

# PIEDRAS Y DESPEDREGADORAS

## Eliminación de las piedras por fragmentación



En la primera parte, publicada en el número anterior, se analizaban los diferentes aspectos que marcan la conveniencia de realizar un despedregado, así como las características del equipo mecánico que permite la retirada de las piedras. En este artículo se analizan los equipos que permiten eliminar las piedras por fragmentación realizada sobre el propio campo, así como un análisis complementario de las capacidades de trabajo de los equipos para despedregado.

### MACHACADORAS DE PIEDRAS

Permiten eliminar las piedras mediante su troceado, lo cual requiere energía mecánica, tanto mayor cuanto más elevada es la dureza de las piedras. Sin embargo, la utilización de las machacadoras de piedras, en alternativa a los equipos para la recogida, permite mantener un volumen de la capa arable, lo que favorece el desarrollo radicular de las plantas cultivadas.

Por otra parte, el troceado de piedras silíceas, con independencia de la mayor resistencia a la rotura, puede dar lugar a fragmentos con aristas que

resultan más dañinos para los neumáticos que la piedra en su estado natural.

Para realizar la fragmentación de las piedras se encuentran en el mercado dos alternativas: rotor que gira en el sentido de avance, produciéndose la rotura de las piedras por el efecto combinado de los martillos del rotor con unas púas posteriores que actúan como contramartillos, y el rotor que gira en sentido contrario al de avance, en cuyo caso los contramartillos son las propias piedras que forman una barrera por delante del rotor hasta que se reduce su tamaño a fragmentos más pequeños.

En algunos casos, dada la potencia que demandan los rotores, se han

ofrecido equipos con su propio motor incorporado, en alternativa a la utilización de la toma de fuerza del tractor, lo que permite realizar esta operación con tractores pequeños.

### **Machacadoras de rotor con contramartillos**

Estas máquinas, tomando como referencia los equipos de Carré-Pelletier, disponen de los siguientes elementos:

- Un rotor de eje horizontal con dos filas (a 180°) de martillos de tipo plano, articulados y escamoteables, montados sobre *silent-blocs* para reducir su desgaste, que inciden sobre las piedras por su parte superior; el



Machacadora de piedra. Detalle del rotor.

rotor gira en el sentido de avance de la máquina a unas 1 000 rev/min. Estos martillos son de 18-20 mm de espesor, de 250 mm de longitud total (200 mm desde la articulación al extremo) y 120 mm de anchura, y se montan separados a 150 mm sobre cada una de las filas, de manera que con una anchura de trabajo de 1.50 m se encuentran 20 martillos (2 filas de 10 martillos cada una). Están estudiados para que pueda ser corregido su desgaste mediante un recalce de 5 mm, con lo que su vida útil podría ser de hasta 500 horas (referencia del fabricante Carre-Pelletier), aunque esto dependerá del tipo de piedra trabajada.

- Por detrás del rotor se encuentran unas púas que actúan como desenterradoras de las piedras, pero también como contramartillos. En un equipo de 1.50 m de anchura de trabajo se utilizan 11 púas ligeramente curvadas hacia delante que se mantienen en posición mediante resortes (dos por púa) entre placas la-

terales que dirigen su zona de desplazamiento. Estas púas pueden penetrar en el suelo hasta 8 ó 10 cm de profundidad (máximo 15 cm), por lo que ayudan a remontar las piedras hasta la superficie. La separación entre las púas y la acción de los martillos es la que marca el espesor de la piedra triturada.

- Este conjunto de rotor y púas se encuentra cubierto por un cárter de protección de placa de acero,

que impide la proyección de las piedras durante el proceso de troceado, que se completa con chapas articuladas o cadenas que evitan la salida de piedras hacia atrás. Asimismo, se incluyen los elementos de transmisión desde la toma de fuerza (generalmente se utiliza la toma de 1 000 rev/min) y unas ruedas de apoyo controladas hidráulicamente para nivelar la máquina.

Como datos técnicos se pueden dar los siguientes: 60 CV de tractor por cada metro de anchura de trabajo (90 CV para una máquina de 1.50 m de anchura) de los cuales más de 2/3 los consume el accionamiento del rotor. Con esto se puede conseguir una capacidad de trabajo de 1/3 de ha/h (3 h/ha), sin que haya limitación por la naturaleza de las piedras, aunque ésta pueda incrementar el desgaste de los martillos, y, según indica el fabricante, se puede trabajar con piedras de hasta 150 kg.

### Machacadoras de rotor sin contramartillos

A diferencia de las anteriormente descritas, estas máquinas sólo utilizan un rotor que gira en sentido contrario al de avance, por lo que el troceado se produce al chocar con las piedras que se aproximan al rotor y que forman una barrera por delante de éste. Son ejemplo de este sistema las máquinas fabricadas por Nicolás o Kirpy.

El principio de funcionamiento se deriva de desbrozadoras forestales, con un rotor pesado de martillos que gira entre 750 y 1 200 rev/min.

Los martillos de acero son similares a los descritos en los modelos con contramartillos, aunque de dimensiones algo menores; la ausencia de púas posteriores limita la profundidad de la fragmentación de las piedras presentes en el suelo. En general, para cualquier tipo de machacadora, resulta conveniente modificar el material de los martillos en función de las características de las piedras.

Hace varias décadas que comenzaron a realizarse Demostraciones oficiales con este tipo de maquinaria.

### I Concurso y VIII - IX Demostraciones Internacionales de Maquinaria de Despedregado

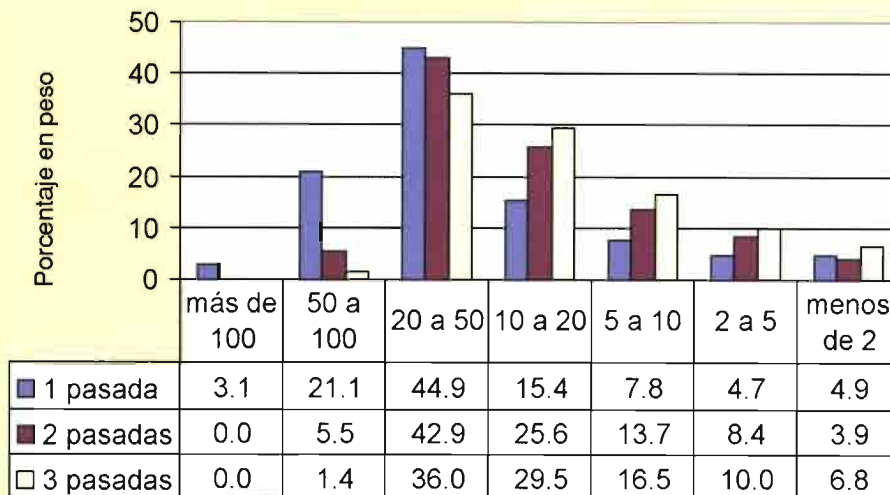
Avila y Segovia. 22 y 24 de Mayo de 1985



Organizados por  
DIRECCION GENERAL DE LA PRODUCCION AGRARIA  
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación  
con la colaboración de la  
DIRECCION GENERAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
DE LA JUNTA DE CASTILLA-LEON

**GRÁFICO 1.- RESULTADOS DEL EQUIPO CARRÉ-PELLETIER  
TRABAJANDO A 1.80 km/h,  
SOBRE UN SUELO CON PLAQUETA CALIZA DE 100 mm**

**Evolución en la granulometría de los elementos  
gruesos del suelo en pasadas sucesivas**



La construcción es más simple, pero la demanda de potencia es algo mayor: 70 CV por metro de anchura de trabajo. Por otra parte, la ausencia de las púas hace que la masa de la máquina sea más baja, aproximadamente la mitad que en los equipos con púas-contramartillos.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LAS MACHACADORAS DE PIEDRAS

Las referencias más completas sobre los resultados de las machacadoras de piedras son francesas, realizadas en la década de los '70; hay una referencia especial al informe elaborado sobre un equipo de Carré-Pelletier con motivo de la concesión en 1974 de una Medalla de Plata en la SIMA de París. A partir de estas pruebas, oficialmente controladas, se presentan unos resultados que permiten conocer la eficacia y los límites técnicos en la utilización de las machacadoras de piedras.

### Equipo Carré-Pelletier sobre piedra de tipo calizo

Estas pruebas se realizaron sobre suelo calcáreo con pedregosidad en placas de 100 mm y una densidad superficial de 60 kg/m<sup>2</sup>, trabajando a 1.80 km/h de velocidad de avance, en la Estación Agronómica de Yonne, del antiguo CNEEMA (actual CEMAGREF), para verificar la influencia del número de pasadas sobre la granu-

lometría de la piedra fragmentada. Los resultados se presentan en el Gráfico 1.

Como conclusiones de esta serie de pruebas se deducen las siguientes:

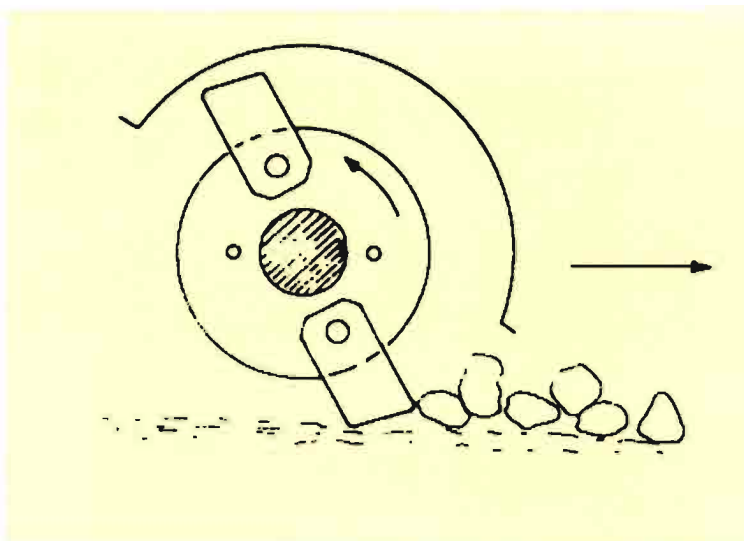
- Para una velocidad de avance de 1.80 km/h, se mantiene la eficacia de la fragmentación cualquiera que sea la densidad de piedras presente.
- En la primera pasada, siempre que la cantidad de piedras sea baja (20 a 40 kg/m<sup>2</sup> - 200 a 400 kg/ha) las de tamaño superior a 100 mm desaparecen completamente; para las tres velocidades de avance ensayadas (1.8, 2.5 y 4.8 km/h) no se aprecian diferencias independientemente de la densidad de piedras.
- En la segunda pasada, desaparecen todas las piedras de más de 100 mm, incluso cuando la densidad es elevada (60 kg/m<sup>2</sup> - 600 kg/ha)
- En la tercera pasada se observa la desaparición de la fracción comprendida entre 50 y 100 mm a la vez que una disminución de la fracción entre 20 y 50 mm.

En relación con la formación de tierra fina se detecta un aumento del contenido de partículas del tipo de arena gruesa (120 a 600 g/m<sup>3</sup> en las condiciones de la experiencia), sin que se encuentren restos calcáreos en la fracción de menos de 50 mm, que podrían provocar una modificación de la alcalinidad del suelo.



*Machacadora de piedras en trabajo.*

Esquema del funcionamiento de una machacadora de rotor sin contramartillos.



## COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE MACHACADO

Utilizando los dos tipos de máquinas más difundidos en el mercado francés (Carré-Pelletier y Nicolás), el CNEEMA realizó en 1973 un ensayo comparativo que puede seguir tomándose como una referencia válida.

Las pruebas cuyos resultados aparecen en Tabla 1, realizadas en la Estación Agronómica de Auxerre (Yonne), realizada sobre piedra caliza, por una parte sirven para verificar el efec-

to de las machacadoras en la granulometría de los elementos gruesos del suelo, a la vez que se analiza el contenido en calcio total y activo en comparación con los valores iniciales.

Aunque no se trata de pruebas sistemáticas que permitan sacar conclusiones definitivas, se puede deducir que:

- La profundidad de trabajo eficaz tiene como límites 17 y 21 cm. En el caso de la máquina sin púas y rotor en giro directo (Nicolás) después de la primera pasada a 17 cm el porcentaje de elementos gruesos de más de 100 cm es elevado

- Cualquiera que sea el número de pasadas, en ambos equipos, el mayor porcentaje corresponde a piedras entre 20 y 50 mm.
- En pasadas sucesivas el porcentaje de elementos entre 20 y 50 mm aumenta sólo en el equipo de Nicolás, ya que en el de Carré-Pelletier ya se ha conseguido en la primera pasada.
- Después de la tercera pasada, con cualquiera de las máquinas ensayadas el porcentaje de elementos de más de 50 mm es inferior al 10% frente al 55% del testigo sin trabajar.
- Parece que las velocidades entre 2.5 y 3.5 km/h son las adecuadas para el equipo Nicolás, mientras que en el de Carré-Pelletier se pueden llegar a alcanzar los 5.5 km/h, trabajando sobre plaquetas calcáreas, si se dispone de potencia suficiente en el tractor que acciona la máquina.
- Hay que recomendar prudencia en el troceado excesivo, especialmente con rocas blandas.
- Con roca calcárea relativamente dura, como la que ha servido para realizar las pruebas, el incremento de caliza activa es mínimo, aunque es posible que aumente en el transcurso del tiempo.

TABLA 1.- COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE MACHACADO; CON CONTRAMARTILLOS (CARRÉ-PELLETIER) Y SIN CONTRAMARTILLOS (NICOLÁS)

Fracción (mm)	TESTIGO masa (%)	UNA PASADA		TRES PASADAS	
		CARRÉ-PELL. masa (%)	NICOLAS masa (%)	CARRÉ-PELL. masa (%)	NICOLAS masa (%)
más de 100	21.3	5.4	16.5	2.5	0.6
50 a 100	34.2	21.6	24.4	8.5	9.5
20 a 50	27.2	42.8	29.4	42.8	43.0
10 a 20	9.4	16.7	17.8	25.0	26.0
5 a 10	4.7	8.5	7.2	12.4	13.0
2 a 5	3.1	4.8	4.8	8.7	8.0
<b>Total de piedras (kg)</b>	228.3	261.1	244.8	210.9	330.9
Profundidad (cm)	15.5	21.0	17.0	21.0	20.0
<b>Caliza Total</b>	115	127	152	200	237.9
Activa	42.5	45	47.5	55	60

NOTA: En dos pasadas los resultados prácticamente son los valores medios correspondientes a una y tres pasadas

## RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN ESPAÑA

Desde los finales de la década de los '60, el Ministerio de Agricultura de España realizó numerosos seguimientos de máquinas despedregadoras y demostraciones públicas en todas las regiones en las que había problemas de piedras sobre suelos con potencial agrícola.

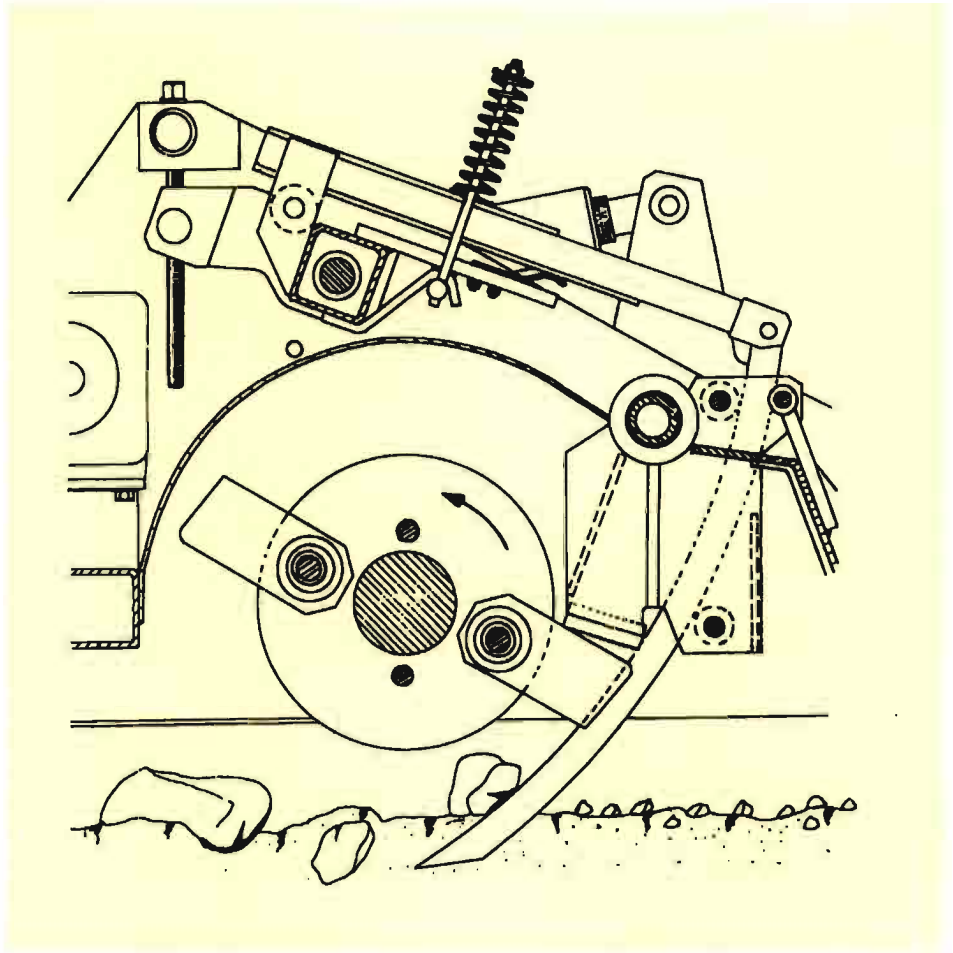
En el año 1985, junto con la VIII y la IX Demostración Internacional de Despedregado con Equipos Mecánicos, se realizó el I Concurso Público para premiar los equipos más eficaces.

Por encargo del Ministerio, un grupo de profesores y colaboradores del entonces denominado Depto. de 'Motores y Máquinas Agrícolas II' de la Escuela Técnica Superior de Inge-

### El tipo de máquina recomendada depende de las características de las piedras presentadas

nieros Agrónomos de Madrid, se encargó de realizar controles del trabajo de las diferentes máquinas presentadas, tanto en la localidad de Blascosmillán de Ávila (piedra silíceas), como en Maderuelo de Segovia (piedra caliza).

Los resultados obtenidos en Maderuelo, que fueron los más completos, aparecen en la Tabla 2, y ponen de manifiesto la dificultad para realizar una valoración sistemática de este tipo de máquinas, tanto por la variabilidad en el contenido y en las dimensiones de las piedras sobre parcelas en apariencia homogénea, como por las particularidades de cada máquina que la hacen más adecuada para la recogida de un determinado tipo de piedra.



Esquema de la machacadora Carré-Pelletier.

Como comentario a los resultados obtenidos en ambas zonas de recogida, se puede indicar:

- Que los rastrillos consiguen el desplazamiento lateral del 50 al 75% de las piedras situadas en la superficie del suelo, y los problemas aparecen con las piedras más gruesas.
- Que las recogedoras discontinuas se comportan mejor con las piedras gruesas; si se intenta retirar piedras pequeñas (rejillas finas) el contenido de tierra que acompaña las piedras aumenta considerablemente; tampoco se comportan bien cuando el suelo está cubierto de residuos vegetales (zonas desmonte).
- Combinando rastrillos y recogedoras continuas, se puede retirar en una sola pasada más del 50% de la piedra presente. La cantidad de piedra presente, el tamaño de la tolva y la distancia al punto de descarga condicionan la capacidad de trabajo del equipo considerado.

En cuanto a las trituradoras evaluadas, el equipo presentado por Agarrín se comporta de manera similar a otras máquinas sin contramartillos evaluadas en Francia.

La trituradora Domaq, de procedencia italiana, con motor propio de 105 CV, y un diseño similar a las de Carré-Pelletier pero con púas de mayor longitud, puede trabajar hasta 40 cm de profundidad, pero con gran lentitud, por lo que se puede considerar como un equipo para 'hacer suelo' en zonas abancaladas, más que como una trituradora de piedra caliza presente en una costra más superficial.

Para interpretar los datos obtenidos en las pruebas efectuadas hay que destacar:

- La eficacia relaciona la piedra dejada con respecto al testigo inicial; dado que la muestra inicial está tomada sobre 10 cm de profundidad las máquinas que trabajan a mayor profundidad quedan favorecidas.

TABLA 2.- RESULTADOS DE LOS CONTROLES REALIZADOS A LAS MÁQUINAS PRESENTADAS EN LA DEMOSTRACIÓN EFECTUADA EN MADERUELO

MÁQUINA	TRACTOR	MARCHA	ANCHURA cm	PROFUNDIDAD cm	VELOCIDAD km/h	EFICIENCIA %	TIEMPO OP. h/ha	CAPACIDAD t/h	PIEDRA INICIAL t/ha	PROPORCIÓN G/M/P	PIEDRA RECOGIDA t/ha	PROPORCIÓN G/M/P	EFICACIA %	GRADO LIMPIEZA % tierra
RASTRILLOS										hilerada				
Kverneland	F-880 E	2ª - I	300	5	1.4	84	3.0	60	337	0/60/40	180	0/46/54	53	
Agarín	F-666 E	1ª - I	250	5	1.7	91	2.5	110	370	7/53/40	275	0/32/68	74	
Tasias	F-766 E	2ª - I	260	5	1.0	81	4.7	74	515	26/38/36	346	24/76/0	67	
Ferro	F-766 E	2ª - II	180	5	2.0	70	4.0	62	435	26/47/27	247	28/0/72	57	
RECOGEDORAS DISCONTINUAS														
Jyma C-210	F-1080 E													
T. natural		3ª - II	210	10	3.0	36	4.4	54	320	4/57/39	236	0/46/54	73	4
Tasias M-Tolva	F-1080 E													
T. natural		3ª - II	200	10	2.0	56	4.5	26	385	26/38/36	115	0/56/44	30	60
Acordonado		3ª - II	x 2	10	1.4	32	4.0	86	515	36/39/35	343	24/76/0	67	
Agarín M-1500	F-666 DTE													
Acordonado		4ª - I	x 2	10	1.5	64	2.0	130	370	7/53/40	261	0/32/68	70	17
RECOGEDORAS CONTINUAS (Tolva y descarga en montón)														
Jyma 150	F-980 E													
T. natural		1ª - I	160	10	1.3	67	7.0	19	280	4/57/39	132		47	6
Artigau-200	F-1080 E													
T. natural		4ª - I	110	15	2.4	61	6.3	30	215	0/50/50	188		87	54
Tasia Molinete	F-980 E													
T. natural		2/3ª - I	200	10	0.9	74	7.7	23	340	21/36/43	173	0/22/78	51	10
Acordonado		2/3ª - I	x 2	10										
RECOGEDORAS CONTINUAS (Descarga sobre remolque)														
Kverneland	F-880 DTE													
Acordonado		2ª - I	x 2	10	1.2	84	1.5	124	337	0/60/40	186	0/46/54	55	2
Tyregod	Steyr 870													
T. natural		3ª - I	107	10	2.7	54	6.5	35	280	4/57/39	225		80	1
TRITURADORAS														
Domaq	F-1080 E													
T. natural		2ª - I	115	25	0.8	83	7.2	32	320	50/29/21	232		73	
Agarín	F-1080 E													
T. natural		1ª - I	130	10	0.8	87	12.0	18	260	0/63/37	212		81	
Acordonado		1ª - I	x 2	10	0.8	91	3.0	62	260	0/63/37	185		71	

24 de mayo de 1985 - Finca 'Pantamino', MADERUELO (Segovia).

• La capacidad de recogida en t/ha no es un parámetro significativo, ya que depende de la densidad de piedra en la parcela; por ello resulta preferible comparar sobre la base de la capacidad de trabajo en ha/h, aunque en este caso el grado de pedregosidad afecta más a las recogedoras con tolva y menos a los rastrillos.

• Las capacidades de trabajo se refieren a las obtenidas en el campo de pruebas, y sólo es orientativa; en función de la densidad de piedras, de la forma y dimensiones de la parcela y de la distancia al lugar de descarga, se producen variaciones notables.

En cualquier caso, parece claro que, salvo para la recogida de piedras

aisladas que aparecen periódicamente procedentes de las capas más profundas del suelo como consecuencia del laboreo, que se pueden retirar con máquinas sencillas, se pone claramente de manifiesto que el trabajo de despedregado es una actividad vinculada a empresas de servicio especializadas en el desempeño de esta tarea tan específica. ■