

Las formas geométricas de la vertedera y reja

Su determinación é importancia práctica en los arados

Por **JUAN A. DEVOTO**

Del número, bastante crecido de máquinas agrícolas que ya se emplean con ventajas en el trabajo de los campos, ninguna, sin duda, ha podido quitar el puesto de honor al arado. Heraldo de bienestar y de progreso, ha pasado á la historia como uno de los símbolos del trabajo y no son pocos los países que en el surco abierto por la preciosa reja, han levantado los cimientos de su porvenir. Ejemplo de sencillez en su mecanismo, parece haber sido entregado al labrador, desde su origen, adornado de las bellas cualidades que hoy lo caracterizan. Sin embargo, si partiendo del tosco tronco de árbol que á manera de caña empleaban los etruscos para desgarrar las tierras de sus campos, seguimos al arado á través de todos los tiempos hasta llegar á nuestros días, no tardaremos en convencernos que su proceso de evolución hacia el perfeccionamiento no ha podido ser la obra de un día, ni de un hombre, ni de un pueblo, sino más bien el resultado fecundo de la mancomunidad del tiempo, la ciencia y la práctica.

Hechas estas breves consideraciones que bien pudieran abarcar muchas páginas de un libro, cabe preguntar ¿á qué pieza del arado corresponde la mayor perfección? Dentro de su armónico funcionamiento, no faltan las que soportan sobre sí la tarea principal de la acción mecánica; por eso se les denomina *órganos activos*. Corresponde precisamente á la reja y vertedera de que trataremos el puesto principal de esta categoría. La acción combinada de éstas ha conseguido

conciliarse de tal suerte que hoy ya reemplaza ampliamente la inteligencia y fuerza del hombre que hunde levanta y vuelca la pala con tierra en el sitio que considera más adecuado. Obtener pues, que una simple combinación de unas cuantas piezas de metal realicen esta serie compleja de movimientos á semejanza de una inteligencia que vé y precisa, no es por cierto cosa tan sencilla que digamos.

Largos é interesantes son los estudios que se han hecho acerca de este argumento y es sin duda la vertedera la que ha merecido desde el primer instante el puesto de honor entre aquéllos.

Hoy nos hemos aproximado mucho á la perfección y no faltan los arados que ya pueden satisfacer las exigencias de una buena labor.

Á Jefferson, á Daniel Webster, al ingeniero Hachete, al agrónomo Donbasle, al abate Lambruschini y al marqués Luis Ridolfi, corresponde principalmente este triunfo en el campo de la mecánica agrícola. Cada uno de ellos ha contribuído al éxito final principalmente con una serie de observaciones científicas y prácticas que el estudio de la reja y vertedera les había sugerido.

Interesantes polémicas fueron sostenidas sobre la forma más conveniente para la vertedera, sostenidas todas con razones de más ó menos fundamento, desde que nacidas al calor de largos y meditados estudios y cálculos geométricos eran hijas de la propia convicción. Llevadas al terreno de la práctica casi todas las teorías respondían más ó menos al fin propuesto, y si el arado representante de una forma caía vencido por el de otra en determinado suelo, en cambio éste era probablemente aclamado vencedor en otros terrenos de caracteres físicos opuestos; en pocas palabras, un arado insuperable en una tierra resultaba excesivamente defectuoso en otra, lo que vino á demostrar la necesidad de *adaptar á distintos suelos, distintos arados, con distintas formas*.

De lo expuesto, el problema queda planteado en la siguiente forma: *Dado un suelo de estructura y composición conocida, hallar el arado que conviene á su labor; ó bien, dado un arado que hemos estudiado, deducir á que clase de suelo conviene.*

(1) El doctor Conti, profesor de mecánica é hidráulica agrícola, nos remite el siguiente trabajo del alumno señor Juan A. Devoto, que constituye uno de los informes presentados por los alumnos en el Curso de Mecánica Agrícola.

Se ha pretendido, hasta cierto punto, buscar el tipo único de implemento capaz de solucionar todas las dificultades presentables en cualquier naturaleza de suelo y trabajo. Fuera de duda que de ser esto posible constituiría el ideal bajo el punto de vista económico. Muchos son los fabricantes que con este objeto han realizado numerosas tentativas, pero desengañados han debido renunciar á su audaz propósito; no faltan tampoco los que persisten y muy á su pesar, tendrán al fin que ceder también.

No nos es desconocido el pomposo reclame de que se presentan rodeados ciertos arados en el comercio; cualquiera diría que constituyen el *desideratum* del agricultor, sin embargo, ó bien la mecánica agrícola y sus leyes no han sido consultadas, ó bien la práctica con sus preciosas observaciones han sido omitidas; en ambos casos los resultados son más que dudosos, malos, y no será por cierto el reclame bien hecho el que subsanará los defectos y logrará el éxito que se pretende.

El valor de una máquina depende en todo y por todo de sus condiciones de trabajo, producto único de la suma de cuidados, conocimientos y observaciones práctico-científicas que se hayan aplicado al modelo de construcción.

Es también con base de estas mismas consideraciones científico-prácticas que podemos formar juicio de máquinas que nos sea dado examinar, y precisamente, bajo este punto de vista, el estudio geométrico de las formas de la vertedera y reja de los arados nos revela de una manera concluyente las bondades ó los defectos que rodean á estos implementos antes de su misma aplicación.

Surge entonces la importancia y la ne-

cesidad de estudiar y conocer esas formas. Varias son las que se han adoptado en los arados que se ven en plaza y todas ellas pueden referirse á dos grandes grupos; las *racionales* con sus dos representantes, cilíndrico y helicoidal, y las *irracional*es.

Las primeras están basadas rigurosamente en los principios de la mecánica y obedecen por lo mismo á tipos bien definidos; las segundas, como su nombre lo dice, se apartan hasta cierto punto del criterio científico para corresponder á las concepciones más ó menos fundadas de sus creadores. Cada una tiene sus partidarios é impugnadores con el correspondiente arsenal de argumentos para defenderla ó combatirla.

La figura 1, representa tres formas fundamentales.

Las líneas curvas internas de los tres cuerpos de vertedera y reja A, B y C, representados en la Fig. 1, están dadas por la intersección de la superficie activa de esos cuerpos con planos verticales equidistantes y paralelos al plano de proyección de la figura.

Las curvas de referencia de la forma cilíndrica, se caracterizan por ser *arcos de circunferencia ó de elipse* (véase A, Fig. 1); las de la forma helicoidal corresponden más bien á *espiras de hélice* (B, Fig. 1) cuyo punto de convergencia está siempre próximo al vértice inferior y posterior de la reja. En cuanto á las mismas líneas de la forma *irracional* (C, Fig. 1) como se vé en el dibujo, son muy variables en su trazo no correspondiendo en rigor á líneas geométricas bien determinadas.

Descartada teóricamente esta última por la faz dudosa de su interpretactón, quedan á considerar las dos primeras.

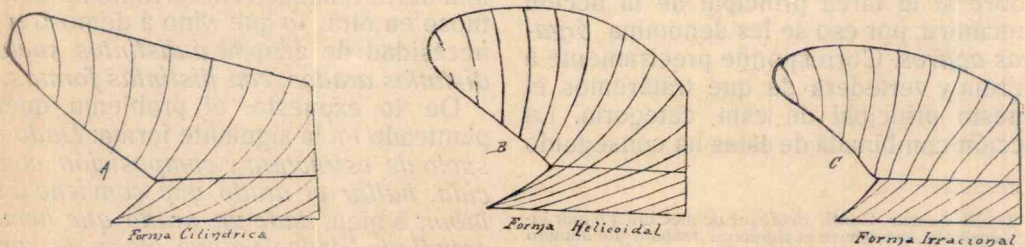


Figura 1

Ahora bien ¿á cual de ambas daremos la preferencia? A vuestro modo de ver, una y otra reúnen sus méritos según la naturaleza de los suelos en que sean llamadas á obrar, de modo pues, que imparcialmente, será preferible aquella que en las mejores condiciones proporcione un trabajo más fácil y mejor, entendiendo por más fácil la economía en el esfuerzo de tracción. Salta así á la vista la utilidad de la experimentación que vendrá á sentar con la evidencia de los hechos el juicio cabal y categórico de nuestras afirmaciones.

La experimentación, en efecto, obliga á veces á introducir ciertas reformas en la forma adoptada, si ellas responden al objeto, no habrá porque titubear en introducir las, individualizando así el modelo cuya representación gráfica se hace desde este instante indispensable para reproducirlo con rigurosa exactitud.

Un simple instrumento, *el perfilógrafo* (Fig. 2) nos permite obtener rápidamente esta representación gráfica de que hablamos (Figs. 3, 4 y 5).

A pesar de su sencillez, á pesar de su utilidad é importancia, este aparato pasa desapercibido en casi todos los tratados de mecánica agrícola y sólo algunos se limitan á mencionarlo.

Fué ideado en 1858 por Slight y Burn, pero su verdadera aplicación se debe á Ringelmann que lo emplean con éxito en su estación de ensayos de máquinas agrícolas en París. El que hemos usado en las experiencias de este trabajo (Fig. 2) ha sido construido por nuestro distinguido y estimado profesor doctor Marcelo Conti, quien ha introducido algunas modificaciones ventajosas para la facilidad de su manejo.

Consta de una pequeña tarima horizontal *A*, con movimiento de vaivén de atrás á adelante y viceversa, perpendicular al plano vertical del tablero *B*, sobre el que se extiende el papel para el dibujo. Sobre este se desliza paralelamente un paralelogramo (*c, d, e, f*) con sus lados formados por listones con movimiento articular vertical en sus vértices; *a, c* y *b, d*, son otros dos listones iguales con el mismo movimiento en sus dos extremos, por *a* y *b*, se fijan al bastidor de ma-

dera, y por *c* y *d*, con el paralelogramo nombrado.

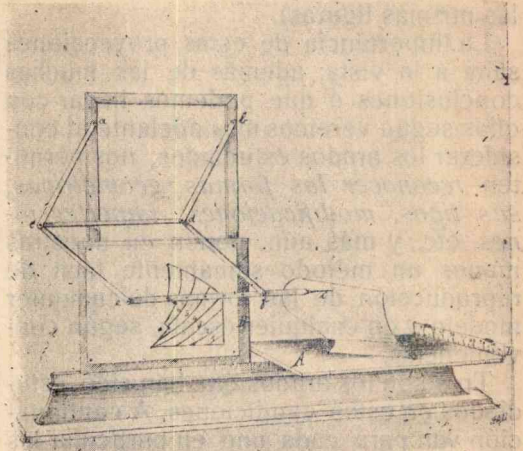


Figura 2

Con esta disposición el paralelismo existe siempre en cualquiera de sus posiciones. El lado inferior *ef*, se prolonga fuera del vértice *f*, y termina con una punta de acero *i*, que roza sobre la superficie de la vertedera y reja siguiendo rigurosamente un plano vertical. Este mismo lado en todo su largo de trecho en trecho pequeños agujeros donde se coloca un lápiz *m*, según conveniencia, que ha de dejar el trazo sobre el papel de las curvas 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.

Fijada de antemano la distancia entre perfil y perfil que deseamos trazar, y partiendo del vértice anterior de la reja, vase corriendo la tarima hacia adelante en la distancia fijada, valiéndose para ello de la regla graduada y fija que está al costado externo *D*. A cada distancia recorrida debe corresponder una curva trazada sobre el papel por el lápiz que sigue el movimiento vertical de arriba á bajo de la junta de acero sobre el cuerpo de las piezas en examen.

Trazadas todas las curvas, se unen por una línea continua todos los extremos de las mismas y obtendremos así la silueta externa ó proyección vertical sobre el plano del papel de la reja y vertedera ó *vista de frente* (véase Fig. 3, 4 y 5). Las otras proyecciones necesarias para el

estudio completo, se obtienen tomando como base la anterior y siguiendo las reglas que á ese fin da el dibujo. (Véase las mismas figuras).

La importancia de estas proyecciones salta á la vista; además de las muchas conclusiones á que podemos llegar con ellas según veremos más adelante al considerar los arados estudiados, nos permiten reconocer las formas geométricas, sus tipos, modificaciones, imperfecciones, etc., y más aún, ponen en nuestras manos un método sumamente fácil de reproducción de las formas de cualquier modelo y en cualquier escala, según conveniencias.

Tres son los arados que han sido estudiados en estas condiciones. A continuación van para cada uno en particular las consideraciones al respecto, ellas y las deducciones obtenidas, están basadas en la rigurosa interpretación de los cálculos que resultan y sin pretensiones ridículas sólo se aspira á contribuir con las escasas fuerzas de un estudiante á la difusión de conocimientos tan interesantes como útiles é ignorados.

ARADO «EL AFRICANO»

El dibujo geométrico del mismo está representado por las distintas proyecciones de la lámina I (Fig. 3).

DESCRIPCIÓN DE PROYECCIONES Ó PERFILES.

Proyección anterior: De las curvas dejadas sobre el papel por el perfilógrafo, se deduce con facilidad que la vertedera debe incluirse en el grupo de las á superficie helicoidal; carácter importante á tener presente cuando, después de obtenidas las relaciones entre las distintas medidas del cuerpo de la vertedera y reja, debamos indicar á que terreno puede destinarse con mejores resultados en la labor.

Proyección lateral: Es obtenida de la anterior por medio del dibujo; por ella hallamos el ángulo de penetración de la vertedera uniendo con una línea recta el centro geométrico de ésta con el vértice anterior de la reja el que arroja un valor de 18°. Dato de importancia también para conocer la calidad del trabajo.

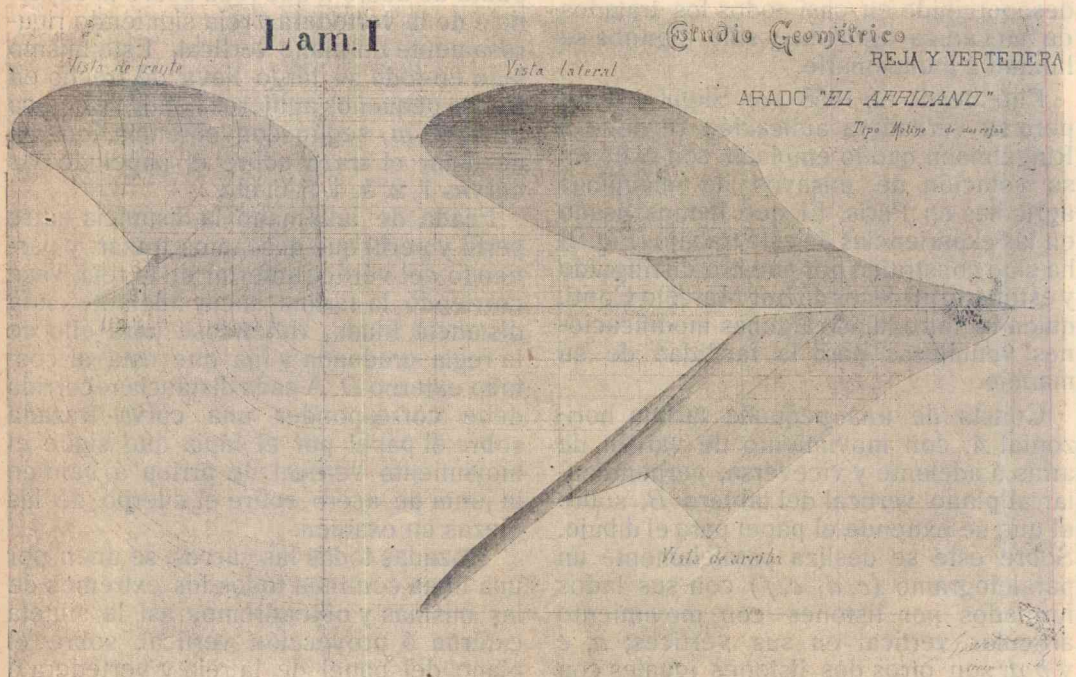


Figura 3

Proyección superior: Proyección combinada de las dos anteriores. De ella se obtiene una serie de medidas que habremos de emplear:

- Ancho de la reja..... 34 cms.
- Largo de la primera parte de la vertedera..... 66'5 »
- Largo de la segunda parte de la vertedera..... 21 »
- Angulo de inclinación del borde cortante de la reja respecto al tiro, 37°.

Consideraciones: Siendo el ancho de la reja 34 centímetros, y sabiendo que en las mejores condiciones de trabajo esta

dad 1,4142 que equivale á 28 centímetros.

Ahora bien, si á estos datos agregamos la superficie helicoidal de la piezas consideradas, que reduce al mínimo el recorrido de las partículas terrosas en su movimiento de traslación, además de la relación 1'66 entre el cuerpo principal y el ancho de la banda, como así mismo los ángulos de penetración é inclinación con respecto á la horizontal y al tiro, sin excluir las pequeñas dimensiones de la segunda parte de la misma vertedera, podemos sentar teóricamente que: *las mejores condiciones de trabajo para «El*

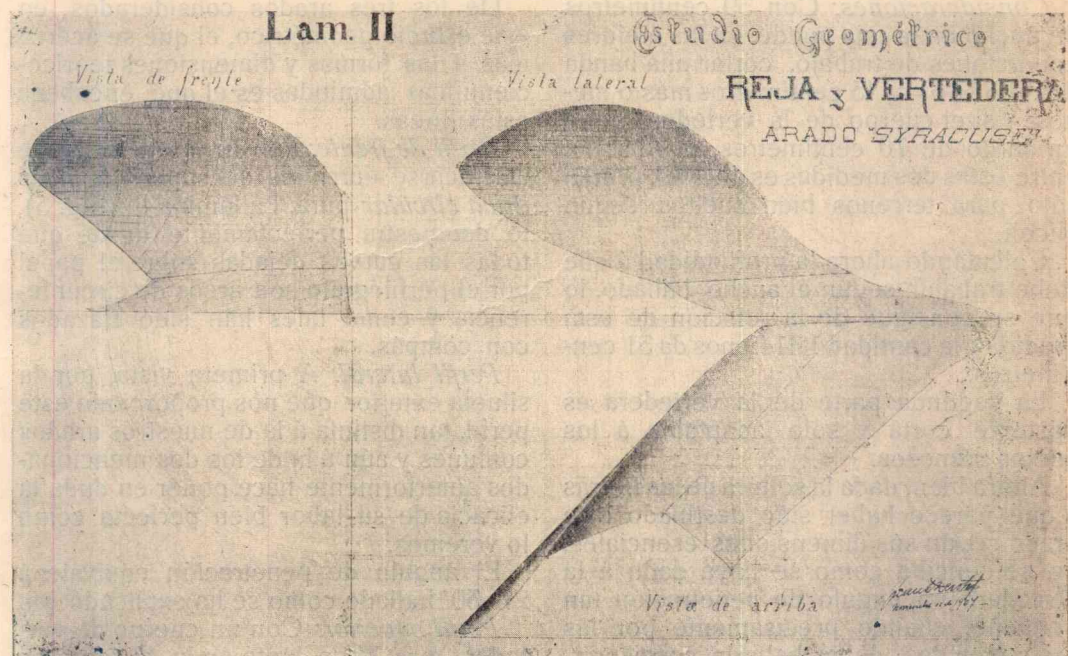


Figura 4

medida debe representar 5/6 del ancho total de la banda de tierra á cortar, llegaría ésta á corresponder á 40 centímetros.

La primera parte de la vertedera mide 66'5 centímetros; la relación que existe entre esta medida y el ancho de la banda ya hallado equivale á 1'66 que está comprendida entre los límites mínimo y máximo 1'6 y 1'7 que Nicoli sostiene para los terrenos medianamente sueltos.

Del ancho de la banda puede deducirse la profundidad que más conviene para esa máquina; basta hallar la relación existente entre el mismo ancho y la canti-

Africano» estarian dadas por un suelo más bien suelto á la profundidad de 28 centímetros y á un ancho de 40 centímetros.

ARADO «SIRACUSE»

La lámina II (fig. 4), representa el dibujo geométrico obtenido en la misma forma que el anterior.

Perfil de frente: Es el obtenido directamente con el perfilógrafo y sirve de base para la proyección de los otros dos.

Las curvas de su superficie indican una superficie *helicoidal*.

Perfil lateral: En éste se ha buscado el ángulo de penetración del cuerpo de la vertedera, y como se vé en la lámina, mide 17° .

Perfil superior: Es el perfil más necesario en estos estudios desde que nos proporciona varias medidas de importancia:

Ancho de la reja.....	39 cms.
Largo de la primera parte de la vertedera.....	70 »
Largo de la segunda parte de la vertedera.....	14 »
Angulo de inclinación del borde cortante de la reja 42° .	

Consideraciones: Con 39 centímetros de ancho en la reja puede, en las mejores condiciones de trabajo, cortar una banda de $39/5 \times 6 = 45$ centímetros más ó menos; y si el cuerpo de la vertedera tiene un largo de 70 centímetros, la relación entre estas dos medidas es de $1'55$, propia sólo para terrenos bien sueltos según Nicoli.

Calculando ahora la profundidad á que debe trabajar según el ancho hallado, lo que se consigue de la relación de esta medida y la cantidad $1'4142$ nos da 31 centímetros.

La segunda parte de la vertedera es bastante corta y sólo adaptable á los suelos arenosos.

Ahora bien, dada la soltura de las tierras á que parece haber sido destinado este arado según sus dimensiones esenciales, no se concibe como se haya dado á la vertedera un ángulo de penetración tan pequeño, cuando precisamente por las otras medidas, debía haberle correspondido el límite máximo admitido. Lo contrario sucede con el ángulo de inclinación del borde cortante de la reja, el cual, según el dibujo, excede del límite máximo que es de 40° ; no habrá economía en el esfuerzo á la tracción.

En resumen, este instrumento de labranza en el mejor de los casos, debiera adoptarse para los terrenos *muy sueltos con un ancho de 45 centímetros!! y una profundidad de 31 centímetros!* que en la práctica está muy lejos de dar por la desproporción que existe entre el cuerpo de la vertedera y su apéndice, con el ancho de la reja y su ángulo de inclinación. Además, habiendo tenido la ocasión de

ver trabajar el arado en el campo del Instituto, pudo comprobarse que no realizaba una labor buena á mayores profundidades de 25 á 27 centímetros. Si admitimos que 27 centímetros sea el límite máximo, le correspondería un ancho en la banda de $25 \times 1'4142$, es decir, 38 centímetros; y si á la reja para hacer este corte le basta $1/6$ menos de longitud, desperdiciamos así 3 centímetros más ó menos en la reja que no cumplirían más misión que producir un desgaste estéril de esfuerzo.

ARADO «SACK» D. 10, M. A.

De los tres arados considerados en este estudio geométrico, el que se acerca más á las formas y dimensiones teórico-científicas admitidas es el que encabeza estas líneas.

Perfil de frente: Por su vertedera puede clasificarse entre los de superficie *cilíndrica circular* pura. La lámina III (Fig. 5), lo demuestra perfectamente desde que todas las curvas dejadas sobre el papel por el perfilógrafo son arcos de circunferencia y como tales han sido trazados con compás.

Perfil lateral: A primera vista, por la silueta exterior que nos proporciona este perfil, tan distinta á la de nuestros arados comunes y aún á la de los dos mencionados anteriormente hace poner en duda la eficacia de su labor bien perfecta como lo veremos.

El ángulo de penetración equivale á $21^\circ 30'$ hallado como se ha explicado ya.

Perfil superior: Con un cuerpo de vertedera muy largo tanto en la 1ª como en la 2ª parte; con un ángulo de inclinación de la reja dentro de los límites exigidos para el menor esfuerzo, con un ancho en la reja relativamente pequeño, surge inmediatamente la bondad del arado en los terrenos compactos.

La proyección nos dá:

Ancho de la reja.....	30 cms.
Largo de la primera parte de la vertedera.....	67 »
Largo de la segunda parte de la vertedera.....	21 »
Angulo de inclinación del borde cortante 40° .	

Consideraciones: Desde luego, si el ancho de su reja es de centímetros

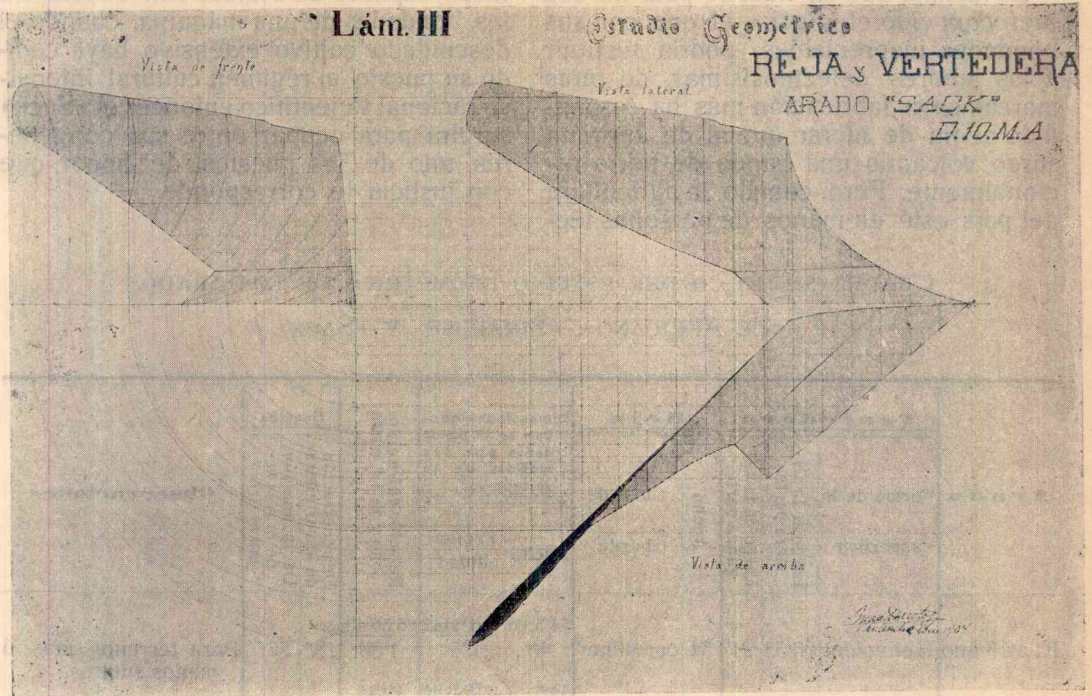


Figura 5

30 en el mejor de los casos puede abarcar en el trabajo una banda igual á $30 \times 6 \div 5 = 36$ centímetros.

Hallando la relación entre el largo de la primera parte de la vertedera y estos 36 centímetros de ancho, nos encontramos que equivale á 1.86; dato que nos pone en condiciones de clasificarlo entre los arados aptos para los terrenos arcillosos en los cuales son indispensables relaciones comprendidas entre los límites de 1,7 á 1,9 según Nicoli.

La profundidad que resulta más favorable según deducciones de los cálculos, está comprendida entre los 25 y 26 centímetros.

En cuanto á la segunda parte de la vertedera, con un largo que corresponde á 21 centímetros, está perfectamente dentro de lo racional, si tomamos como base la estructura del suelo en que debiera adaptarse y el máximo del ancho de la banda abarcada.

El ángulo de inclinación de 40° que posee el borde cortante, está comprendido también dentro de las exigencias teóricas.

Una particularidad que se nota en este

arado, comparado con los anteriormente estudiados, es la de tener el borde cortante de su reja rectilíneo, contrariamente al de aquellos que es curvilíneo, convexa hacia la punta, penetrante, cóncava en el resto del perfil. Pero como este dispositivo solo se adopta en favor del menor desgaste material de la pieza debido al rozamiento, sin influir en ninguna forma en cuanto á sus méritos como arado, no nos detendremos á hacer consideraciones al respecto.

Con estos antecedentes sentaremos que: *El arado Sack bajo el punto de vista científico debe considerarse como un instrumento de cualidades insuperables en suelos fuertes, trabajando á 36 centímetros de ancho y á 25 centímetros de profundidad.*

Antes de terminar, es justo dedicar algunas palabras de encomio á este arado alemán, fruto de un estudio hecho con conciencia y saber, donde se ha conciliado las necesarias leyes de la **mecánica agrícola con las imprescindibles observaciones que la práctica le ha sugerido á sus constructores.**

Es lástima que en nuestro país no sea bien conocido el «Sack», el que con sus bondades inapreciables, podría sustituir á las labores defectuosísimas, de otras marcas cuya fabricación más ha respondido al fin de lucrar que al de abrir un surco volcando una banda de tierra racionalmente. Pero, cuando la agricultura del país esté en manos de personas téc-

nicas capaces de evaluar con conciencia las bondades de una máquina, cuando el descuidado cultivo extensivo haya cedido su puesto al régimen cultural intensivo racional y científico entonces el «Sack» surgirá para ocupar entre sus congéneres uno de los puestos de honor que con justicia le corresponde.

CUADRO SINTÉTICO DEL ESTUDIO GEOMÉTRICO DE LOS ARADOS
«EL AFRICANO», «SIRACUSE» Y «SACK»

Arado	Vertedera			Reja		Dimensiones teóricas de la banda dadas por las medidas de la vertedera.		Relación entre el ancho y la 1. ^a parte de la vertedera.		Ángulos		Observaciones
	Forma de la superficie	Largo de la primera parte.	Largo de la segunda parte.	Ancho	Clase de borde	Ancho	Profundidad	De penetración de la vertedera	De inclinación de la reja según el tiro.			
El africano	Helicoidal	66'55	21	34	curvilíneo ^o	34'5×6'40	1'4142	66'50/40	1'66	18°	37°	Para terrenos más ó menos sueltos.
Siracuse.	»	70	14	39	»	59'5×6'45	1'4142	70/45	1'55	17°	42°	Para ter. muy sueltos.
Sack	Cilíndrica	67	21	30	rectilíneo	30'5×6'56	1'4142	67'56	1'86	11°	40°	Para suelos arcillosos.

Llegados así al final de este modesto trabajo, hay que advertir que él está muy lejos de ser completo.

Llevar y demostrar en el terreno de la práctica las conclusiones á que hemos llegado teóricamente hubiera sido nuestro ideal, pero las dificultades para realizar las experiencias en suelos de diferente constitución física, nos ha pue-

to en el caso de aplazarlas para otra oportunidad. Sin embargo, dentro del Campo Experimental del Instituto Superior de Agronomía y Veterinaria los trabajos y pruebas dinamométricas que se han efectuado con estos tres arados, han contribuido notablemente á robustecer el juicio teórico que hemos brevemente resumido.