
Nivel de carga del tractor	50	%	
Potencia tractor necesaria	261	CV	
Tipo de tractor escogido	Muy Grande		
Potencia tractor escogido	200	CV	
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>			
Consumo de combustible	22,06	L/h	
	3,60	L/ha	
Consumo de aceite	0,022	L/h	
	0,004	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
Coste combustible	22,1	€/h	
	3,6	€/ha	
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>			
Horas trabajo anuales	200	h/año	
Precio adquisición	31.710	€	5.285 €/m
amort. - desgaste	3.000	h	10,57 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	7,93 €/h
interés	5	%	4,76 €/h
seguros	0,2	% PA	0,32 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,16 €/h
mantenim-reparaciones	0,90	€/ha	5,51 €/h
Coste total			29,24 €/h
			4,78 €/ha
<b>Tractor auxiliar</b>			
			+combustible
Utilización anual	€/h s/comb	€/h	€/ha
Baja (500 h/año)	24,95		
Alta (1.000 h/año)	18,11	40,17	6,56
<b>TRACTOR + APERO</b>			
Utilización anual	ha/año	€/ha	
Alta	1.224	11,34	
Tipo suelo		Resist.específica (kPa)	
<input type="checkbox"/>	Ligero	<input type="checkbox"/>	40
<input checked="" type="checkbox"/>	Medio	<input checked="" type="checkbox"/>	60
<input type="checkbox"/>	Pesado	<input type="checkbox"/>	80
Profundidad de trabajo (cm)			
<input type="checkbox"/>	Baja	<input type="checkbox"/>	10
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>	15
Anchura apero (m)			
<input type="checkbox"/>	Baja	<input type="checkbox"/>	3
<input checked="" type="checkbox"/>	Media	<input checked="" type="checkbox"/>	4,5
<input type="checkbox"/>	Alta	<input type="checkbox"/>	7
Eficiencia de trabajo			
<input type="checkbox"/>	Baja	<input type="checkbox"/>	0,65
<input type="checkbox"/>	Media	<input type="checkbox"/>	0,75
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>	0,85
Nivel de carga de trabajo (%)			
<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>	25
<input checked="" type="checkbox"/>	Medio	<input checked="" type="checkbox"/>	50
<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	75
Nivel potencia tractor (CV)			
<input type="checkbox"/>	Pequeño	<input type="checkbox"/>	90
<input type="checkbox"/>	Mediano	<input type="checkbox"/>	120
<input type="checkbox"/>	Grande	<input type="checkbox"/>	150
<input checked="" type="checkbox"/>	Muy grande	<input checked="" type="checkbox"/>	180
Consumo combustible			
Carga	Factor (L/h-kW)		
Baja	0,100		
Media	0,150		
Alta	0,207		
Utilización apero (h/año)			
<input type="checkbox"/>	Baja	<input type="checkbox"/>	100
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	<input checked="" type="checkbox"/>	200
Vida útil para 200 h/año			
h	1.714		
años	8,57		
Precio adquisición tractor			
560 €/kW de potencia			

Coste de una pasada profunda (20 cm) con apero de laboreo en bandas

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACION:		Pasada Strip-Till	
APERO:		Apero de laboreo en bandas	
Profundidad de trabajo	10	cm	
Anchura apero	6	m	
Peso apero	2.820	kg	470 kg/m
Resistencia suelo	60	kPa	
Coef. Reducc. Suelo suelto	0,3		
Fuerza	1.080	daN	
Velocidad de trabajo	12	km/h	
Potencia de tracción	36	kW	
	49	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	65	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,14	h/ha	
Eficiencia	0,85		
Capacidad trabajo real	0,16	h/ha	
	6,12	ha/h	
Nivel de carga del tractor	50	%	
Potencia tractor necesaria	131	CV	
Tipo de tractor escogido	Muy Grande		
Potencia tractor escogido	180	CV	
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>			
Consumo de combustible	19,85	L/h	
	3,24	L/ha	
Consumo de aceite	0,020	L/h	
	0,003	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
Coste combustible	19,9	€/h	
	3,2	€/ha	
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>			
Horas trabajo anuales	200	h/año	
Precio adquisición	31.710	€	5.285 €/m
amort. - desgaste	3.000	h	10,57 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	7,93 €/h
interés	5	%	4,76 €/h
seguros	0,2	% PA	0,32 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,16 €/h
mantenim-reparaciones	0,90	€/ha	5,51 €/h
Coste total			29,24 €/h
			4,78 €/ha
<b>Tractor auxiliar</b>			
		+combustible	
Utilización anual	€/h s/comb	€/h	€/ha
<input type="radio"/> Baja (500 h/año)	22,45		
<input checked="" type="radio"/> Alta (1.000 h/año)	16,30	36,15	5,91
			5,907
<b>TRACTOR + APERO</b>			<b>Coste total</b>
Utilización anual	ha/año		€/ha
<input checked="" type="radio"/> Alta	1.224		10,68
Tipo suelo		Resist.especifica (kPa)	
<input type="radio"/> Ligero			40
<input checked="" type="radio"/> Medio			60
<input type="radio"/> Pesado			80
Profundidad de trabajo (cm)			
<input type="radio"/> Baja			10
<input checked="" type="radio"/> Alta			15
Anchura apero (m)			
<input type="radio"/> Baja			3
<input checked="" type="radio"/> Media			4,5
<input type="radio"/> Alta			7
Eficiencia de trabajo			
<input type="radio"/> Baja			0,65
<input type="radio"/> Media			0,75
<input checked="" type="radio"/> Alta			0,85
Nivel de carga de trabajo (%)			
<input type="radio"/> Bajo			25
<input type="radio"/> Medio			50
<input checked="" type="radio"/> Alto			75
Nivel potencia tractor (CV)			
<input type="radio"/> Pequeño			90
<input type="radio"/> Mediano			120
<input type="radio"/> Grande			150
<input checked="" type="radio"/> Muy grande			180
Consumo combustible		Factor (L/h-kW)	
Baja			0,100
Media			0,150
Alta			0,207
Utilización apero (h/año)			
<input type="radio"/> Baja			100
<input checked="" type="radio"/> Alta			200
Vida útil para 200 h/año			
h			1.714
años			8,57
Precio adquisición tractor			
			560 €/kW de potencia

Coste de una pasada somera (10 cm) con apero de laboreo en bandas

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACION:		Pasada Strip-Till con abonado localizado	
APERO:		Apero de laboreo en bandas	
Profundidad de trabajo	15	cm	
Anchura apero	6	m	
Peso apero	4.818	kg	803 kg/m
Resistencia suelo	60	kPa	
Coef. Reducc. Suelo suelto	0,3		
Fuerza	1.620	daN	
Velocidad de trabajo	12	km/h	
Potencia de tracción	54	kW	
	73	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	98	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,14	h/ha	
Eficiencia	0,85		
Capacidad trabajo real	0,16	h/ha	
	6,12	ha/h	
Nivel de carga del tractor	50	%	
Potencia tractor necesaria	196	CV	
Tipo de tractor escogido	Muy Grande		
Potencia tractor escogido	200	CV	
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>			
Consumo de combustible	22,06	L/h	
	3,60	L/ha	
Consumo de aceite	0,022	L/h	
	0,004	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
Coste combustible	22,1	€/h	
	3,6	€/ha	
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>			
Horas trabajo anuales	100	h/año	
Precio adquisición	50.448	€	8.408 €/m
amort. - desgaste	3.000	h	16,82 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	25,22 €/h
interés	5	%	15,13 €/h
seguros	0,2	% PA	1,01 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,50 €/h
mantenim-reparaciones	0,90	€/ha	5,51 €/h
Coste total			64,20 €/h
			10,49 €/ha
Tractor auxiliar		+combustible	
Utilización anual	€/h s/comb	€/h	€/ha
<input checked="" type="checkbox"/> Baja (500 h/año)	24,95	47,00	7,68
<input type="checkbox"/> Alta (1.000 h/año)	18,11		
<b>TRACTOR + APERO</b>		<b>Coste total</b>	
Utilización anual	ha/año	€/ha	
Baja	612	18,17	
Tipo suelo		Resist.específica (kPa)	
<input type="checkbox"/> Ligero			40
<input checked="" type="checkbox"/> Medio			60
<input type="checkbox"/> Pesado			80
Profundidad de trabajo (cm)			
<input type="checkbox"/> Baja			10
<input checked="" type="checkbox"/> Alta			15
Anchura apero (m)			
<input type="checkbox"/> Baja			3
<input checked="" type="checkbox"/> Media			4,5
<input type="checkbox"/> Alta			7
Eficiencia de trabajo			
<input type="checkbox"/> Baja			0,65
<input type="checkbox"/> Media			0,75
<input checked="" type="checkbox"/> Alta			0,85
Nivel de carga de trabajo (%)			
<input type="checkbox"/> Bajo			25
<input checked="" type="checkbox"/> Medio			50
<input type="checkbox"/> Alto			75
Nivel potencia tractor (CV)			
<input type="checkbox"/> Pequeño			90
<input type="checkbox"/> Mediano			120
<input type="checkbox"/> Grande			150
<input checked="" type="checkbox"/> Muy grande			180
Consumo combustible			
Carga			Factor (L/h-kW)
Baja			0,100
Media			0,150
Alta			0,207
Utilización apero (h/año)			
<input type="checkbox"/> Baja			100
<input checked="" type="checkbox"/> Alta			200
Vida útil para 100 h/año			
h			1.200
años			12,00
Precio adquisición tractor			
		560 €/kW de potencia	

Coste de una pasada intermedia (15 cm) con apero de laboreo en bandas y kit de fertilización

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACION: Arada		APERO: Chisel			
Profundidad de trabajo	18	cm		Tipo suelo	Resist.especifica (kPa)
Anchura apero	3	m		<input type="checkbox"/> Ligero	40
Peso apero	1.950	kg	650 kg/m	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	60
				<input type="checkbox"/> Pesado	80
Resistencia suelo	60	kPa		Profundidad de trabajo (cm)	
Coef. Menor grado pulveriz.	0,5			<input type="checkbox"/> Baja	18
Fuerza	1.620	daN		<input checked="" type="checkbox"/> Alta	22
Velocidad de trabajo	6	km/h		Anchura apero	
Potencia de tracción	27	kW		<input type="checkbox"/> Baja	3
Pot a la barra i/rod+desliz	37	CV		<input type="checkbox"/> Media	4
	49	CV		<input checked="" type="checkbox"/> Alta	5
Capacidad trabajo teórica	0,56	h/ha		Eficiencia de trabajo	
Eficiencia	0,85			<input type="checkbox"/> Baja	0,65
Capacidad trabajo real	0,65	h/ha		<input type="checkbox"/> Media	0,75
	1,53	ha/h		<input checked="" type="checkbox"/> Alta	0,85
Nivel de carga del tractor	75	%		Nivel de carga de trabajo (%)	
Potencia tractor necesaria	65	CV		<input type="checkbox"/> Bajo	25
Tipo de tractor escogido	Mediano			<input type="checkbox"/> Medio	50
Potencia tractor escogido	150	CV		<input checked="" type="checkbox"/> Alto	75
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>					
Consumo de combustible	22,83	L/h		Nivel potencia tractor (CV)	
	14,92	L/ha		<input type="checkbox"/> Pequeño	90
Consumo de aceite	0,023	L/h		<input type="checkbox"/> Mediano	120
	0,015	L/ha		<input type="checkbox"/> Grande	150
Coste gasóleo	1,00	€/L		<input checked="" type="checkbox"/> Muy grande	180
Coste combustible	22,8	€/h		Consumo combustible	
	14,9	€/ha		Carga	Factor (L/h-kW)
				Baja	0,100
				Media	0,150
				Alta	0,207
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>					
Horas trabajo anuales	200	h/año		Utilización apero (h/año)	
Precio adquisición	18.756	€	6.252 €/m	<input type="checkbox"/> Baja	100
amort. - desgaste	3.000	h	6,25 €/h	<input checked="" type="checkbox"/> Alta	200
amort. - obsolescencia	20	años	4,69 €/h	Vida útil para 200 h/año	
interés	5	%	2,81 €/h	h	1.714
seguros	0,2	% PA	0,19 €/h	años	8,57
resguardo	0,1	% PA	0,09 €/h	Precio adquisición tractor	
mantenim-reparaciones	1,10	€/ha	1,68 €/h	560 €/kW de potencia	
Coste total			15,72 €/h		
			10,27 €/ha		
Tractor auxiliar			+combustible		
Utilización anual	€/año	€/h	€/ha		
<input type="checkbox"/> Baja (500 h/año)	18,71				
<input checked="" type="checkbox"/> Alta (1.000 h/año)	13,58	36,41	23,80		
<b>TRACTOR + APERO</b>			Coste total		
Utilización anual	ha/año	€/ha			
Alta	306,00	34,07			

Coste de una pasada profunda (18 cm) con un rastrojador o chisel

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACIÓN:		Arada		Chisel	
APERO:		Arada		Chisel	
Profundidad de trabajo	12	cm			
Anchura apero	3	m			
Peso apero	1.950	kg	650	kg/m	
Resistencia suelo	60	kPa			
Coef. Menor grado pulveriz.	0,5				
Fuerza	1.080	daN			
Velocidad de trabajo	6	km/h			
Potencia de tracción	18	kW			
	24	CV			
Pot a la barra i/rod+desliz	33	CV			
Capacidad trabajo teórica	0,56	h/ha			
Eficiencia	0,85				
Capacidad trabajo real	0,65	h/ha			
	1,53	ha/h			
Nivel de carga del tractor	75	%			
Potencia tractor necesaria	44	CV			
Tipo de tractor escogido	Mediano				
Potencia tractor escogido	120	CV			
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>					
Consumo de combustible	18,26	L/h			
	11,94	L/ha			
Consumo de aceite	0,018	L/h			
	0,012	L/ha			
Coste gasóleo	1,00	€/L			
Coste combustible	18,3	€/h			
	11,9	€/ha			
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>					
Horas trabajo anuales	200	h/año			
Precio adquisición	18.756	€	6.252	€/m	
amort. - desgaste	3.000	h	6,25	€/h	
amort. - obsolescencia	20	años	4,69	€/h	
interés	5	%	2,81	€/h	
seguros	0,2	% PA	0,19	€/h	
resguardo	0,1	% PA	0,09	€/h	
mantenim-reparaciones	1,10	€/ha	1,68	€/h	
Coste total			15,72	€/h	
			10,27	€/ha	
<b>Tractor auxiliar</b>					
		€m	+combustible	€/h	€/ha
Utilización anual					
<input type="checkbox"/>	Baja (500 h/año)	14,97			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta (1.000 h/año)	10,87	29,13	19,04	
<b>TRACTOR + APERO</b>					
Utilización anual		ha/año	Coste total €/ha		
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	306,00	29,31		
Tipo suelo		Resist.específica (kPa)			
<input type="checkbox"/>	Ligero	40			
<input checked="" type="checkbox"/>	Medio	60			
<input type="checkbox"/>	Pesado	80			
Profundidad de trabajo (cm)					
<input type="checkbox"/>	Baja	18			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	22			
Anchura apero					
<input type="checkbox"/>	Baja	3			
<input type="checkbox"/>	Media	4			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	5			
Eficiencia de trabajo					
<input type="checkbox"/>	Baja	0,65			
<input type="checkbox"/>	Media	0,75			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	0,85			
Nivel de carga de trabajo (%)					
<input type="checkbox"/>	Bajo	25			
<input type="checkbox"/>	Medio	50			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alto	75			
Nivel potencia tractor (CV)					
<input type="checkbox"/>	Pequeño	90			
<input checked="" type="checkbox"/>	Mediano	120			
<input type="checkbox"/>	Grande	150			
<input type="checkbox"/>	Muy grande	180			
Consumo combustible					
Carga		Factor (L/h-kW)			
Baja		0,100			
Media		0,150			
Alta		0,207			
Utilización apero (h/año)					
<input type="checkbox"/>	Baja	100			
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta	200			
Vida útil para 200 h/año					
h		1.714			
años		8,57			
Precio adquisición tractor					
560		€/kW de potencia			

Coste de una pasada somera (12 cm) con un rastrojador o chisel

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACIÓN:		Pase de rotocultor	
APERO:		Rotocultor	
Profundidad de trabajo	30	cm	
Anchura apero	3,0	m	
Peso apero	2.750	kg	
Resistencia suelo	60	kPa	
Velocidad de trabajo	3,5	km/h	
Potencia a la tdf	17,5	kW/m	
Potencia necesaria	53	kW	
Pot a la barra i/rod+desliz	71	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	95	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,95	h/ha	
Eficiencia	0,85		
<b>Capacidad trabajo real</b>	<b>1,12</b>	<b>h/ha</b>	
	<b>0,89</b>	<b>ha/h</b>	
Nivel de carga del tractor	75	%	
Potencia tractor necesaria	127	CV	
Tipo de tractor escogido	Mediano		
Potencia tractor escogido	120	CV	

Tipo suelo		Resist.especifica (kPa)
<input type="radio"/>	Ligero	40
<input checked="" type="radio"/>	Medio	60
<input type="radio"/>	Pesado	80

Profundidad de trabajo (cm)	
<input type="radio"/>	Baja 20
<input checked="" type="radio"/>	Alta 30

Anchura apero (m)	
<input checked="" type="radio"/>	Baja 2,5
<input type="radio"/>	Alta 3,5

Eficiencia de trabajo	
<input type="radio"/>	Baja 0,65
<input type="radio"/>	Media 0,75
<input checked="" type="radio"/>	Alta 0,85

Nivel de carga de trabajo (%)	
<input type="radio"/>	Bajo 25
<input type="radio"/>	Medio 50
<input checked="" type="radio"/>	Alto 75

Nivel potencia tractor (CV)	
<input type="radio"/>	Pequeño 90
<input checked="" type="radio"/>	Mediano 120
<input type="radio"/>	Grande 150
<input type="radio"/>	Muy grande 180

Consumo combustible	
Carga	Factor (L/h-kW)
Baja	0,100
Media	0,150
Alta	0,207

Utilización apero (h/año)	
<input checked="" type="radio"/>	Baja 100
<input type="radio"/>	Alta 200

Vida útil para 100 h/año	
h	857
años	8,57

Precio adquisición tractor	
	560 €/kW de potencia

COSTES DE UTILIZACIÓN	
Consumo de combustible	18,26 L/h
	20,46 L/ha
Consumo de aceite	0,018 L/h
	0,020 L/ha
Coste gasóleo	1,00 €/L
<b>Coste combustible</b>	<b>18,3 €/h</b>
	<b>20,5 €/ha</b>

COSTES DE POSESIÓN	
Horas trabajo anuales	100 h/año
Precio adquisición	21.900 € 7.300 €/m
amort. - desgaste	1.500 h 14,60 €/h
amort. - obsolescencia	20 años 10,95 €/h
interés	5 % 6,57 €/h
seguros	0,2 % PA 0,44 €/h
resguardo	0,1 % PA 0,22 €/h
mantenim-reparaciones	4,00 €/ha 3,57 €/h
<b>Coste total</b>	<b>36,35 €/h</b>
	<b>40,72 €/ha</b>

Tractor auxiliar		+combustible	
	Utilización anual	€/h s/comb	€/h €/ha
<input checked="" type="radio"/>	Baja (500 h/año)	14,97	35,43 39,70
<input type="radio"/>	Alta (1.000 h/año)	10,87	

TRACTOR + APERO		Coste total
	Utilización anual	ha/año €/ha
	Baja	89,25 80,42

Pasada de rotocultor profunda (30 cm)

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACION:		Pase de rotocultor	
APERO:		Rotocultor	
Profundidad de trabajo	20	cm	
Anchura apero	3,0	m	
Peso apero	2.750	kg	
Resistencia suelo	60	kPa	
Velocidad de trabajo	3,5	km/h	
Potencia a la tdf	11,7	kW/m	
Potencia necesaria	35	kW	
	48	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	63	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,95	h/ha	
Eficiencia	0,85		
<b>Capacidad trabajo real</b>	<b>1,12</b>	<b>h/ha</b>	
	<b>0,89</b>	<b>ha/h</b>	
Nivel de carga del tractor	75	%	
Potencia tractor necesaria	85	CV	
Tipo de tractor escogido	Mediano		
Potencia tractor escogido	120	CV	
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>			
Consumo de combustible	18,26	L/h	
	20,46	L/ha	
Consumo de aceite	0,018	L/h	
	0,020	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
<b>Coste combustible</b>	<b>18,3</b>	<b>€/h</b>	
	<b>20,5</b>	<b>€/ha</b>	
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>			
Horas trabajo anuales	100	h/año	
Precio adquisición	21.900	€	7.300 €/m
amort. - desgaste	1.500	h	14,60 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	10,95 €/h
interés	5	%	6,57 €/h
seguros	0,2	% PA	0,44 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,22 €/h
mantenim-reparaciones	4,00	€/ha	3,57 €/h
<b>Coste total</b>			<b>36,35 €/h</b>
			<b>40,72 €/ha</b>
<b>Tractor auxiliar</b>		<b>+combustible</b>	
	Utilización anual	€/h s/comb	€/h €/ha
<input checked="" type="radio"/>	Baja (500 h/año)	14,97	35,43 39,70
<input type="radio"/>	Alta (1.000 h/año)	10,87	
<b>TRACTOR + APERO</b>		<b>Coste total</b>	
	Utilización anual	ha/año	€/ha
<input checked="" type="radio"/>	Baja	89,25	80,42
Tipo suelo		Resist.especifica (kPa)	
<input type="radio"/>	Ligero	40	
<input checked="" type="radio"/>	Medio	60	
<input type="radio"/>	Pesado	80	
Profundidad de trabajo (cm)			
<input type="radio"/>	Baja	20	
<input checked="" type="radio"/>	Alta	30	
Anchura apero (m)			
<input checked="" type="radio"/>	Baja	2,5	
<input type="radio"/>	Alta	3,5	
Eficiencia de trabajo			
<input type="radio"/>	Baja	0,65	
<input type="radio"/>	Media	0,75	
<input checked="" type="radio"/>	Alta	0,85	
Nivel de carga de trabajo (%)			
<input type="radio"/>	Bajo	25	
<input type="radio"/>	Medio	50	
<input checked="" type="radio"/>	Alto	75	
Nivel potencia tractor (CV)			
<input type="radio"/>	Pequeño	90	
<input checked="" type="radio"/>	Mediano	120	
<input type="radio"/>	Grande	150	
<input type="radio"/>	Muy grande	180	
Consumo combustible			
	Carga	Factor (L/h-kW)	
<input type="radio"/>	Baja	0,100	
<input type="radio"/>	Media	0,150	
<input checked="" type="radio"/>	Alta	0,207	
Utilización apero (h/año)			
<input checked="" type="radio"/>	Baja	100	
<input type="radio"/>	Alta	200	
Vida útil para 100 h/año			
	h	857	
	años	8,57	
Precio adquisición tractor			
		560 €/kW de potencia	

Pasada de rotocultor menos profunda (20 cm)

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACIÓN: Siembra		APERO: Sembradora monograno	
Número de cuerpos	8	ud	
Separación entre cuerpos	75	cm	
Anchura apero	6,00	m	
Peso apero (vacío)	1.400	kg	
	175	kg/cu.	
Velocidad de trabajo	6	km/h	
Potencia de tracción	28	kW	
Incremento por peso máq.	20	%	
Potencia necesaria	34	kW	
	46	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	61	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,28	h/ha	
Eficiencia	0,55		
Capacidad trabajo real	0,51	h/ha	
	1,98	ha/h	
Nivel de carga del tractor	50	%	
Potencia tractor necesaria	122	CV	
Tipo de tractor escogido	Mediano		
Potencia tractor escogido	120	CV	

Eficiencia de trabajo	
<input checked="" type="radio"/> Baja	0,55
<input type="radio"/> Media	0,65
<input type="radio"/> Alta	0,75

Nivel de carga de trabajo (%)	
<input type="radio"/> Bajo	25
<input checked="" type="radio"/> Medio	50
<input type="radio"/> Alto	75

Nivel potencia tractor (CV)	
<input type="radio"/> Pequeño	90
<input checked="" type="radio"/> Mediano	120
<input type="radio"/> Grande	150
<input type="radio"/> Muy grande	180

Consumo combustible	
Carga	Factor (L/h-kW)
Baja	0,100
Media	0,150
Alta	0,207

COSTES DE UTILIZACIÓN			
Consumo de combustible	13,24	L/h	
	6,68	L/ha	
Consumo de aceite	0,013	L/h	
	0,007	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
Coste combustible	13,2	€/h	
	6,7	€/ha	

COSTES DE POSESIÓN			
Horas trabajo anuales	100	h/año	
Precio adquisición	33.928	€	4.241 €/cu.
amort. - desgaste	1.200	h	28,27 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	16,96 €/h
interés	5	%	10,18 €/h
seguros	0,2	% PA	0,68 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,34 €/h
mantenim-reparaciones	0,75	€/ha	1,49 €/h
Coste total			57,92 €/h
			29,25 €/ha

Utilización apero (h/año)	
<input checked="" type="radio"/> Baja	100
<input type="radio"/> Alta	200

Vida útil para 100 h/año	
h	750
años	7,5

Tractor auxiliar			
		+combustible	
Utilización anual	€/h s/comb	€/h	€/ha
<input checked="" type="radio"/> Baja (500 h/año)	14,97	28,20	14,24
<input type="radio"/> Alta (1.000 h/año)	10,87		

Precio adquisición tractor	
	560 €/kW de potencia

TRACTOR + APERO		
Utilización anual	ha/año	Coste total €/ha
Baja	198,00	43,50

Siembra con sembradora de precisión o monograno

“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.

OPERACION:		Abonado	
APERO:		Abonadora centrífuga (1 disco/pendular)	
Anchura trabajo apero	16	m	
Capacidad de la tolva	6.600	L	
Peso apero (vacío)	3300	kg	
Velocidad de trabajo	10	km/h	
Coef. Esfuerzo tracción	0,1		
Potencia de tracción	27	kW	
Incremento por pot. tdf	25	%	
Potencia necesaria	34	kW	
	46	CV	
Pot a la barra i/rod+desliz	61	CV	
Capacidad trabajo teórica	0,06	h/ha	
Eficiencia	0,5		
Capacidad trabajo real	0,13	h/ha	
	8,00	ha/h	
Nivel de carga del tractor	25	%	
Potencia tractor necesaria	244	CV	
Tipo de tractor escogido	Mediano		
Potencia tractor escogido	120	CV	
<b>COSTES DE UTILIZACIÓN</b>			
Consumo de combustible	8,82	L/h	
	1,10	L/ha	
Consumo de aceite	0,009	L/h	
	0,001	L/ha	
Coste gasóleo	1,00	€/L	
Coste combustible	8,8	€/h	
	1,1	€/ha	
<b>COSTES DE POSESIÓN</b>			
Horas trabajo anuales	40	h/año	
Precio adquisición	39.600	€	6000 €/kL
amort. - desgaste	800	h	49,50 €/h
amort. - obsolescencia	20	años	49,50 €/h
interés	5	%	29,70 €/h
seguros	0,2	% PA	1,98 €/h
resguardo	0,1	% PA	0,99 €/h
mantenim-reparaciones	0,30	€/ha	2,40 €/h
Coste total			134,07 €/h
			16,76 €/ha
<b>Tractor auxiliar</b>		<b>+combustible</b>	
<b>Utilización anual</b>	<b>€/h s/comb</b>	<b>€/h</b>	<b>€/ha</b>
<input checked="" type="radio"/> Baja (500 h/año)	14,97	23,79	2,97
<input type="radio"/> Alta (1.000 h/año)	10,87		
<b>TRACTOR + APERO</b>		<b>Coste total</b>	
<b>Utilización anual</b>	<b>ha/año</b>	<b>€/ha</b>	
Baja	320,00	19,73	
<b>Anchura apero (m)</b>			
<input checked="" type="radio"/> Baja	16		
<input type="radio"/> Alta	24		
<b>Eficiencia de trabajo</b>			
<input type="radio"/> Baja	0,35		
<input checked="" type="radio"/> Media	0,5		
<input type="radio"/> Alta	0,65		
<b>Nivel de carga de trabajo (%)</b>			
<input checked="" type="radio"/> Bajo	25		
<input type="radio"/> Medio	50		
<input type="radio"/> Alto	75		
<b>Nivel potencia tractor (CV)</b>			
<input type="radio"/> Pequeño	90		
<input checked="" type="radio"/> Mediano	120		
<input type="radio"/> Grande	150		
<input type="radio"/> Muy grande	180		
<b>Consumo combustible</b>			
<b>Carga</b>	<b>Factor (L/h-kW)</b>		
Baja	0,100		
Media	0,150		
Alta	0,207		
<b>Precio abonadora (€/máquina)</b>			
Pequeña	4000		
Grande	8000		
<b>Utilización apero (h/año)</b>			
<input checked="" type="radio"/> Baja	40		
<input type="radio"/> Alta	80		
<b>Vida útil para 40 h/año</b>			
<b>h</b>	<b>400</b>		
<b>años</b>	<b>10,00</b>		
<b>Precio adquisición tractor</b>			
560 €/kW de potencia			

Aporte de fertilizante con abonadora centrífuga arrastrada

## ANEJO 9. Residuo vegetal en superficie.

MUESTRAS DE RESIDUOS DE MAÍZ EN PARCELAS		
Muestra	Peso residuo (g)	kg/ha
B1 A	169,4	15.555,56
B1 B	192,2	17.649,22
B2 A	215,6	19.797,98
B2 B	163,2	14.986,23
B3 A	215,6	19.797,98
B3 B	395,5	36.317,72

Tabla 25: Datos de residuo vegetal presente en las parcelas del ensayo 1.

PESAJE RESIDUO VEGETAL 2º ENSAYO				
Ensayo	Parcela	Peso (g)	Valor medio del peso	Peso (kg/ha)
SA	1	248,3	254,43	23.363,94
	2	234,5		
	3	280,5		
S	1	262,9	188,90	17.346,19
	2	120,1		
	3	183,7		

Tabla 26: Datos de residuo vegetal presente en las parcelas del ensayo 2.

## 7. INFORMACIÓN CONSULTADA

La información consultada y utilizada para la elaboración de este Trabajo Fin de Carrera, ha sido la siguiente:

### Bibliografía:

1. **Al-Kaisi, M.M.,** and Hanna, M. 2008. “Consider the Strip-Tillage Alternative”. Iowa State University. PM 1901c. File: Agronomy 8-1.
2. **Archer, D.W.,** Reicosky D.C. 2009. “Economic Performance of Alternative Tillage Systems in the Northern Corn Belt”. Agronomy Journal. Vol: 101. Issue: 2.
3. **Balkcom, K.S.,** Arriaga, F.J., and Hartzog D.L. 2005. “Narrow and Wide Strip Tillage Production for Peanut”. USDA-ARS, Soils Dynamics Research Units.
4. **Fykse, J.** 2013. “Strip-Till Best of Both Worlds, Particular in Drought Year”. Kuhn North America, nº XX, 13-15.
5. **Godsey, C.,** Kochenower, R., Taylor, R. 2008. “Strip-till Considerations in Oklahoma”. Oklahoma State University Cooperative Extension Service- PSS-2134.
6. **Gordon, W.B.,** Lamond, R. E., and Ferdinand, L.J. 2004. “Use of Strip-Tillage for corn production in Kansas”. Department of Agronomy, Kansas State University.
7. **Guerrero, A.** 1999. Cultivos herbáceos extensivos. ISBN: 84-7114-797-1.
8. **Haarberg, R.** “The Role of Strip-Tillage in Sustainable Agriculture”. Orthman.
9. **Janssen, K.A.,** Gordon, W.B., and Lamond, R.E. 2006. “Strip-till and no-till tillage fertilization system evaluated for corn”. Kansas State University Agricultural Experiment Station. Report of Progress 975. EC-2.
10. **Lamm, F. R.** and R. M. Aiken. 2007. Conventional, strip and no tillage corn production under different irrigation capacities. In: Proc. Central Plains Irrigation Conference, Kearney, NE., Feb. 27-28, 2007. Available from CPIA, 760 N. Thompson, Colby, KS. Pág. 32-47.
11. **Luna, J.** and Staben, M. 2003. “Using strip tillage in vegetable production systems in Western Oregon”. Oregon State University. Extension service. EM 8824

12. **Luna, J.M.** and Staben, M.L. 2002. “Strip tillage for sweet corn production: Yield and economic return”. HortScience 37 (7): 1040 – 1044.
13. **Márquez, L.** 1999. “Cuadernos de agronomía y tecnología. Maquinaria para la preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización”. B&H Editores.
14. **McVay, K.A.,** Olson, B. 2004. “Considering Strip-tillage”. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. MF-2661.
15. **Mitchel, J.,** Shrestha, A., Campbell-Mathews, M., Giacomazzi, D., Goyal, S., Bryant, D., Herrera, I. 2009. “Strip-Tillage in California’s Central Valley”. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8361. ISBN-13: 978-1-60107-621-2.
16. **Mitchel, J.,** Jackson, L., Miyao, G. 2004. “Minimum tillage vegetable crop production in California”. University of California Cooperative Extension Farm Advisor, Yolo, Solano, and Sacramento Countries. Publication 8132. ISBN: 978-1-60107-311-2.
17. **Morrison, J.,** Lemunyon, J., Gerik, T., Harman, W., Chandler, and M., Sanabria, J. 2002. “Two-pass, strip-till farming for row crops on clay soils. Temple, Texax USA.
18. **Mullins, G.L.,** Alley, S.E. and Reeves, D.W. 1998. “Tropical maize response to nitrogen and starter fertilizer under strip and conventional tillage systems in southern Alabama”. Soil & Tillage Research 45: 1-15.
19. **Petersen, K.L.,** Mack, H.J. and Booster, D.E. 1986. Effect of tillage on sweet corn development and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 39-42
20. **Petersen, M.** “Why every row crop farmer should Strip-Till”, 2011. <http://precisiontillage.com/archive/assets/uploads/Article.pdf>
21. **Ruiz Díaz, D.,** Mengel, D. and Adey, E. 2015. “No-till and strip-till corn and soybean production with surface and subsurface fertilization”. Kansas State University.
22. **Smith, J. A.,** and Pearson, C. H. 2004. Tillage practices. “Dry bean production and integrated pest management”. 2nd ed. Fort Collins: Colorado State University Cooperative Extension Regional Bulletin 562A.
23. **Sweeney, D.W.** 2015. “Seeding Rates and Fertilizer Placement to Improve Strip-Till and No-Till Corn”. Kansas Agricultural Experiment Station Reports: Vol. 1: Iss. 3.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

24. **Tichota**, J. and Petersen, M. 2011. “Corn Production and Strip-Tillage in the Western Plains”. Monsanto Technology Development.
25. **Urbano Terrón**, P. 2001. “Tratado de Fitotecnia General”. ISBN: 84-7114-386-0.
26. **Wolkowski**, R., Cox, T. and Leverish, R., “Strip-tillage: a conservation option for Wisconsin farmers”, University of Wisconsin Cooperative Extension (A8338).
27. **Wilhoit**, J.H., Morse, R.D., and Vaughan D.H. 1990. Strip tillage production of summer abbage using high residue levels. Applied Agricultural Research. Vol: 5; Nº: 4; pp: 338-342.

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

#### Páginas web:

1. <http://www.orthman.com/> (online, 13/06/2015)
2. <http://www.rimik.com/cp4011-penetrometer/> (online, 12/03/2016)
3. <http://www.soilmeasurement.com/penetrometer.html> (online, 12/03/2016)
4. <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/plant-stress.html> (online, 16/03/2016)
5. <http://www.ars.usda.gov/main/main.htm> (USDA United States Department of Agriculture\_Agricultural Research Services, online 16/03/2016)
6. <http://corn.agronomy.wisc.edu/Default.aspx> (Corn Agronomy online, 21/03/2016)
7. <http://notill.okstate.edu/> (Oklahoma State University, online 03/10/2015)
8. <http://notill.okstate.edu/publications> (Oklahoma State University, online 23/04/2015)
9. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/strip-tillage> (online 03/10/2015)
10. <http://www.k-state.edu/> (Kansas State University, online 20/07/2015)
11. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/> (University of Minnesota, online 30/10/2015)
12. <http://precisiontillage.com/> (Orthman, online 10/10/2013)
13. <https://www.ag.ndsu.edu/ndsuag/> (North Dakota State Unieveristy Agriculture, online 10/10/2013)
14. <http://extension.uidaho.edu/kimberly/> (Univeristy of Idaho, online 03/02/2016)
15. <http://www.cattlenetwork.com/cattle-news/Strip-till-legume-cover-crop-system-may-help-South-Texas-growers-132260408.html> (online 03/02/2016)
16. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/tillage-systems/tillage-best-management-practices-for-corn-soybean-rotations/> (online 03/02/2016)
17. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/optimum-tillage-systems-for-corn-and-soybean/> (online 11/02/2016)
18. <http://www.agprofessional.com/strip-tillage/equipment/farm-comparison-conservation-tillage-systems-corn-following-soybeans> (Agpro, online 11/02/2016)
19. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/corn/news/Strip-tillage-and-fertilization-for-corn-272421901.html> (Agpro, online 11/02/2016)

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

20. <http://www.agprofessional.com/news/products/new-strip-freshener-preps-soil-seeding> (Agpro, online 17/07/2015)
21. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/strip-tillage/nutrient-placement/news/Consider-the-strip-tillage-alternative-241367221.html> (Agpro, online 17/07/2015)
22. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/strip-tillage/equipment/news/Strip-tillage-in-Californias-Central-Valley-259955821.html> (Agpro, 12/09/2015)
23. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/strip-tillage/news/Strip-tilled-silage-corn-yields-more-than-no-till-zone-till-261718681.html> (Agpro, online 15/07/2015)
24. <http://www.agprofessional.com/crop-fertility/nitrogen/starter-fertilizer-rates-and-placement-corn> (Agpro, online 15/07/2015)
25. <http://www.agprofessional.com/resource-centers/strip-tillage/what-strip-till> (Agpro, online 15/07/2015)
26. <http://cornandsoybeandigest.com/avoid-these-10-strip-till-mistakes> (online, 23/04/2015)
27. <http://www.orthman.com/our-products.aspx?itemid=2048&pagetitle=1tRIPr> (Orthman, online 10/10/2013)
28. <http://www.umequip.com/tillage/seedbed/ripper-stripper/> (Unverferth Farm Equipment, Kalida, Ohio, EE.UU., online 16/11/2015)
29. [http://www.nwtiller.com/products/type.html?product\\_typeid=7](http://www.nwtiller.com/products/type.html?product_typeid=7) (Northwest Tillers, Yakima, Washington, EE.UU., online 09/10/2015)
30. <http://www.kuhnnorthamerica.com/internet/webus.nsf/0/9829F528BEE0A7B886257C890053FC15> (KUHN, fábrica de KUHN Krause, Hutchinson, Kansas, EE.UU., online 09/10/2015)
31. <http://www.plantsciences.ucdavis.edu/plantsciences/> (UC Davis\_ Department of Plant Sciences\_ College of Agricultural and Environmental Science, online 13/05/2014)

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

32. <http://www.pssc.ttu.edu/> (Texas Tech University\_ Department of Plant and soil science, online 13/05/2014).
33. <http://www.caes.uga.edu/research/stations.html#coastal> (The University of Georgia\_ Colleague of Agricultural and Environmental science, online 15/01/2016).
34. <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/default.aspx> (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Estadísticas Agrarias: Agricultura, online 15/01/2016)
35. <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/hojas-calculo-maqui.aspx> (Hojas de cálculo estándares para conocer los costes de maquinaria, online 20/09/2016).
36. <http://www.docs-engine.com/> (Buscador de ensayos de Ingeniería. Online, 3/04/2016).
37. <http://www.agprofessional.com/strip-tillage/equipment/farm-comparison-conservation-tillage-systems-corn-following-soybeans> (AG Professional. En línea: 3/01/2016).
38. <http://www.sarinena.es/> (Ayuntamiento de Sariñena. En línea: 13/07/2015)
39. <http://idearagon.aragon.es/visor/> (Acceso a IDEA (Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón). Visor SITAR del Gobierno de Aragón. En línea: 12/04/2016)
40. [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hortalizas/html/choclo/caracteristicas\\_choclo.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/hortalizas/html/choclo/caracteristicas_choclo.html) (Universidad Pontificia Católica de Chile. En línea: 19/04/2016).

*“Análisis de la técnica de laboreo en bandas (Strip Till) aplicada a cultivos en línea (Zea mays) en el término municipal de Sariñena (Huesca)”.*

**Vídeos:**

1. [https://www.youtube.com/watch?v=l\\_7d0h2bSoY](https://www.youtube.com/watch?v=l_7d0h2bSoY) (No till = Better Soil Quality)
2. [https://www.youtube.com/watch?v=O\\_-mrXkv7xQ](https://www.youtube.com/watch?v=O_-mrXkv7xQ) (Strip-Till Farming with Gladiator Bar)
3. <https://www.youtube.com/watch?v=Xiy7czGn7Qo> (Krause Gladiator strip till bar)
4. <https://www.youtube.com/watch?v=7jDujACA7n4> Kuhn Krause Gladiator® Strip Till - Features and Benefits

**Las marcas que aparecen en esta publicación son con el fin de identificar los productos. No se pretende beneficio alguno, ni insinuar una crítica a productos similares que no se mencionan en el artículo.**