

ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

POR

D. MARIANO FERNÁNDEZ CORTÉS

Y

CONTESTACIÓN

DEL ILMO. SEÑOR

D. JOSÉ MARÍA TORROJA Y MIRET

EL DÍA 29 DE JUNIO DE 1932



MADRID
ARTES GRÁFICAS FAURE
ABASCAL, 21
1932

DISCURSO

DE

D. MARIANO FERNÁNDEZ CORTÉS

SEÑORES ACADÉMICOS:

COMPARECE mi humildad, abatida y confusa, porque no puede creer que sea merecedora de la honra que recibe.

Cualquiera que desapasionadamente revise mi labor, advertirá que carecen de relieve todas mis actuaciones, ya como Profesor en enseñanzas de carácter matemático, ya como divulgador de innovaciones de la Mecánica agrícola. Y por ser así, sorprende que haya decidido la Academia concederme un honor máximo, no sospechado por mí, ni remotamente, y sin justificar, como no fuese por algún acuerdo extraordinario tomado para elevar, no reparando en altura, a los sólo laboriosos. Quizás se dijese a sí misma la Academia: por una vez, designaré uno de éstos, y puesta a buscar, lo hizo entre lo más modesto de la clase.

¿Gratitud que en mí engendra la altísima merced? No sé expresarla, porque no dí con frases que la indicasen siquiera, y tampoco las encuentro para mostrar claramente la vehemencia en mis deseos de que, recibiendo alientos de la gran veneración que la Academia me inspira, pue-

da yo colaborar, en cuanto me sea apropiado, con amplia asiduidad y con todo empeño.

* * *

Aumenta mi confusión al reflexionar que he de suceder al excelentísimo señor don Nicolás de Ugarte, alto prestigio, cuyas obras han marcado claras huellas en los caminos por donde va la ciencia.

El *Anuario* de esta Academia dice, en consideración a tan digno Académico numerario: “Coronel de Ingenieros del Ejército, Profesor de Mecánica y de otras asignaturas y Jefe de estudios que fué en la Academia del Cuerpo. Ex Jefe de la Sección cuarta del Estado Mayor Central del Ejército. Autor de muchas importantes y variadas obras científicas, a más de algunas literarias de mucho aprecio, etcétera, etc.”

Recoge bien esta síntesis los grandes merecimientos del señor Ugarte, y expuesta, podría ser omitido todo detalle. No obstante, debo tanto al eminente Ingeniero, por lo que me he servido de sus publicaciones, que no puedo dejar sin referir en estos momentos solemnes, y a título de ferviente tributo de admiración rendido al sabio, y de sentido recuerdo dedicado a su memoria, el impulso moral que hubo de infundirme uno de sus libros, el titulado *Cálculo analítico y gráfico de intensidades*.

Empezaba yo a ejercer; el destino me llevó a los campos de la Matemática, y espigando en estos campos, me

sentí atraído por los estudios de Mecánica; y los emprendí. Mas pronto me detuvieron dificultades en la comprensión de ciertas cuestiones que en consecuencia me salían al paso; cito, por ejemplo, el cruzamiento de las tan mal llamadas cantidades imaginarias. Y, desorientado, indagué sin fruto, pretendiendo aclaraciones. Con el fin de inquirir base para la explicación de lo que me resultaba poco comprensible, fui hasta los predicamentos que Aristóteles adoptó para expresar las ideas simples de la razón, y a la rectificación de Kant en la tabla de las categorías aristotélicas. ¡Cuánto tiempo perdí por falta de preparación! Pero se publicó la obra citada, la estudié, y vi con la claridad necesaria. Mi inclinación a saber y comprender la Mecánica, principalmente la aplicada, se afianzó, y sin perjuicio para mi devoción al cálculo analítico, me aficioné al empleo del cálculo gráfico.

Mucho debo, por tanto, al ilustre hombre de ciencia cuya pérdida lamentamos; no lo conocí personalmente, pero le respeté en sus escritos. Y ahora, al ponerse en contraste su autoridad y mi insignificancia, se me impone hacer notar, por deber de conciencia, que el puesto que ocupó en esta Academia el excelentísimo señor don Nicolás de Ugar-te sigue vacante.

* * *

Cumplidos, más de intención que de hecho, los deberes precedentes, he de atenerme también al precepto reglamen-

tario que obliga a desarrollar un tema científico. Poco he dudado al elegir asunto, pues, casi sin dilación, me pareció de prudencia y hasta de especial delicadeza, referirme a lo agronómico, y, dentro de ello, a lo más personal de mi labor. De dar título a mi discurso, habría de ser éste: “Algunas deducciones de la investigación en lo inherente a las máquinas modernas para el cultivo de las tierras”.

Unas palabras primero en concepto de preámbulo.

Los obstáculos naturales y los impedimentos de otra índole que tenazmente se oponen al holgado vivir de la Agricultura, crearon a ésta un ambiente de timidez y de indecisión, por lo cual no causaba efecto en ella, con la intensidad que lo produce en las industrias de fábrica, ese aire de renovación que anima y vivifica el perfeccionamiento industrial. De aquí la necesidad, sentida desde larga fecha, de ir impulsando la Agricultura, parte esencial de la riqueza de muchas naciones, por los medios eficaces para excitar y favorecer la acción de los factores de progreso.

Mas de entre los factores técnicos, el que tanto se significa en las grandes industrias fabriles, o sea el constituido por las máquinas motoras y operadoras, en Agricultura ha estado poco asistido. Cierto es que algunas máquinas agrícolas de actual utilización datan de época lejana; pero innegable es también que en lapso muy prolongado el adelanto fué lento y sólo mostró algún que otro resultado de relativa importancia.

Se atribuye este hecho a la gran fuerza que manda la tradición por la cual se guardan celosamente en Agricul-

tura las prácticas heredadas; pero, sin acudir a esta causa, se explica que la máquina agrícola se haya encontrado y se encuentre en desfavorables condiciones, no sólo con relación a otros auxilios derivados de la ciencia y de aplicación agronómica que merecieron en todo tiempo las atenciones más solícitas, sino también comparándola con las máquinas de las industrias de fábrica. Estas últimas máquinas, muy favorecidas por las circunstancias de su uso, fueron, desde luego, conjuntos constituidos en sus diversas partes con arreglo a principios rigurosos, y empleando instrumentos de medida precisos para comprobar en lo íntimo de lo exigido al conjunto. Aquélla, la máquina agrícola, no tuvo tan buen origen; es de funcionamiento rudo, discontinuo e irregular; no recibe muy buen trato cuando está en trabajo, ni atentos cuidados cuando pasa al reposo. A diferencia de esas máquinas industriales que en las fábricas modernas están instaladas en verdaderos salones, acondicionados con esmero, las más de las máquinas agrícolas han de funcionar a la intemperie, cubiertas de barro o de polvo, golpeadas por las piedras y arañadas por la maleza; y luego, en los períodos de larga inactividad, ya será, por lo general, mucho que se las ponga bajo cubierto, aunque sin impedir por eso que sirvan de percha a las aves de corral o que las arañas tejan tranquilamente sus telas en las máquinas paradas.

No es extraño, por tanto, que el adelantamiento de la maquinaria agrícola haya sido perezoso, y que la investigación verdaderamente científica no haya existido hasta

hace poco en estas cuestiones que, dicho sea de paso, son de las más intrincadas, de las que menos se prestan al análisis ordenado, y de hecho las que más rehusan la generalización de deducciones. Tampoco son de extrañar las muchas tentativas fracasadas que en la creación o en la aplicación del material mecánico-agrícola se registran, y como consecuencia fatal de estos fracasos, la desconfianza que han inspirado hasta los más evidentes aciertos en dicha actividad de la Mecánica.

Pero, contra todo esto, llegó a comprender la Agricultura que no podía sustraerse a influencias como las ejercidas por los adelantos mecánicos en la evolución de las demás industrias y víctima, en cierto modo, aquélla del progreso de éstas, y víctima, asimismo, de otros hechos, se ve al cabo obligada a remediar su situación, decidiendo acudir para ello a lo que en otras industrias fue causa de mejora. Por eso se advierte ya, que así como la evolución fabril del último pasado siglo fué en gran parte motivada por el empleo del vapor, de la electricidad y de otras fuerzas mecánicas, una evolución agrícola avanza en el siglo presente, determinándose varias causas de las que no es la menor el empleo, en lo posible, de los motores mecánicos.

Un motivo permanente —prescindo de los ocasionales— hará que el motor mecánico y sus operadoras se instauran con la debida largueza en los trabajos agrícolas. Es este motivo la tendencia a lo llamado industrialización. A pesar de lo poco propicia que la Agricultura se ha mostrado a prescindir de prácticas inveteradas, hubo de prestarse

a cambios como el de los primitivos molinos de agua y de viento, por la moderna molinería industrial; el de las pequeñas fábricas de azúcar, que tuvieron como principales accionistas a los mismos cultivadores de la raíz azucarera, por la gran industria que se concentra en poderosas fábricas; el de las reducidas destilerías, por amplias instalaciones industriales. Estos ejemplos, y otros que pudiera citar, prueban que la industrialización se siente en Agricultura: empezó por las fabricaciones, como lo más accesible, pero ahora se pretende, con verdadero tesón, llevar la reforma a todo, y por tanto, al cultivo de las tierras. No otra cosa supone la intensa sacudida determinada por la introducción de lo que se ha dado en llamar Motocultivo.

Decir motocultivo es decir cultivo mecánico de las tierras, cualquiera que sea la forma de energía mecánica utilizada; por ello se puede incluir en el otro grado de progreso el cultivo que utiliza la energía eléctrica, el cual, si se llegara a implantar con la extensión deseada, dejaría reducido el actual motocultivo a la condición de precursor, y a la de mero auxiliar en el cultivo eléctrico de los campos.

Las opiniones acerca de la importancia agrícola y social del motocultivo son todas favorables al mismo. El senador francés M. Chauveau reunió, en un valioso documento, los dictámenes de máximas competencias americanas y europeas; en todos estos juicios se señalan grandes ventajas a la reforma. Y son las más entusiastas y las que van más lejos en sus esperanzas, las competencias euro-

peas, así, por ejemplo, el Profesor Mayer afirma que la utilización de la energía mecánica tendrá por efecto modificar medios y costumbres, provocando la asociación y constituyendo, como consecuencia, sociedades que podrán beneficiarse de una mejor organización administrativa, de un trabajo técnico más competente, de talleres, depósitos y establecimientos sociales, y hasta de particulares representaciones en los centros de consumo. De tal suerte, dice el honorable profesor, que la sistematización futura debiera hacerse según la fórmula “los bosques para el Estado, el gran cultivo para las potentes Sociedades de industrias agrícolas, la huerta y el jardín para el pequeño cultivador”. Transformación, agrega, que ha de pasar por las mismas vicisitudes por que pasaron otras mudanzas igualmente radicales, producidas en actividades distintas, pero que al progresar como ha de hacerlo, determinará que se extienda el ejemplo de la India, donde funcionan multitud de Cooperativas agrícolas con legiones de asociados. Toda la técnica europea ve en el cultivo mecánico un problema de gran interés general, cuya solución ha de ayudar a resolver otro problema más amplio, que en la Agricultura del viejo mundo se ha presentado con el carácter de magna cuestión de subsistencias.

Es general el convencimiento de que se recomienda en gran número de casos la reforma; la potencia de los motores mecánicos, su velocidad de acción, su resistencia a la fatiga, y, como muy destacada, la condición de que no consumen cuando no trabajan, los ponen por encima de los

motores de sangre, y como en la bondad de trabajo nada podría señalarse en contra de aquel motor, su superioridad por los expresados conceptos no es atenuada por éste.

Pero al salir del dominio de las posibilidades materiales para penetrar en el de las económicas, forzoso es hacer ciertas reservas. No recaen éstas en lo referente al gran cultivo extensivo, pero sí afectan a lo relativo a la media y a la pequeña propiedad. En aquél constituye grave rémora el mucho tiempo invertido al realizar los trabajos por las prácticas de costumbre, y no es, por lo general, posible ejecutar las labores siempre a tiempo, llevar al máximo la extensión cultivada y prodigar las labores complementarias; todo lo que puede ser remediado con el cultivo mecánico. Por ello la innegable conveniencia de éste. Pero en la mediana y en la pequeña propiedad, si la fabricación actual de máquinas para el motocultivo pone en circulación motoras proporcionadas en potencia a la primera de éstas propiedades (10 ó 15 caballos en la barra o poco más), la frecuente diseminación de parcelas, sus cortas extensiones y otros inconvenientes—tales como los defectos de los caminos de acceso—entorpecen por lo menos, pero grandemente, la adopción de dichas máquinas. Habría pues de manifestarse una imperiosa necesidad económica para obligar a la pequeña y a la media propiedad a constituirse de modo que permitiese la implantación de la reforma, esto es, para decidirles a realizar convenios numerosos y complicados de los cuales resultasen grupos que, por su importancia y cohesión, como dice Jouzier, pudie-

sen permitir el establecimiento del cultivo mecánico, o para alentarlas a conseguir lo que Ringelman dijo que se ha de desarrollar en la Agricultura europea, un modo especial de asociación que determine agrupaciones de fincas colindantes, con suficiente área las agrupaciones, para que resultase factible y útil la aplicación de los métodos del motocultivo, cuyos trabajos serían ejecutados ya por empresas puramente industriales, ya por las constituidas por las mismas asociaciones de propietarios. Se deduce que, mientras la expresada necesidad no se manifieste con imperio, la aplicación del motocultivo se restringirá a poco más que a las grandes explotaciones.

Otras reservas se muestran, por ejemplo, la siguiente: el motor mecánico podrá reducir a un mínimo el número de los motores de sangre en las explotaciones agrícolas, facilitará la utilización de ganado que sea de labor y de renta a la vez, pero no determinará que el mínimo caiga a cero. Y esta es cuestión atendible, porque no pudiendo prescindirse por completo del empleo del motor animal, tendría que resultar provechoso, desde el punto de vista económico, esa especie de equilibrio que se habría de establecer entre motores de una y otra naturaleza.

Refiriéndome sólo a nuestro territorio, debo decir que son aplicables las reservas apuntadas para lo general, y que además se presentan otros inconvenientes, siendo los más principales la carestía de los combustibles y la falta de obreros bien instruidos. A pesar de todo ello hemos admitido de buen grado la reforma; el comercio de tractores

agrícolas adquirió bastante importancia en España; ahora está paralizado, pero es de esperar que surja de nuevo y se extienda esa forma de cultivo que se presenta, más quizá que como provocadora de aumento de bienestar y de prosperidades agrícolas, como condición necesaria moderna en la Agricultura mundial. M. Grosjean dice a propósito de este extremo: “En circunstancias normales el cultivo mecánico constituía ya, como el automovilismo, una conveniencia; las consecuencias generales de la gran guerra pasada lo han convertido en una necesidad casi universal.”

* * *

Basta de preámbulo, aunque tanto queda por decir; debo entrar de lleno en el tema, exponiendo con prisa lo referente a las máquinas operadoras del cultivo, para poder hablar también de las motoras. Acerca de sólo éstas me proponía disertar, pero opté por extender los argumentos, a costa de la extensión con que pudiera tratarlos, para presentar el asunto general algo completo. Al hacerlo así incurro necesariamente en ciertas repeticiones de lo que he de escribir en ponencias para Asambleas y Congresos.

* * *

Rigió durante algún tiempo una teoría para la labor de arado, que aunque daba por posible lo que es irrealizable,

o sea la conservación de la forma en las secciones, y los giros perfectos de las fajas o prismas de tierra que a labrar se remueven, tuvo una virtud: la de ocasionar la construcción de la vertedera helicoidal, con la que se consigue un efecto muy saliente: el de producir un movimiento de inversión en las fajas, las cuales se deforman y, en su caso, se disgregan más o menos, según la cohesión del terreno en que se labra. La superficie de esta vertedera se compone de dos partes, que se acuerdan por una línea de paso, el “cuerpo principal” y el “apéndice”, tienen curvaturas apropiadas para hacer que la faja de tierra que van cortando la cuchilla y la reja o ésta y el borde anterior de la vertedera, tienda a volverse.

El nuevo arado fué con prontitud admitido, correspondiendo a este hecho el de desaparición de otros arados que por aquél entonces existían. Se deshecharon, en efecto, las mil formas caprichosas que la fantasía del artifice asignó a las vertederas antes de ser conocida la teoría que pomposamente se llamó en un tiempo “Teoría mecánica del arado”; desaparecieron también las vertederas propuestas por Arbunot, o sean las por él denominadas de curvatura de cicloide, pasaron con honores a la historia de la Mecánica agrícola los arados de Miquet y de Dombasle, y no pudo subsistir tampoco la vertedera proyectada por Jefferson, el célebre presidente de los Estados Unidos de América, vertedera ésta cuya forma correspondía, según estudios de Hachette, al paraboloide hiperbólico, y cuyos procedimientos de trazado y construcción fueron indicados por Olivier y

Valcourt. En cambio, la vertedera helicoidal, que con bastante acierto, pero con exagerada generalización hubieron de proponer Lambruschini y Ridolfi, ha llegado hasta nosotros casi sin modificación de trazado.

Posteriores estudios, muy perseverantes y muy merecedores del calificativo de científicos, han dado origen a nuevas formas de vertedera, señalando a cada una su aplicación especial. En virtud de estos modernos estudios y de los perfeccionamientos introducidos en las fabricaciones, disponemos actualmente de varios tipos o formas principales de vertederas helicoidales y cilíndricas, con no pocas variedades dentro de cada tipo; y disponemos además del especial y muy interesante órgano de trabajo llamado disco, cuya construcción obedece al propósito de sustituir el rozamiento de resbalar producido en el movimiento relativo de la tierra sobre la vertedera, por otro rozamiento que fuese como el de rodar, y por tanto menos nocivo. El disco proyectado y construido por la mecánica norteamericana, tan empleado en los Estados Unidos, y cada vez más utilizado en otras partes, es un casquete bien elipsoidal, bien esférico, montado de modo que pueda girar sobre un eje coincidente con el de revolución del casquete, quedando oblicuada la posición del disco respecto a la vertical y a la dirección del desplazamiento del arado. Con este montaje, el disco actúa a la vez de reja cuchilla y vertedera, cortando fajas de tierra cuya sección teórica es un paralelogramo mixtilíneo, en el cual son como arcos de elipse los lados menores.

Y con las vertederas modernas y con el disco, parecía que había llegado a perfección la más importante de las operadoras del cultivo. Pues bien; cuando se daba por resuelto con las nuevas formas de arado el problema relativo al trabajo de las tierras, cuando se creía que la técnica no tenía para qué fijar ya su atención en dichas máquinas, un tan autorizado agrónomo como Deherain señala, a título de necesidad apremiante, la de imaginar nuevos instrumentos con los cuales se consiga preparar el suelo de modo muy distinto a como lo labramos hoy con las operadoras en uso; porque —vino a decir el maestro— cuanto más disgregado, removido y aireado quede el suelo, más rápida e intensa será la acción de sus micro-organismos nitrificadores. Por esto son de urgencia, agregaba, instrumentos más perfectos que los actuales. Y hasta llegó a predecir Deherain que las máquinas de cultivo hoy en uso no tardarían en convertirse en objetos meramente curiosos, que habrían de pasar a los Museos de instrumentos agrícolas, para agruparse con el rudimentario arado de madera de los salvajes y con los arados de los galos. Pura sutileza, quizás, esta predicción, pero escrita por el excelso agrónomo causó gran efecto.

El reproche lanzado así por Deherain a la Mecánica agrícola se convirtió muy pronto en cuestión grande de esta rama y de otras de la Agronomía. Se pasó sin tardanza a estudiar el asunto, y se llegó hasta organizar Congresos, tan importantes como el celebrado en Amiens. De los estudios y discusiones nació una escuela, digámoslo así, que

persigue lo que se convino en llamar “evolución lógica del útil de labranza”. Rechaza de plano la escuela la preparación que se viene dando a las tierras de cultivo, y formula los principios directores de dicha evolución, estableciendo, en resumen, lo siguiente: “El agua es parte integrante del suelo arable, y los movimientos del agua en él dependen del estado físico del mismo; supeditada a estos movimientos está la vida del vegetal; las plantas necesitan agua en cantidades variables, según las especies, pero sensiblemente uniformes para todos los países; a satisfacer estas necesidades se puede contribuir con las labores. El trabajo de preparación del suelo no ha de originar esa capa que hoy se forma debajo del espesor labrado y cuya dureza es un obstáculo para los movimientos del agua, capa llamada “plow sole” por los americanos, que la suponen debida al alisamiento y a la compresión determinados en el fondo del surco por el paso repetido de los dentales. Las labores complementarias han de romper la capilaridad cerca de la superficie, para evitar de este modo los excesos de evaporación. La tierra ha de quedar en las condiciones que fijó Deherain.

Y con los itinerarios trazados por estos principios, se fué en busca de una máquina ideal que pudiera poner el suelo, mediante una sola labor, de un solo golpe, en ese estado de división indicado por muchos como el más conveniente para todo cultivo. No quieren perder de vista los que tal buscan ni el aspecto agrícola ni el aspecto mecánico del problema, y como establecen la condición primera

de que el nuevo instrumento se adapte al motor mecánico, porque de antemano ven que sería inapropiado a los motores de sangre, y como en aquel motor sucede que la potencia transmitida al órgano de acción produce un movimiento circular, pretenden utilizar este efecto para hacer que entren en trabajo piezas u órganos cuyos movimientos durante el mismo sean, o totalmente rotatorios o circulares alternativos. He aquí en lo que consiste la aparatosa “evolución lógica del útil de labranza”.

Indiquemos lo alcanzado. En ninguna ocasión se habrá mostrado el empeño con mayor brío que en ésta; ingenieros y constructores intentan conseguir lo impuesto por la nueva escuela, y crean a toda costa más y más máquinas con mecanismos de trabajo de los antes reseñados. Citaré algunas de ellas, ya de las que por otras razones fueron con prioridad construídas y en las que se perseveró por adaptarse al nuevo aspecto, ya de las de reciente proyecto. El auto-arado de rejas percusoras “Linard Hubert”, la máquina “Landrin”, la cavadora “Koenig Saint Georges”, la máquina con piezas de trabajo rotatorias “Koszegi-Lantz”, la “Boghos Nubar Pachá”, las máquinas “Vermond-Quellenne”, “Darby”, “Cooper”, “Gantz”, “Charmes”, “Lepehne”, “Mallet”, “Peugeot”, y como merecedora de mención especial, la muy original, con mecanismos de trabajo flexibles, debida al ingeniero Konrad de Meyenbourg, la hoy denominada “Somua”.

La investigación en lo relativo a estas máquinas ha sido rigurosa, pero llevándola, más que del lado mecánico,

por otras vías. Expondré los resultados, pero antes haré algunas indicaciones respecto a los ensayos de máquinas aratorias. En muchas de las indicaciones me atengo a lo que dice Mr. Bourdelle, Ingeniero director de la Estación central de ensayos de máquinas agrícolas instalada en París. Es este técnico más exigente en ciertos pormenores que la Estación de ensayo de máquinas de nuestro Instituto nacional Agronómico, y los dictados de aquél calman la preocupación de ésta de haber pecado, quizás por exceso de rigor, al apreciar el trabajo de las operadoras del cultivo.

Las constantes de construcción de una máquina inciden en la noción de rendimiento máximo, el cual, a su vez, reclama la curva característica que permita averiguar para qué valores de las variables de funcionamiento dicho máximo se alcanza. La curva característica del rendimiento en función de la potencia útil, en un tiempo dado y a la velocidad de régimen, supone la medición previa o la especificación de las magnitudes físicas de construcción de la máquina, de las que se deducen los valores nominales de las variables de funcionamiento. Especificación, características, rendimiento, son, por tanto, tres nociones solidarias que suponen apreciaciones concomitantes para los ensayos de una máquina cualquiera, y por tanto, de la agrícola.

Para hallar las condiciones en que la máquina da su máximo rendimiento, se han de calcular los trabajos útil y motor. El cálculo del trabajo útil es muy difícil en una operadora agrícola por la naturaleza de las fuerzas que en él intervienen.

El trabajo útil de una máquina de cultivo consiste en los desplazamientos de las masas de tierra con objeto de mullir el suelo como conviene a las transformaciones biológicas y químicas, consiguiendo además la continuidad del substratum que la planta necesita. Hay que medir, por tanto y primeramente, el volumen de tierra desplazado y la densidad del suelo *in situ*, para calcular después el peso de la tierra removida. Luego, y para proseguir el cálculo, se ha de hallar la diferencia de los niveles del suelo antes y después de ser labrado, porque el desplazamiento vertical de las partículas térreas corresponde al trabajo utilizado. Mediante aparato especial, se pueden obtener curvas indicadoras en un plano vertical a la vez que normal, a la traslación de la máquina. Midiendo suficientes ordenadas (15 p. e.) en un intervalo de abcisas (p. e. 18 centímetros), y con relación a ejes que fija el aparato, las curvas pueden ser construídas; pero no son indispensables estos trazados, porque la ordenada media es calculable por el método de los trapecios en cada grupo de determinaciones de las dos que han de hacerse para obtener los perfiles superficiales del suelo antes y después de la labor. Obtenidas las ordenadas medias Y_m e' Y'_m con las ordenadas medidas en las dos operaciones, refiriéndose a los mismos ejes, y a las mismas abcisas, la elevación E de nivel será: $E = Y'_m - Y_m$.

El error probable cometido en E depende de los errores probables en Y_m e' Y'_m . El valor de cada ordenada media calculada por el método de los trapecios, no difiere sensiblemente de la media de las 15 ordenadas medidas para

obtenerla. Luego, considerando a $Y_m e' Y'_m$ como las medias de sus correspondientes 15 ordenadas, se hallarán las diferencias d y d' entre los valores obtenidos para $Y_m e' Y'_m$ y cada uno de los 15 valores que han servido para los cálculos respectivos.

Los errores probables e y e' en $Y_m e' Y'_m$, serán

$$e = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{15^2}} \quad e' = \sqrt{\frac{\Sigma d'^2}{15^2}}$$

y el error en E afectará la forma

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\Sigma d^2 + \Sigma d'^2}{15^2}}$$

Con el modo de operar, expuesto el error en cada determinación, rara vez excede de 2,5 mm. y su valor medio es de 2 mm.

Ringelman y su colaborador Bourdelle encarecen estas investigaciones; con ellas es posible caracterizar la acción mecánica de una máquina de cultivo o de una labor determinada. Los estudios realizados por dichos investigadores en la Estación de Física agrícola de Versalles, les llevan a fijar en una labor de pala o de azada y a 15 cm. de profundidad, un levantamiento vertical de 35 mm. en primavera (humedad bastante elevada) y de 25 mm. en estío. Esta variación es interesante porque mide el aumento del aire con relación al volumen inicial del suelo.

El método descrito es de mayor precisión que el de las densidades de los suelos, basado en el cálculo de las porosidades.

Realizado cuanto queda dicho, se pueden deducir los trabajos útil y motor,

$$T_u = s l A \delta \quad T_m = F l \cos i$$

y de ellos el rendimiento.

En estas fórmulas, s es la sección media transversal de la tierra desplazada; l , la longitud de la faja de ensayo; A , la densidad media de la tierra en su natural estado; δ , la traslación media vertical del centro de las secciones transversales; F , la fuerza media exigida por la marcha de la máquina; i , la inclinación de la fuerza de tracción sobre la dirección de la marcha.

Lo expuesto se refiere a un ensayo por método directo, sólo aplicable en un número restringido de casos, en los de tierras pulverulentas. En casos más generales, el trabajo útil ha de ser obtenido por descomposición en trabajos parciales. Las resistencias opuestas al avance de la máquina en trabajo son fuerzas del mismo orden; cohesión, adherencia, rozamiento, son manifestaciones diferentes de acciones tangenciales de superficies en contacto; ya había sido previsto este hecho por Coulomb, en lo que se refiere a la acción de tierra sobre tierra, y su hipótesis fué verificada más tarde, a petición de Resal, por las experiencias de Frontard relativas a los macizos térreos profundos.

La fuerza tangencial T necesaria para producir el deslizamiento de los órganos de trabajo en la tierra, se expresa por la suma de dos términos, uno en proporcionalidad con la presión normal N y correspondiente a la acción de los elementos duros; otro C , independiente de N , determinado por las acciones de los elementos plásticos y que representa la adherencia.

$$T = Nf + C \quad f = \text{coeficiente de rozamiento.}$$

Es preciso medir C y f , que, lejos de confundirse, se superponen en el contacto de los metales con la tierra, y para conseguirlo son necesarias otras determinaciones: las de porosidad, humedad, espacios entre partículas, repartición de los elementos del suelo en dimensiones diferentes, etcétera, etc.; averiguaciones éstas de campo o de laboratorio y que llevan a medir en definitiva las magnitudes de funcionamiento de la máquina, las cuales dependen de la configuración de ésta en la transmisión de los esfuerzos, expresando cómo la máquina se comporta en relación a las resistencias de diversos órdenes que ha de vencer al desplazarse.

Las magnitudes de funcionamiento α β γ dependen de la construcción de la máquina y evalúan el trabajo puesto en juego por ésta, para la unidad de módulo.

Los trabajos α β γ se expresan por integrales, pero pueden ser determinados experimentalmente mediante en-

sayos efectuados en cuatro terrenos diferentes, con lo que se obtienen cuatro ecuaciones de la forma

$$T_m = \alpha f + \beta \operatorname{tang} \varphi + \gamma C + G$$

f = coeficiente de rozamiento de metal con tierra; $\operatorname{tang} \varphi$, coeficiente de rozamiento de tierra con tierra; C , cohesión; G , trabajo de la gravedad; T_m , trabajo motor. Y medidos directamente $T_m, f, \operatorname{tang} \varphi, C$, se podrán deducir los valores asignables a α, β, γ, G supuestos invariables de un suelo a otro, lo que es admisible, porque la buena regulación de la máquina se obtendrá por un reparto constante de presiones verticales y de empujes horizontales en las masas de tierra, cualquiera que esta sea.

La aproximación que así resulta es, en general, suficiente para terrenos poco desemejantes por las magnitudes mecánicas, pero cuando se ha de obtener más rigor es preciso calcular los trabajos específicos de los módulos $\operatorname{tang} \varphi, C$ sobre la unidad de volumen del suelo y entre el principio y el fin de la operación.

El trabajo motor total podrá expresarse por (según Bourdelle)

$$T_m = \alpha_1 f + \beta_1 \operatorname{tang} \varphi \int_{p_0}^{p_1} \frac{1-p_0}{(1-p)^2} dp + \\ + \gamma_1 \int_{p_0}^{p_1} C \frac{1-p_0}{(1-p)^2} dp + G$$

p = porosidad.

Y como el sólo trabajo útil, además del de la gravedad, es el que resulta de la ruptura del suelo, es decir, de una resistencia, debida a C , el rendimiento vendrá expresado por

$$\mu = \frac{\int_{p_0}^{p_1} C \frac{1 - p_0}{(1 - p)^2} dp + G}{T_m}$$

Y muy bien estas normas, en gran parte resultantes de proposiciones de Bourdelle, pero no son completas. En las apreciaciones de una operadora del cultivo, supongamos un polisurco, son inevitables otras observaciones delicadas: las de profundidad de surcos, indagando si es o no regular; la de uniformidad de penetración de los cuerpos de arado; la relativa al equilibrio de la máquina, viendo si además de cumplirse la condición anterior corresponde el tren de trabajo que se efectúan al que deben dar por sus dimensiones los cuerpos de arado. Los aforos han de ser muy repetidos para formar juicio de estas circunstancias. Y siendo finalidad de los ensayos ver si se realiza una labor a la vez que regular apropiada, las condiciones en que queda el terreno labrado han de ser bien advertidas. Son, por tanto, exigentes de atención las pruebas de funcionamiento de las operadoras del cultivo de las tierras.

Volviendo a lo que dejé interrumpido, importa decir que desde el punto de vista mecánico, los órganos giratorios son mejores que los conducidos por arrastre, pero es

poco probable que con una sola forma de aquellos órganos se consiga labrar bien en todos los terrenos, en todos los estados de un campo y a cualquier profundidad, y si esto es así, resultaría necesaria, en el empleo de las máquinas a que últimamente me refería, toda una larga serie de piezas de acción adaptables a las diversas condiciones que imponga la labor. El ideal perseguido no quedaría realizado, apareciendo además inconvenientes de costo y de manejo de la máquina.

Ha dicho también la investigación que de entre ser rígidos o no serlo los órganos de trabajo, el acierto reside en los flexibles, puesto que por especiales razones, de índole mecánica, estos órganos exigen, a igualdad de efecto producido, menos esfuerzo motor.

La investigación puso reparos a todas las máquinas citadas, incluso a la "Somua", aunque considerándola como la mejor orientada al utilizar piezas de ataque insertas en árbol de rotación, y constituídas por barras finas de acero perfiladas en garra, las cuales se repliegan independiente y elásticamente de atrás hacia el eje.

La objeción general a cuantas operadoras determinan un gran desmenuzamiento del suelo arable, consiste en lo siguiente: el agua de lluvia apelmaza un terreno y lo cementa, cual se dice, tanto más intensamente, cuanto más disgregado éste se halle; por ello, si el suelo quedase muy dividido, las lluvias podrían determinar dicho efecto, y luego, con la primera sequedad que sobreviniese, la tierra podría endurecerse, disponiéndose en bloques; como conse-

cuencia, la pulverización de la capa labrada con sus propiedades para la nitrificación desaparecerían por completo. Donde la acción de las máquinas de que se trata, sobre todas la “Somua”, resulta beneficiosa, es en ciertas labores que debieran estar más prodigadas, las de alzar inmediatamente después de la barcina, pero con sólo estas aplicaciones, aunque muy interesantes, no se habría logrado el fin perseguido.

Es de razón admitir que existe la posibilidad de poner el terreno de cultivo en estado conveniente de disgregación, con el trabajo complementario de los muy perfectos cultivadores y gradas en uso. En otro aspecto es más abstruso el problema, en el del gasto de kilográmetros para la inversión de la capa laborable; se estudian y se proponen formas de labor con mullimiento del suelo, pero sin invertirle; son de lógica estos procedimientos en muchos casos, pero no se puede negar que en otros la inversión parcial es necesaria. En Agricultura nada es absoluto.

Terminaré esta abreviada referencia a las operadoras modernas destacando una aplicación muy transcendental del cultivo mecánico; la de desfonde con poderosos tractores, mejor del género “caterpillar”, y operadora especial, la púa Killefler, tan empleada en la Agricultura de California, y con la cual se ha realizado en España un trabajo muy notable: el de preparar un extenso terreno para plantación de naranjal y otros frutales. Consiste la púa en una cama robustísima, en la que se inserta un puntal, también muy resistente y con corte por delante; en el extremo li-

bre del puntal se fija un cuerpo de arado topo, casi una cuña. El terreno que se ha de desfondar es rajado, podemos decir, en cuadrícula más o menos estrecha; con esto, el terreno que al exterior sólo muestra las hendiduras producidas por el puntal, queda en realidad muy conmovido, y si se ha de hacer una plantación, se colocan los plantones sin más que introducirlos en lo cuadrículado, por los vértices que convenga.

* * *

Paso a referirme a la máquina más genuina del actual motocultivo: al Tractor con motor de explosión. No haré distinción del motoarado porque lo referente al primero es casi todo aplicable a la parte motriz del segundo.

Viene siendo el Tractor objeto de investigaciones muy atentas desde la iniciación del cultivo mecánico, porque se ve en dicha máquina la forma más apropiada para conseguir lo pretendido. Por su modo de ser, se prestan los tractores a pronta disposición para el trabajo, a marchas rápidas, a evoluciones fáciles; se enganchan directamente a las distintas máquinas operadoras de trabajo en campo y a las de transporte; y actuando como motores en fijo, ponen en funcionamiento, mediante conexión por enlace flexible, a máquinas muy diversa instaladas en fijeza. Son libres, independientes y llevan siempre consigo la energía motriz, cumpliendo de este modo una condición esencial

que los trabajos agrícolas exigen a los motores: la facilidad para el desplazamiento de la acción que éstos han de rendir.

Pero en las aplicaciones se muestran circunstancias que determinan imperfección en los tractores. Dispendiosos de energía por su rendimiento termodinámico, que no es elevado, y por la velocidad angular del motor, que siendo relativamente grande exige mecanismos reductores para engendrar las convenientes marchas traslatorias del tractor, son, también, derrochadores de fuerza por su desplazamiento al ejercer la tracción, resultando que el esfuerzo disponible en lo que se dice la barra, o sea en el enganche, se reduce, por lo común, al 50 por 100 del correspondiente a la potencia que da el motor.

Y como en Agricultura es decisivo el costo de las operaciones, se comprende lo que preocupan en las muchas fábricas de tractores y en las Estaciones de ensayo de máquinas agrícolas, las modificaciones que se pudieran introducir para alcanzar un funcionamiento más económico y, si fuese posible, más perfecto del tractor. La cuestión se presenta erizada de dificultades, por ser muy compleja, y porque no disponemos de recursos de ensayo, en lo suficiente exactos, para hacer apreciación de fenómenos que se ve que se realizan, pero que no pueden ser aquilatados. Faltan, me permito repetir, en la investigación de lo peculiar de los tractores, medios para realizar averiguaciones muy especiales que completasen lo que se consigue precisar con los abundantes y muy delicados aparatos que tene-

mos en los grupos de Cinemómetros, Dinamómetros, Indicadores, Frenos, etc., etc.

Un programa acertado y sintético de lo que abarcan las expresadas investigaciones es el formulado para el famoso Congreso que se celebró en Soissons. De este programa transcribo los temas más principales.

Estudio de la crisis del carburante y determinación de las sustancias más económicas que pudieran utilizarse en los motores de explosión empleados en Agricultura.

Determinación del tipo de motor de explosión más a propósito para las operaciones agrícolas.

Sistema de reducción de velocidades.

Medios susceptibles de aumentar la elasticidad del motor.

Crítica de la utilidad del diferencial y determinación de los medios mecánicos más ventajosos para sustituirle.

Arduo problema de la adherencia; procedimientos para aumentar la de las ruedas motrices.

Estos temas capitales, con otros, si secundarios, no desprovistos de importancia, motivaron levantadas discusiones.

No he de pretender abordar, en lo poco que me resta de una disertación breve, todos los asuntos preinsertos. Sólo intento exponer los resultados de investigaciones de allá y de aquí, en algunos de los puntos.

En los comienzos de la construcción del motor de explosión para automóvil o para tractor, no existían estudios sistemáticos de los diferentes órganos del motor; se procedía casi por empirismo, contentándose con que marchase

la máquina sin demasiadas detenciones intempestivas; pero pronto se pretendió obtener en el motor el máximo de potencia con el mínimo de consumo. Potencia específica elevada y buen rendimiento; tales son las preocupaciones de los técnicos desde que se precisaron las directrices generales.

La penuria del carburante y la conveniencia en cada país de sustituir el combustible exótico por otro nacional, llevó a los químicos y a los ingenieros a investigar, de acuerdo, con objeto de reducir el consumo, mejorar el rendimiento y conseguir dicho cambio. La expansión prolongada, como en el motor Andreau, y el aumento de la compresión, fueron problemas inmediatamente estudiados por los ingenieros.

Los químicos, por su parte, buscan la fabricación del carburante con los recursos propios del país, o la reproducción por síntesis de los hidrocarburos análogos a las llamadas esencias. Y así resulta un cambio de problema, porque si el motor fué proyectado para quemar dicho carburante y todos los progresos tendían a mejor adaptar el motor a la esencia, al querer reemplazar ésta, se plantea la cuestión inversa de ajustar el carburante de sustitución al motor dado. Claro es que nada impide estudiar motores que se basen en un principio diferente, y hacia esto también se camina; sin embargo, el motor para esencia seguirá siendo, durante tiempo, el motor predominante para el vehículo automóvil y para el tractor; por ello, lo que de momen-

to importa es sustituir dicho combustible por otro nacional y económico.

Graets y Burgart han tratado con toda suficiencia este asunto, y establecen como premisa que las propiedades del carburante de sustitución han de ser, en lo posible, análogas a las de la esencia; y que en el caso de alejarse mucho una de las características, se habrían de introducir en el motor las modificaciones consiguientes.

No puedo seguir paso a paso a las autoridades citadas en el examen de los carburantes líquidos de sustitución; esto exigiría mucho tiempo; pero sí puedo resumir diciendo que, previa exposición de las características de los combustibles líquidos, volatilidad, poder calorífico, temperatura de inflamación, homogeneidad, densidad, carburación, detonación, oxidabilidad, etc., describen diferentes carburantes, que pueden ser agrupados como sigue: 1.º Derivados del petróleo, tales que las esencias, el white spirit y el gas-oil; 2.º Los alcoholes etílico y metílico, el benzol; 3.º Las mezclas carburantes binarias, esencia-alcohol y esencia-benzol; 4.º Las mezclas ternarias, alcohol-esencia-benzol, y la mezcla de alcohol metílico-alcohol etílico-benzol. Las conclusiones a que llegan Graets y Burgart son: que la industria química dispone de materias primas para la composición de mezclas cuya eficacia está demostrada; que se puede dotar así al automovilismo en general de nuevos medios de acción, y que se podrá entrar en la vía de la sobrecompresión, porque tiende a desaparecer la barrera que se oponía: la detonación y el autoencendido. Dicen, como final,

que la esencia etilada es merecedora del aprecio que Inglaterra y América la conceden.

Llevando el asunto a lo que es cometido de mi especialidad, voy a fijarme en lo que tanto interesa cuando se pretende la economía de funcionamiento de los tractores agrícolas.

El fenómeno de la detonación abre el camino a investigaciones fecundas en lo relativo al alza de rendimiento de los motores de explosión. Es sabido que se aumenta el rendimiento acreciendo la presión inicial de la mezcla carburada introducida en el cilindro. Así se admite que, si se pasa de la compresión volumétrica 5 a la 7, se llega, teóricamente, a un aumento de potencia del orden del 10 por 100. Pero teóricamente nada más, porque se ha visto que si se rebasa en un motor normal de marcha rápida (2.000-5.000 vueltas), alimentado con esencia, la compresión 5, se produce una continuidad de choques que imposibilitan el uso del motor. M. Dumanois, Ingeniero jefe de Aeronáutica en Francia, dice que estos choques deben ser atribuidos a la formación de una onda explosiva que, sustituyendo a la combustión regular de la mezcla carburada, determina las perturbaciones; y colaborando con M. Laffitte, ha precisado el sistema de formación de la onda explosiva, y ha indicado que cuanto más se eleve la compresión inicial de la mezcla, más se aumentará la velocidad con que se forma la onda. Los investigadores citados concibieron un émbolo especial que les permitía alcanzar una compresión de 6,7 en determinado motor, que se alimentaba con mezcla de

esencia y petróleo; el consumo se reducía, respecto al gasto del motor, en las condiciones normales. Otra solución muy curiosa fué la propuesta por Midsley y Boid, los cuales afirmaron que se reducía la detonación mezclando con la esencia cantidades débiles de diferentes substancias, tales como el plomo tetra-etilo, el hierro-tetra carbonilo descubierto por la Badische Anilin Fabriken, el telurio dietilo, el selenio dietilo, el estaño tetra-etilo, etc., etc. Por el contrario, ciertos compuestos como los nitritos y los nitratos orgánicos favorecen el fenómeno.

Los carburantes derivados del petróleo, esencia, white-spirit, gas-oil son detonantes, y no se debe rebasar con ellos la compresión 5; por el contrario, las esencias obtenidas por cracking, es decir, por descomposición térmica de las fracciones pesadas del petróleo, son antidetonantes.

Haciendo una digresión, diré que el empleo del gas-oil, menos volátil que la esencia, ha llevado a pensar que dotando al motor de recalentadores y de gasificadores, se podría mejorar su funcionamiento; pero bajo la influencia de la temperatura y de la presión, el gas-oil se descompone dejando un depósito de carbón, que ensucia rápidamente el motor, y una parte de gas-oil no quemado pasa al cárter, mezclándose con el aceite de engrase y alterando los efectos lubricantes. Mejores resultados se obtienen descomponiendo el gas-oil antes de ser introducido en la cámara de combustión; este es el principio de varios gasificadores, el Catalex, el Skylowsky y el Gasificador-economizador Velázquez, inventado por el ingeniero agrónomo ape-

llidado así, y que presta servicios en la Estación de Ensayo de Máquinas agrícolas instalada en Madrid; es este gasificador el construido por la Sociedad anónima Gevsa.

He ensayado el Catalex en laboratorio y en campo; de este último modo lo ensayé con motivo del Concurso de equipos para el motocultivo y para el despalmitado que se efectuó en Tetuán (Marruecos) en abril de 1930. El gasificador-economizador Velázquez ha merecido un informe altamente laudatorio de Mr. Tookey, Vicepresidente de la Asociación de Ingenieros de Automovilismo en Inglaterra, el cual vino a España por decisión de The Northern Mercantile & Investment Corporation Limited para hacer en Zumaya y en Madrid inspecciones y pruebas del aparato. Nada afirmo del Skylowski, porque sólo por descripción lo conozco.

La investigación viene mostrando que no se ha llegado a completas perfecciones en los gasificadores, aunque se haya conseguido mucho.

Agrego, por mi parte, que en dicho Concurso se apreció que, exceptuando los motores de dos tiempos y los semidiesel contruidos especialmente para quemar aceite pesado y en los cuales el de engrase se utiliza una sola vez, las pérdidas de viscosidad, grado Engler, del aceite del carácter, referida la pérdida a la hora de trabajo, apenas baja del 10 por 100 al alimentar con gas-oil y sin gasificadores los motores para gasolina.

Prosigo en lo concerniente a la elevación de potencia específica.

Esta elevación se obtiene de dos maneras: o mejorando el régimen de combustión, o aumentando el número de explosiones en la unidad de tiempo, esto es, haciendo girar más rápidamente al motor. En los tractores agrícolas no conviene elevar la velocidad angular del motor. Por ello, se ha de acudir al otro recurso, al de mejorar la utilización del combustible en el interior del cilindro; y en esto tiene una acentuada influencia la forma de la culata.

El muy competente H. Petit razona extensamente respecto al asunto, y es en él, como en otros muchos, experto guía. Sigámosle en lo posible.

Si V designa la cilindrada y v la capacidad de la culata, los gases que al fin de la aspiración ocupan la capacidad $V + v$ se hallarán, al terminar la carrera de compresión, obligados a reducirse al volumen v de la culata. La

relación $\frac{V + v}{v}$ es la medida de la compresión, lo que

abreviadamente se llama la compresión, la cual es independiente de la unidad adoptada para medir los volúmenes. Pero en los motores de explosión la válvula de aspiración está abierta un cierto tiempo después de llegar el émbolo al punto muerto bajo; por tanto, no es el volumen $V + v$ el que los gases ocupan en el momento en que la válvula de aspiración se cierra, es un volumen más pe-

queño V' ; y la compresión verdadera es $\frac{V'}{v}$ casi siempre

diferente de la antes expresada.

Las leyes de la termodinámica muestran que el rendimiento teórico del motor es, volvemos a decir, tanto más elevado cuanto mayor es la medida de la compresión o más bien la de la expansión; en los motores corrientes esta medida es sensiblemente igual a aquélla. Ya dijimos que el aumento de la compresión no puede hacerse sin tasa, porque, con poco que exceda de cierto límite, el funcionamiento del motor se hace defectuoso; por consiguiente, la subida del rendimiento del motor se ha de buscar conservando la compresión apropiada.

Si la compresión de los gases fuese tan rápida que se pudiese prescindir de transmisiones de calor a las paredes del cilindro, la compresión sería adiabática y su ley se expresaría por la fórmula $PV^\lambda = const$. La compresión isotérmica se indica por la fórmula $PV = const$ (ley de Mariotte).

El supuesto de la compresión adiabática no se realiza en la práctica, y hay cesiones de calor de los gases al cilindro, existiendo una gran diferencia entre la temperatura de las paredes de la cámara de combustión y la de los gases que ésta contiene; por consecuencia, es de lógica admitir que los gases quemados se enfríen al contacto con la pared, y es de interés disminuir la cantidad de calor así cedido.

La disminución puede alcanzarse, ora haciendo menor la diferencia de temperaturas de gases y pared, ora reduciendo en extensión el contacto de unos y otra. Los intentos encaminados a sostener una temperatura relativamen-

te alta en la culata dieron siempre resultados precarios, y sólo como recuerdo histórico merece ser citado el procedimiento Boursin, en el cual, si el enfriamiento de la pared del cilindro, propiamente tal, se hacía con agua, el de la culata se realizaba por una aleación fusible, que permitía temperaturas que excedían bastante de los 100°.

Resulta más indicado reducir el área de las superficies en contacto, esto es, disminuir la de las paredes de la cámara de combustión. Salta inmediatamente la forma que se debe dar a ésta: la esférica. Pero como en el émbolo se han de conservar las bases planas por varias razones, y como primera, la de obtener una cámara de combustión en lo necesario pequeña, para alcanzar la compresión admisible y conveniente, lo que no se lograría terminando el émbolo en semiesfera hueca, la forma mejor para la cámara es la semiesférica.

Los motores con culata de esta forma revelaron un progreso muy notable sobre los motores anteriores; y aunque atribuido el adelanto a sólo el mejor aprovechamiento de la energía de los gases en razón de las pérdidas menores por las paredes, se vió que era también causa poderosa de la superioridad del motor con culata semiesférica, desde el punto de vista del rendimiento, el que la combustión se realiza mejor y son menos de temer los fenómenos de detonación. Importan estas indicaciones porque se venía exagerando la influencia de la pérdida de calor por las paredes.

El Ingeniero inglés Ricardo fundó en muchos experimentos una teoría completa de los llamados fenómenos de

detonación, y ella es la que mejor guía al elegir la forma de culata. Es advertencia preliminar, que la detonación parece que depende más de la presión de los gases comprimidos que de su temperatura.

El examen del proceso de la detonación lleva a varias conclusiones, tales como las siguientes: se aminora la posibilidad de que el fenómeno se produzca, disminuyendo la distancia entre la bujía y el punto más alejado de la culata, para acortar así el camino de la onda de inflamación; y se debe colocar la bujía no lejos de la superficie caliente, cuidando de ponerla lo más cerca posible de la válvula de escape, porque los gases no quemados alcanzan más prontamente su temperatura de autoencendido, si están en contacto con paredes calentadas. La detonación depende, dice H. Petit, de la forma de la culata y de la posición de la bujía.

Las investigaciones preconizan la culata Ricardo, en la que, por estar dispuesta no exactamente encima del cilindro, sino desviada de lado con relación a él, se puede conservar la disposición clásica de las válvulas lateralmente al cilindro, y el gobierno de las mismas por un árbol de levas colocado en el cárter. Forma de la culata, la semiesférica. La bujía en el centro, en la parte superior.

El éxito de la culata Ricardo es grande; ella no es inferior, con referencia al rendimiento, en más de un 10 por 100 de las culatas semiesféricas con cuatro válvulas a 45° y bujía en el centro, y es mucho más fácil de construir aquella que ésta; se explica que la culata Ricardo haya

sido adoptada por gran número de constructores. El motor con culata Ricardo presenta al exterior el aspecto del motor de culata llamada en L, tan en boga hace unos años.

Son más que los apuntados los fenómenos a cuyo estudio obligan las investigaciones en el motor de explosión; entre ellos está la turbulencia.

Este fenómeno es muy interesante, porque la conservación del torbellino de los gases en la culata del cilindro y en el momento de la inflamación, quizás aumente la actividad en ésta. Cuando los gases entran en un cilindro pasando por las válvulas, o por los orificios de los sin válvulas, lo hacen a gran velocidad, en un medio inmóvil, y dice H. Petit, que si el torbellino se conserva hasta el encendido, cada molécula de gas que pase por ante la bujía se inflama, y en su movimiento lleva la llama tan lejos como el torbellino lo permita. De aquí el que se discuta si conviene o no obtener fuertes torbellinos en la culata. Ricardo dice que no debe ser exagerada la turbulencia para no llegar a pérdidas excesivas de calor por la pared de la cámara de combustión.

La turbulencia fué estudiada en motores fijos por Sir Dugald-Clerk. Ultimamente, dicho fenómeno, ya considerado en abstracto, ya concretándole a lo que ocurre en los cilindros de los motores de explosión, motiva investigaciones muy minuciosas y variadas. Sin salir de lo limitado de mis conocimientos se pueden citar como resultados de estudios: los informes de F. Dönch, acerca de investigaciones en lo referente a corrientes turbulentas convergentes

y divergentes; los cálculos de W. Tollmien, referentes a los procesos de lo que llama trabajos turbulentos; los de H. Wilcken, relativos a capas finales turbulentas en superficies curvadas; los trabajos de J. Nikuradse; y muy especialmente, los dictámenes de L. Prandtl, entre los que se destacan la Conferencia que dió en el Congreso internacional de Mecánica técnica celebrado en Zurich en 1927, y los artículos con respecto a la turbulencia publicados en varias Revistas científicas alemanas.

Digno del mayor encomio es el recientísimo informe dado por el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Stuttgart, acerca del lavado de los cilindros de los motores de dos tiempos. En el informe expone dicho Laboratorio una teoría de la turbulencia y de lo que denomina longitud de onda libre; y dice que si por la turbulencia se pierde energía se gana en corrientes de lavado. Determina por cálculo, y según los principios establecidos por Prandtl, los conceptos de turbulencia y de longitud de onda libre, refiriéndose primero al caso de líneas de corriente rectas, y considerando luego la influencia de las curvas, como ocurre en las cabezas de los cilindros.

Son fórmulas que se significan en dichos cálculos las siguientes:

Del impulso en corriente lineal

$$T = \int_{y_0}^y \frac{\delta p_g}{\delta x} dy$$

De la turbulencia

$$\varepsilon = \frac{T}{Q \frac{\delta v_x}{\delta y}}$$

De longitud de onda libre

$$l = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\frac{\delta v_x}{\delta x}}}$$

siendo p_g la presión total; v_x la componente de la velocidad, según el eje x .

Lo con tanta rapidez expuesto como asuntos y deducciones de la investigación, en lo inherente a los motores de explosión, indica la amplitud en este campo de estudios. Las averiguaciones en lo propio de los tractores agrícolas comprenden dichos asuntos y otros especiales que resultan de la aplicación de estas máquinas. Séame permitido hacer brevisima referencia a los efectos del diferencial en el tractor y a la adherencia de éste en el suelo.

Si la misión del diferencial es hacer que la semisuma de las velocidades angulares ω_1 y ω_2 que toman en las curvas las dos ruedas montadas en el eje con diferencial, sea igual a la velocidad común ω que tendrían si el avance fuese en tramo recto, ha de ocurrir, que al patinar una de las ruedas, acreciendo por ello su velocidad, la de la otra rueda disminuya, contribuyendo así también esta rueda a la detención; y perturbado el régimen del motor, padece la

alimentación y, por tanto, el consumo de carburante. Por todo ello se discute la conveniencia del diferencial.

En el, con razón, denominado “arduo problema de la adherencia” hay mucho que investigar. El fenómeno presenta dos fases o dos tiempos, el de adherencia útil o de apoyo necesario para la propulsión, y el de la adherencia nociva, que se muestra inmediatamente después y que, como su nombre indica, tiende a impedir el avance. Por efecto de la carga, cada rueda se hunde más o menos en el suelo, resultando, para contacto de éste con aquélla, una superficie cilíndrica de mayor o menor desarrollo; y claro es, con tanta más dificultad se hará la rodadura cuanto mayor sea el hundimiento. Pues bien, para limitar este efecto, han de tener las llantas gran anchura y, para favorecer en todos los casos el movimiento de rodar, debe ser grande el diámetro de la rueda. Crece la adherencia de un tractor al aumentar el peso de la máquina y las expresadas dimensiones. Pero lo intrincado del problema es aquí donde aparece, porque el cálculo demuestra, y la experiencia confirma, que crece la adherencia perjudicial cuando aumenta la de apoyo.

Se ha pretendido hacer que sea independiente, hasta cierto punto, la adherencia útil, del peso del tractor, y para ello se han propuesto muchos medios. Los más sencillos y corrientes, pero de menor acción, se reducen a poner sobre las llantas nervios de perfiles variados o a dotarlas de salientes en punta cónica o en otra forma; y los más complicados, pero más eficaces, suponen conexionar las rue-

das de cada lado del tractor mediante cadenas sin fin, en las que se fijan, si fuese necesario, piezas de penetración. Entre aquellos y estos medios hay otros más o menos acertados: patines laterales, palas Landrin, ruedas Gilbert, etcétera, etc.

Es como piedra de toque para un tractor agrícola su adherencia en el suelo de labor. Este suelo constituye una base de rodadura en extremo variable; si está seco y endurecido ofrecerá al tractor fuertes puntos de apoyo y se aproximará la adherencia a la de circulación sobre caminos; pero en tales condiciones las máquinas operadoras trabajarán con grandes resistencias o no trabajarán; por el contrario, la mucha humedad hace difíciles los desplazamientos de la máquina motora. Se ha observado que la resistencia opuesta por el suelo al avance del tractor, varía, según el estado del terreno, entre límites tan separados como son 1 y 15.

* * *

Voy a terminar. He pretendido, al tratar de un asunto en apariencia trivial, llegar hasta lo que hay en él de oculto o disimulado: su fundamento altamente científico. Así creo que son todas las cuestiones de la Técnica. Por ello, mi firme convencimiento de que es necesaria la colaboración constante y hermanada de quienes cultivan la Ciencia en su pureza meramente especulativa, y los que estudian las aplicaciones; porque si admira el espectáculo que

ofrecen las conquistas de la Técnica, con las cuales se han modificado las circunstancias de existencia de la civilización, son admirables también los enlaces que existen entre estas manifestaciones de la actividad humana y la Ciencia teórica y desinteresada. Las ideas teóricas, dice H. Buast, son frecuentemente el germen de los adelantos en las industrias fabriles, en la Agricultura, en la Medicina, etcétera, etc. Las Ciencias puras son, con respecto a las aplicadas, dijo nuestro eximio Echegaray, como la nieve que se acumula en las montañas y que al deshacerse forma las corrientes beneficiadoras. Cierto es, y por ello los soñadores científicos, que parecen perdidos en sus especulaciones, son, a su manera, hombres prácticos; sin los progresos realizados en, por ejemplo, la Matemática pura, no disfrutaríamos hoy de supremos beneficios, que no hay para qué citar porque en la mente están de todos.

Moraleja que se desprende de mi desmañada disertación: para caminar en la Técnica por la vía del progreso, es indispensable atenerse a este aforismo, que resulta de modificar otro muy en su punto, perteneciente a nuestro abundante y popular tesoro de sentencias breves y doctrinales. “A la teoría rogando y con la experiencia dando.”

HE DICHO.

DISCURSO DE CONTESTACIÓN

DEL ILMO. SEÑOR

D. JOSÉ MARÍA TORROJA Y MIRET

SEÑOR DON MARIANO FERNÁNDEZ CORTÉS, Inspector general y miembro ilustre del Cuerpo de Ingenieros Agrónomos, hombre sabio y hombre bueno, que desde hace largos años teníais la admiración y el cariño de todos nosotros, en nombre de esta Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y por grato encargo de su egregio Presidente, os doy la bienvenida y el más efusivo parabién.

SEÑORES ACADÉMICOS:

SEÑORAS Y SEÑORES:

UNA vez más, en larga serie ya casi secular, se reúne nuestra Academia para celebrar la llegada de un nuevo compañero; y en pocas ha sido tan sincero como en esta el alborozo que tal acto produjera, dentro y fuera de estos viejos muros. Dentro, porque desde hoy contaremos con un colaborador ilustre y laborioso y un compañero especialmente grato. Y fuera, en el amplio círculo de los colegas y los discípulos de Fernández Cortés, por la justicia que supone premiar con el sillón tradicional la dilatada vida de un trabajador incansable, que eligió su parcela en

una zona de contacto entre dos disciplinas—la Matemática y la Agronomía—, obteniendo en ella los frutos más ricos y variados.

Personalmente, y reconociendo desde luego lo escaso de las dotes con que para su desempeño cuento, no he de ocultaros que el encargo que en estos momentos cumplo, tiene para mí especial agrado por los nombres de los que, por la inexorable ley de la muerte y la vida, son sus protagonistas, pasivo y activo.

* * *

Retrocedamos unos años—bastantes— en el curso del tiempo y situémonos en el verano de 1864. Por la cuestecilla del antiguo Palacio del Príncipe de la Paz ascendía un desmedrado muchachuelo que quizá nunca como aquel día sintió faltarle el aplomo que luego había de constituir una de sus características. Llegado a la explanada del enorme edificio—que por vez primera contemplaba— preguntó por la Dirección de Ingenieros, y en sus pasillos encontró un corto número de jóvenes aspirantes al ingreso en la Academia de Ingenieros Militares, entre los que figuraba el que más tarde había de ser general y académico ilustre, Excelentísimo Sr. D. José Marvá y Mayer, a quien Dios permita durante muchos años sentarse—como hoy— entre nosotros.

Hijo Ugarte de familia cuya situación económica había descendido rápidamente, hasta poco antes no había pensado en estudios que pudieran permitirle crearse una nueva

posición; sus aficiones le llevaban a la Facultad de Ciencias; su interés, a la Escuela de Ingenieros de Montes, entonces instalada en la vecina Villaviciosa de Odón. Entre estos dos Centros fluctuaban sus estudios, cuando una orden de su padre le obligó a intentar la prueba a que acabo de hacer referencia y para la que faltaban muy pocos días. Sin conocer ni los textos ni casi los programas oficiales, sus conocimientos matemáticos y su claro talento le permitieron salir triunfante de la difícil prueba; con más entusiasmo quizá de sus examinadores que de él mismo, aunque el caso parezca paradójico.

Aprobado el que entonces se llamaba curso preparatorio y se daba en los mismos locales del Ministerio, Ugarte pasó a la Academia de Guadalajara, en la que aprobó los cuatro restantes, sin otro tropiezo que el año de enfermedad que le produjo una novatada de mal gusto; un baño de impresión en el Henares en la madrugada de un día de diciembre...

Poco más de dos años llevaba de servicio el teniente Ugarte cuando fué nombrado ayudante de profesor de la Academia, y su vida casi entera se desarrolló ya en su labor docente, en la que fué profesor de Cálculo y Mecánica de bastantes centenares de alumnos durante treinta años casi seguidos. Muchos de los que me escuchan podrán dar fe del entusiasmo, saber y dotes pedagógicas de su maestro; algunos de aquéllos, a quienes fué forzoso repetir el curso, saben que el segundo no era igual al primero, porque en su afán de propia superación, Ugarte variaba y per-

feccionaba las demostraciones, los ejemplos, los ejercicios...

Además de la obra titulada “Cálculo gráfico y analítico de intensidades”, a que el Sr. Fernández y Cortés hacía referencia hace un instante, publicó Ugarte, doce años más tarde, su natural complemento: las “Aplicaciones de la composición de intensidades al cálculo gráfico de vigas rectas”. Dejó manuscritos, además, interesantísimos, apuntes sobre Cálculo, Mecánica y Electricidad, que la poca fortuna que siempre tuvo para valorizar su trabajo le impidió llevar a la imprenta.

Estimo que la obra que mejor refleja la universalidad de los conocimientos de Ugarte es la conferencia que dió en el Ateneo de Guadalajara en la noche del 8. de mayo de 1891, con el título “Importancia y preeminencia actuales de la Matemática”, como representante autorizado de esta disciplina en la interesante discusión que el Ingeniero jefe del Distrito forestal, D. Benito Angel, había planteado sobre el tema: “Utilidad e importancia relativa de las Ciencias”.

No se sabe qué admirar más en este trabajo: si la universalidad de los conocimientos de Ugarte o su profundidad. Recorrió éste casi todas las disciplinas, haciendo resaltar las zonas de contacto que cada una de ellas tiene con la Matemática; la Mineralogía, que empezaba por aquella fecha la aplicación de los teoremas de la Geometría superior al estudio de los sistemas cristalográficos; la Geología y su próxima pariente la Astronomía; la Biología, cuyas le-

yes fundamentales aparecen cada día como más perfectamente sujetas a las leyes del Cálculo.

Pero quizá lo más sorprendente, teniendo en cuenta que Ugarte hablaba en 1891, es que presentó las fórmulas de Menges, Gossen, Stanley y Walrás, relativas a Estadística y Seguros, y las de Gross para deslindar los derechos sucesorios; claramente se ve que presintió otras fórmulas en las que, mediante cuestiones de máximos y mínimos—decía—podría darse “la solución justa al problema pavoroso de la asociación y del trabajo”; el Poema Maharabharata de la civilización india, la pirámide de Cleops de la egiptología y, saltando miles de años, el Librecurso y el Proteccionismo, la regla de las fortificaciones de Vauban, la finitud de la velocidad de la luz, que Roemer dedujo de sus observaciones de los satélites de Júpiter; todo esto y cien disciplinas más desfilan rápidamente al conjuro del maestro, que sabe en todo momento destacar el punto fundamental de la teoría, del invento o del razonamiento; la Unidad en la Variedad, bajo la égida de la Ciencia matemática.

Y en el dominio de la Matemática pura, Ugarte demostró estar completamente al día, dando a conocer en este mismo trabajo la polémica que por aquellos días sostenían Poisson, Boussinesq, Duhamel y el abate Carbonelle, discutiendo las conquistas realizadas en el dominio de la Mecánica racional al resolver el sistema que se obtiene estableciendo las ecuaciones diferenciales del movimiento de un punto. Viendo entreabiertos los horizontes de otra Mecánica superior, piensa Ugarte que “más tarde llegará la

que podremos llamar *Psicodinámica* y conoceremos quizá las leyes del espíritu, aunque nunca pueda someterse a fórmulas la voluntad” (1).

Es curiosa y bien fundada la observación que de su puño y letra consignó en el ejemplar de este trabajo, dedicado a su hermano José María, que tengo sobre mi mesa: “El de mis parientes, amigos o conocidos que lea este discurso, sobre todo las últimas hojas, hágalo sin prisa...” Y en verdad que no es manjar que pueda engullirse, sino rumiarse lentamente, si algo se quiere asimilar.

He intentado presentaros a Ugarte, matemático, porque en este lugar y ocasión, me refiero al Académico numerario que fué de la de Ciencias, en su Sección de Exactas. Pero no quiero olvidar por completo otras facetas, sin las cuales sería incompleto su retrato; por ejemplo, la del apóstol del idioma universal, que en sus tiempos mozos era el Volapük, ideado por el antiguo párroco de Lizzelstetten, el entonces célebre Schleyer; no como pasatiempo vano, sino poniendo en la empresa todo el empuje de su cerebro y de su actividad, publicó un libro (2) de más de 200 páginas, en que analiza, en términos generales, la necesidad

(1) La conferencia cuyo rápido análisis acabamos de hacer se publicó íntegra en el número 7, año I, de *El Progreso matemático*, que en Zaragoza publicaba el benemérito profesor D. Zoel García de Galdeano.

(2) “Proceso de la Lengua Universal”, por D. Nicolás de Ugarte, Comandante de Ingenieros. Memoria premiada por el Ateneo ca-

de una lengua universal, plantea las condiciones que ésta ha de satisfacer y expone de modo amplio cuanto al volapük se refiere, incluyendo una gramática y un vocabulario.

Si no fuera por evitaros el cansancio, algo os diría de estudios curiosísimos —al decir de los versados— que dejó inéditos Ugarte sobre gramática griega, sobre estudios árabes, escritos de su puño y letra en los correspondientes caracteres, que manejaba con especial soltura, y de varios abultados cuadernos —el último quedó con la tinta fresca a su fallecimiento— en que trataba, con la relativa incoherencia de un escrito a vuela pluma, de “omnia re scibili”.

No habréis olvidado, seguramente, la impresión que os produjo su discurso de ingreso leído en esta Academia el día 27 de enero de 1907, con el sugestivo título que reflejaba la multiplicidad de sus conocimientos y aficiones: “Materia y espíritu; Mecánica y justicia.”

¡Descanse en paz nuestro sabio compañero, cuyo recuerdo perdurará siempre en esta Casa!

* * *

1918

Sustituye hoy a D. Nicolás de Ugarte D. Mariano Fernández Cortés; a un matemático de vocación, otro que no le va en zaga; a un maestro, otro maestro; a un hombre

racense y Centro volapükista español en 1.º de julio de 1888. Comprende una advertencia, un exordio y 15 discursos, con índices y sumario en castellano y volapük.

excelente, otro que es ejemplar; a un modelo de modestia, otro que no lo es menos. Pocas veces habrá podido decirse, con mayor motivo, en una sustitución, que “tanto monta...”

Fernández Cortés hizo brillantemente su carrera de Ingeniero agrónomo, distinguiéndose de modo especial, ya como alumno, por su dominio de las asignaturas de carácter matemático. Terminados sus estudios, y no teniendo puesto en la escala administrativa del Cuerpo, comenzó sus servicios profesionales en Granada, estudiando varios problemas interesantes de Patología vegetal, especialmente el de la filoxera, que, en su marcha arrolladora, llegó también a aquella hermosa región. No eran estos, sin embargo, los que más ampliamente satisfacían su espíritu. Al lado del microscopio podían verse de continuo libros y revistas de Ciencias exactas. Pronto la querencia de éstas le llevó al profesorado de la Escuela Politécnica, recién creada, en la que se encargó de la cátedra de Cálculo.

La llegada del ingreso en el escalafón oficial le obligó a dejar de nuevo, por algún tiempo, su placer y su vocación, entrando en el Servicio del Catastro, en el que redactó el pliego para el concurso de los aparatos topográficos que en el mismo se habían de emplear.

En vista de que el Estado no le ofrecía condiciones aceptables para dedicarse a la enseñanza en sus Centros oficiales, fundó, con su compañero de título y hermano político, don Antonio Dorronsoro, una Academia preparatoria para ingreso en la Escuela de Ingenieros Agrónomos, que bien

pronto llegó a ser —y se mantuvo por muchos años— una de las más acreditadas de su época; los éxitos continuos que en ella conseguía, le abrieron las puertas del profesorado en la misma, que ya no ha dejado, siendo la primera cátedra de que se encargó la de Motores agrícolas y Máquinas. Pronto fué requerido para trabajar a la vez como agregado en la Estación de Ensayo de Máquinas, que dirigía por entonces otro ingeniero y matemático ilustre, don José de Arce, quedando, al pasar éste a la Presidencia de la Junta Consultiva Agronómica, en su puesto; explicó luego en la Escuela las asignaturas de Cálculo integral y Mecánica y de Mecánica aplicada y Resistencia de materiales, en que continúa.

Muchos de sus alumnos me escuchan en este momento y ellos podrían daros cuenta de las condiciones excepcionales que Fernández Cortés tiene como maestro insuperable. *Dominando las materias que explica, exige de sus alumnos una atención continuada para asimilarlas, cosa que, dada la claridad de sus explicaciones, no debe ser, en verdad, cosa difícil.* Y aquí aparece otro carácter común entre Ugarte y Fernández Cortés, como profesores; uno y otro, exigentes en clase y rigurosos en el examen; quizá pueda, no obstante, señalarse alguna diferencia por la idiosincrasia de ambos; Ugarte, severo en la forma más que en el fondo; Fernández Cortés, por el contrario, prodiga los suspensos con una amabilidad que a las mismas víctimas deja convencidas y... agradecidas; una y otra vez les asegura — y ello es bien cierto— que la calificación le ha producido

vivo dolor... Su memoria increíble le permite acordarse de los menores detalles de cada examen y de cada día de clase... y quizá llevar por ello una cuenta corriente a cada alumno durante el transcurso de su carrera.

En más de un caso ha sido indicado el Sr. Fernández Cortés para la Dirección de la Escuela especial de su Cuerpo, pero su modestia invencible la ha rehuído siempre, como tantos otros cargos que no son forzados, como el de Consejero Inspector general que en su escalafón ostenta. La que ya no le fué posible rechazar, por el carácter que tenía de homenaje del Claustro, fué la Dirección honoraria del Instituto Nacional Agronómico, con la que, al honrar a Fernández Cortés, se honraban todos sus compañeros.

Yo bien quisiera evitar a D. Mariano Fernández Cortés el suplicio de tener que oír, cara a cara, algunas frases que ofenderán su modestia, porque me tengo por buen amigo suyo hace muchos años, pero... con el clásico diré "*Amicus Plato sed magis amicus veritas*". Lo que sí puedo ofrecerle es abreviarlo: me limitaré a una pincelada, que puede equivaler a un cuadro entero. En 1920 estuvo en Sevilla encargado de un Concurso de Tractores agrícolas; el éxito fué tan grande que los agricultores sevillanos de entonces quisieron mostrarle su admiración y agradecimiento ofreciéndole un banquete; no sabían que éste no era tan fácil como en otros casos; el Sr. Fernández Cortés declinó el homenaje con su amabilidad habitual; insistieron ellos, pero todo era inútil; apretaron el cerco, y la víctima, viéndose perdida, se batió en una retirada heroica: primero fué la

enfermedad de un deudo, que le obligaba a adelantar el viaje de regreso a Madrid; se adelantó el banquete; entonces fué él mismo el que enfermó, y el banquete se trasladó a su propio Hotel para evitarle la salida; a última hora se metió en la cama, y... de ella hubo que sacarle casi a la fuerza y a la fuerza colocarle en el puesto en que recibió un homenaje de admiración y cariño, que no tuvo ni fuerzas para agradecer. Este es el Excmo. Sr. D. Mariano Fernández Cortés.

* * *

Cumplidos, con tanta torpeza como satisfacción por mi parte, los deseos de justicia con las personas del académico cuya falta lloramos y de aquél cuya llegada nos causa honda satisfacción, el protocolo tradicional de estos actos me pone en el trance de glosar algo de lo que constituye el fondo del admirable Discurso que acabamos de oír, síntesis y exponente de la labor y de los conocimientos del Sr. Fernández Cortés en una de las materias que en su larga y fructífera vida de trabajo tuvieron especial preferencia.

Del “Maquinismo en la Agricultura” nos ha hablado nuestro nuevo compañero, tema de actualidad candente en todos los países y, en especial, en el nuestro, por el enlace íntimo que esta nueva fase del trabajo humano tiene con los dos problemas que en nuestros días conmueven más hondamente los cimientos del edificio que la moderna civilización ha levantado: el económico y el social.

Se lamenta el Sr. Fernández Cortés en el preámbulo de su Discurso del notable retraso en que la Agricultura se ha hallado—y se halla todavía— en el proceso de mecanización que constituye una de las características de la vida moderna. Y citaba el juicio que el senador francés doctor C. Chaveaux expuso en un interesante libro (1) sobre las ventajas que el Motocultivo presenta, tanto desde el punto de vista agrícola como desde el social y económico.

Los resultados obtenidos en las experiencias que en varios países se realizan hacen patente el hecho de que, a igualdad de las restantes condiciones, el cultivo mecánico logra una producción superior al del efectuado con motor de sangre, ya sea porque las labores de aquél resulten más perfectas por las condiciones físicas en que dejan el suelo o las meteorológicas en que se dan o porque la mayor velocidad a que las labores se efectúan haga que el desmoranamiento de la tierra sea más intenso, con el consiguiente beneficio para su humedad y aireación, citando estadísticas de recolecciones diversas que presentan, en estas condiciones, un 25 por 100 de aumento.

Esta mayor fecundidad unitaria del suelo es del mayor interés para la economía, especial de cada uno de los diferentes países y, por otra parte, hará posible el aprovechamiento, con el escaso número de brazos para ello disponibles, de enormes extensiones de los continentes llamados

(1) "Notes de Culture Mecanique." París, 1917.

nuevos (América, Africa, Australia), con cuyos productos pueda enjugarse el déficit que en los antiguos crece con amenazadora rapidez.

Piensa asimismo Mr. Chaveaux que la introducción de la maquinaria en los campos dulcificará la labor del campesino, convirtiéndole de operador en director de la fuerza mecánica que sustituye a la suya y elevando su nivel cultural al proporcionarle conocimientos de que antes carecía y que podrá aplicar también a otras actividades, disminuyendo la duración de su jornada y elevando el jornal que por ella percibe. También los propietarios adquirirán aquellos conocimientos, si antes carecían de ellos, y se verán enlazados con sus operarios y con los propietarios vecinos en un afán colectivo que tenderá a disminuir el excesivo individualismo, que constituye una de las características de la Clase.

El buen juicio del Sr. Fernández Cortés le obliga a formular a este programa de ventajas posibles cierto número de observaciones que en muchos casos surgen: la dificultad de acceso a las parcelas, la pequeñez de éstas en algunas regiones, el coste de las máquinas y sus reparaciones, a las que podrían añadirse quizá otras, de carácter social, de que algo diremos más adelante.

. . .

La segunda parte del Discurso del recipiendario versa, como habéis oído, sobre las Máquinas operadoras, y en ella

se traslucen, de modo evidente, la afición con que las distingue y la enorme experiencia que sobre su constitución y empleo ha atesorado en su larga actuación como técnico de la Estación de Ensayo de Máquinas agrícolas de La Moncloa. Que ni el cariño a un asunto ni su dominio pueden improvisarse, por grande que sea la voluntad de tratarlo acertadamente y prolongadas las vigiliias que en su estudio se hayan invertido en cumplimiento de un ingrato deber.

Ello se deduce del resumen, breve y claro, que nos ha hecho de la evolución de la más importante de las máquinas operadoras del cultivo de las tierras, hasta llegar a las muy recientes llamadas fresadoras y del proceso de ensayo de una máquina aratoria.

La habitual modestia, antes destacada por mí, de D. Mariano Fernández Cortés, le induce a basar sus afirmaciones en los dictados de otros técnicos, en lugar de limitarse, como hubiera sido quizá más conveniente, a recoger y exponer las normas que él mismo —como autoridad máxima que en nuestra Patria tenemos— redactó y aplicó en los varios Concursos de ensayo de Máquinas para el cultivo que, organizados por las Cámaras Agrícolas y los Consejos de Fomento, se han llevado a cabo en diversas localidades de España. Detallado el laborioso proceso del ensayo de una operadora del cultivo, en el que se utilizan instrumentos delicados, con preferencia registradores, tan delicados que permiten referir los detalles del gráfico obtenido a los correspondientes puntos de la trayectoria seguida por la má-

quina ensayada. El manejo de estos instrumentos y su comprobación antes y después del ensayo en que han sido empleados, deduciendo de la primera comprobación el coeficiente de error, y viendo en la segunda si éste varió durante la prueba, porque en tal caso, el ensayo habría de darse por nulo y las especiales precauciones para apreciar diversas circunstancias, que pueden ser de interés, constituyen una Técnica escrupulosa que la Estación de Ensayo de Máquinas de La Moncloa debe a su ilustre director, el señor Fernández Cortés. No deja éste de seguir al día cuantos Concursos similares tienen lugar en el extranjero, para sacar de ellos y aplicar a los nuestros todas las enseñanzas que considera de ello susceptibles: y cuenta que el número de aquéllos es enorme.

En Francia comenzaron con la Exposición celebrada en 1909 por el Club Automovilista, de la que se derivó un Concurso Internacional de Motocultivo, y se repiten frecuentemente. En Alemania, citaremos el organizado por la Cámara agrícola de Prusia oriental, en Koenigsberg; en Canadá, la experiencia de Winiped; en Hungría, el Concurso de Galanta; en Bélgica, el de Chassart; en Italia, el de Collorno; en Inglaterra, el de Farmingham; en Rumania, el que la Sociedad Nacional de Agricultura celebró en Ciulnitza. En mayor escala, el célebre Concurso de Soissons, citado por el Sr. Fernández Cortés, y otros también de notable interés, como el de Vercelli, en Italia; el organizado por The Highland and Agricultural Society en Escocia, y la serie de experiencias dirigidas en los Esta-

dos Unidos por la National Tractor and Farming Demonstration, auxiliado por la National and Thresher Manufacturers Association, en las que figuraban un centenar de equipos de Motocultivo y se realizaron sucesivamente en Texas, Kansas, Missouri, Nebraska, Iowa, Illinois y Wisconsin. La dirección de estos magnos Certámenes se encomendó a M. Hildebrand, quien buscaba para cada experiencia local la colaboración de los más notables especialistas que en ella podían aportar datos y experiencias.

El período que pudiéramos llamar de ensayo u orientación, aquél en que se buscaba averiguar hasta qué punto era posible prácticamente la aplicación intensa del motocultivo, puede decirse que terminó en 1916; a partir de esta fecha, admitida ésta como indiscutible, lo que se ventila en los concursos son las ventajas e inconvenientes de cada uno de los muchos tipos presentados, para cada caso concreto, y desde sus diferentes puntos de vista mecánico, agrícola y económico, desarrollándose estas pruebas en largos períodos de tiempo.

* * *

Tras la bien documentada exposición referente a las Máquinas operadoras, a que acabo de hacer referencia, nos ha hablado el Sr. Fernández Cortés de los Motores con otra que no le va a la zaga, analizando con fino espíritu crítico asuntos tan esenciales como los tipos de motor y de combustible. No hace mucho examinaba Lallie en un intere-

sante trabajo los motores de gas pobre para instalaciones fijas, expresando su esperanza de ver en breve aplicado aquél a las locomóviles, cuyo porvenir juzga muy grande, empleando preferentemente el tipo Forest (dos émbolos actuando en sentido inverso) para aminorar las trepidaciones. Duclaux, en otro valioso estudio, propugna el empleo del motor de gas pobre como generador de potencia que, para las aplicaciones agrícolas, convenía convertir en eléctrica. T. Ballu cita asimismo la locomóvil de gas pobre de la Sociedad Franco-Húngara y los intentos realizados para utilizar esta forma de energía para transportes por carretera. Pero ninguno de estos especialistas habla de los Tractores de gas pobre que se construyeron en los talleres de

30

los Ferrocarriles del Estado húngaro, uno de — y otro

32

60

de — caballos de vapor. Merced a perfeccionamientos en

65

el proceso de transformación para obtener fuerza motriz, con un sistema de gasógeno y de depurador-lavador verticales, han podido montarse los motores de gas pobre en locomóvil y en tractor, pero con pesos de 10.500 y de 15.500 kilos, respectivamente, cada uno de los dos tipos antes indicados, habiendo sido esta circunstancia la que ha detenido, por ahora, el desarrollo de estos artefactos.

En Francia se ha perseguido con ahinco la utilización de esta clase de máquinas automóviles, estimulándose su

construcción mediante concursos, especialmente de camiones, aunque existen también coches de turismo, uno de los cuales prestó servicio en nuestro Instituto de Investigaciones Forestales. La Estación de ensayo de Máquinas agrícolas de La Moncloa ensayó un gasógeno Creuss, patente española. Quizá no esté lejos el día en que los tractores de gas pobre aventajen a los de carburante líquido, que tan brillantemente ha estudiado en su discurso el Sr. Fernández Cortés.

Fácilmente se adivinan en él dificultades que presenta el estudio de las Máquinas agrícolas, cuyo esfuerzo es lo más discontinuo, en el tiempo y en el espacio, que se pueda imaginar. En las elevadas y serenas regiones de la Ciencia pura, los entes de razón obedecen ciegamente a las leyes, claras e inmutables, que de antemano les marcamos; en la Mecánica agrícola, por el contrario, todo es rebelde a nuestra voluntad y a nuestra previsión. No sabemos la dureza ni cohesión que tendrá el terreno en cada una de sus partes, ni su humedad, ni sus desniveles ni los elementos heterogéneos que podrá ocultar. Tampoco es fácil saber “a priori” la composición que tendrá su combustible y sus engrases y menos las ideas, más o menos personales, de los operarios no especializados que habrán de manejarlos. En cambio, tenemos la certeza de que una legión de enemigos, ya no tan desconocidos, las humedades, los habituales moradores de sus diferentes órganos externos, quizá la peligrosa curiosidad de chicos y grandes, deseosos de descubrir los secretos que en sus entrañas guardan, formará la

legión de enemigos que, durante su inacción, atacarán con saña a las Máquinas agrícolas, restándoles elementos de resistencia, que quizá un día fueran necesarios.

* * *

Voy a terminar, señoras y señores, que harto me habéis padecido.

Pero antes de hacerlo os invito a alejaros un poco del magnífico cuadro que el Sr. Fernández Cortés nos ha presentado, para contemplarlo en su conjunto, no como lo miraría un Ingeniero agrónomo, sino más bien al modo de un sociólogo o de un político.

Dios dijo al hombre: ganarás el pan con el sudor de tu frente; y durante decenas y centenares de siglos cayó este sudor en los surcos de la tierra a todas las altitudes y en todas las latitudes. Todos compadecimos este esfuerzo que, siendo de hombres, calificábamos de inhumano y soñábamos poder redimir de él a nuestros campesinos; por fin surgieron aparatos que lograban esta redención y con escaso esfuerzo de contados operarios labraban los campos y recogían sus frutos con rapidez, economía y perfección de día en día crecientes; la Humanidad parecía mostrarse satisfecha.

Pero he aquí que, de algún tiempo a esta parte, y en nuestra misma Patria, surgen voces airadas que nacen en el campo y resuenan en la ciudad, clamando contra las má-

quinas agrícolas, que han venido —dicen— a robar el pan de los pobres; y estos artefactos se ven en más de un caso precintados por las autoridades o incendiados por quienes por ellos habían suspirado.

Cuando en largo y penoso viaje, siguiendo los consejos o las órdenes de guías más o menos juiciosos, llegamos al cruce de dos caminos y hacemos un alto para decidarnos por el mejor, lo elegimos muchas veces, aunque se muestre áspero y pedregoso, porque los otros que ante nuestra vista se abren son peores que él; en el momento presente de nuestra Historia y nuestra Economía, la senda de la Maquinaria agrícola parece la preferible, con todos sus inconvenientes y limitaciones.

Si en el viaje a que antes me referí, pudiéramos, por arte de magia, desandar lo andado y situarnos de nuevo en el punto de partida, ¿seguiríamos otra vez el mismo itinerario hasta llegar al cruce en que hoy nos encontramos? ¿Habría, por el contrario, otro camino, totalmente distinto, de pendientes más suaves y aires más saludables, que se desarrolle por paisajes menos hoscos que los que presenta el momento actual de la Humanidad, tanto en lo económico como en lo social?

No falta quien achaca la presente crisis al exceso de Maquinismo, y quisiera ver una inmensa pira en que todos o la mayor parte de los modernos artefactos lanzaran al cielo sus llamas crepitantes, esperando que al desvanecerse las nubes de humo había de darnos el Sol rayos más claros y confortantes que los de hoy.

Este retroceso de un siglo, ¿es una utopía vana o un crimen monstruoso? ¿Será, por el contrario, un volver a entrar en nosotros mismos para encontrarnos, porque, en fuerza de haber llegado a conocer tantas cosas externas, nos desconocíamos a nosotros mismos?

La felicidad, ¿consiste en la satisfacción del mayor número posible de necesidades o en la más amplia satisfacción de las que por interior impulso sentimos?

Preguntas son éstas que podrían parecer extrañas en este salón de la Academia de Ciencias Exactas para quien tuviera un criterio estrecho y cuadrulado de lo que es la vida y de lo que son los académicos, que, ante todo, son hombres y como tales han de vivirla.

Grandes y pequeños, teóricos y prácticos, gobernantes y gobernados, todos tenemos la obligación ineludible de colaborar en la resolución del difícil y trascendental problema; esto es lo que, del modo insuperable que hemos admirado y por el que una vez más le felicito, acaba de hacer hoy aquí el Excmo. Sr. D. Mariano Fernández Cortés.

HE DICHO.