

# 'EL MAIZ: PASADO, PRESENTE Y FUTURO''

## Conferencia por el Académico de Número

Ing. Agr. Héctor O. Arriaga

### I. INTRODUCCION

Por un requisito reglamentario debo complimentar mi ingreso a la Academia con una exposición sobre un tema específico.

Con el ánimo y firme deseo que la misma sea lo más llevadera posible para tan selecto pero no especializado auditorio, he elegido: "El maíz: pasado, presente y futuro."

¿Por qué lo elegí? Por ser el único cereal de origen americano; por ser uno de los tres más importantes del mundo; por la representación que tiene en la producción y exportación de nuestro país y en el comercio internacional; por complementarse con la brillante exposición que sobre el género **Gallus** realizara el doctor Perotti, al precederme en esta significativa y similar circunstancia.

Pero, fundamentalmente, porque su pasado está estrechamente vinculado con el origen de las civilizaciones americanas; su presente, como cereal más representativo de los países desarrollados, significa un fiel ejemplo de lo que la ciencia y la tecnología pueden determinar en materia de superación de rendimientos.

Porque su futuro, como consecuencia de los avances de la biotecnología actual y en desarrollo, permite asegurar un porvenir auspicioso en la producción de alimentos para la humanidad. Ello es la expresión de lo que puede lograr la ciencia cuando se la aplica con el objetivo progresista, a que aspira la mayoría de los científicos

y en especial los de las ramas que esta corporación agrupa.

### EL MAIZ: PASADO

La historia evolutiva de la humanidad demuestra que el origen de las principales civilizaciones siempre coincidió con el desarrollo de la agricultura en base a un cereal.

Esto ocurrió en Oriente con el arroz, con el trigo y la cebada en Medio Oriente y con el maíz en América.

El descubrimiento de la agricultura permitió, con el cultivo de los cereales, la transformación del hombre de nómada en sedentario, asegurando un alimento básico abundante y de fácil conservación.

Este nuevo sistema determinó una modificación fundamental en su forma de vida, que se basaba en la caza y en la pesca y que aún en el período pastoril, que no existió en América, le exigía un permanente traslado y preocupación por la obtención del sustento y la defensa de su existencia.

El cultivo de la tierra le permitió establecerse en lugares más accesibles y seguros; vivir en comunidad, en espacios más amplios y disponer de mayor tiempo para dedicarse a las manualidades, los oficios, las artes, las ciencias.

Así nacieron las civilizaciones que se destacaron en la historia por su aptitud o capacidad para desarrollar esas virtudes, con menor o mayor brillantez.

En América, las grandes civilizaciones precolombinas fueron: la maya en Guatemala, Honduras y península de Yucatán; la azteca en México y la incaica, en Perú y norte de Bolivia.

En todas, la base de sustentación fue la agricultura, con la domesticación de especies americanas: frijoles; güicoyes o calabazas; camote o batata; patata o papa; mandioca o cazabe; tomates; chiles o ajíes; maníes, quínoa; cacao; algodón; coca; tabaco, todas especies americanas que tenían distintos usos.

Pero siempre el cultivo básico o fundamental fue el maíz, sobre cuya existencia llamó la atención el primer cronista de América, que fue Cristóbal Colón (1456-1506), al regreso de su primer viaje.

No hubo escritor o narrador que escribiera sobre el Nuevo Mundo que no se ocupara o hiciese referencia especial al maíz, sobre su importancia, su cultivo, sus usos. Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés (1478-1557) en su "Historia General y Natural de las Indias" (1526); el jesuita José de Acosta (1539-1600), en la "Historia Natural y Moral de las Indias"; Hernán Cortés (1485-1547), conquistador del imperio azteca y su secretario Francisco López de Gomara (1510-1560); Fray Bartolomé de las Casas (1474-1566) en su "Historia de Indias"; Alvar Núñez Cabeza de Vaca (1440-1536), en sus "Comentarios", habla sobre el maíz en la zona de los guaraníes y el Inca Garcilaso (1539-1616) en sus "Comentarios reales de los Incas" dedica un capítulo entero al maíz.

De las grandes civilizaciones americanas, la más antigua fue la maya, precedida únicamente por la llamada cultura arcaica, asentada en México, basada en el cultivo del maíz y difundida por los pueblos de habla nahua.

El antiguo imperio maya, en Guatemala, pudo alcanzar la misma antigüedad que la civilización egipcia.

El nuevo Imperio, asentado en Yucatán, estaba ya en decadencia cuando la llegada de los españoles. El calendario maya tenía tanta exactitud como el gregoriano y se basaba en un profundo conocimiento de los fenómenos

astronómicos que les permitía predecir los eclipses de sol. Desarrollaron, además, símbolos para la escritura y la aritmética 500 años antes que los hindúes hubiesen inventado la numeración arábica.

Pero la más avanzada de las culturas fue la civilización incaica. Se destacan especialmente: la alfarería Chimu; los tejidos de algodón y vicuña; las obras de ingeniería; paredes de piedra perfectamente ajustadas, edificios, acueductos, caminos empedrados, puentes colgantes; la medicina con cirugía general y craneana, etc.

La agricultura alcanzó un desarrollo extraordinario para la época. Las obras realizadas para el cultivo y riego del maíz en las laderas de los cerros y montañas son, aún hoy, motivo de admiración.

Los avances logrados en el mejoramiento de la especie fueron notables en cuanto al tamaño de la espiga y del grano, a los que se agregan posibles conocimientos prácticos del efecto del vigor híbrido.

También en el manejo de la fertilidad del suelo, con el uso del guano en la montaña, trasladado desde las islas costeras o directamente con pescado fresco en la siembra de las zonas marítimas.

La adaptación de razas de maíz, cultivo de origen tropical, a alturas de casi 4.000 metros, en Titicaca o en zonas semidesérticas como los indios Hopi en Arizona y Nueva México, hablan bien a las claras de los avances alcanzados por los incas y otros indígenas americanos.

Restos fósiles de los maíces más antiguos encontrados en el Valle de Tehuacán y en Tamaulipas, en México, revelan una evolución de más de 7.000 años. Esto demostraría que la agricultura en América fue tan antigua como la de la Mesopotamia del Tigris y el Eufrates, basada en el trigo y la cebada.

Esos restos fósiles de espigas muestran un tamaño de 20-25 mm., con hileras de 6 a 9 granos cada una. Cuando llegaron los españoles, encontraron plantas de maíz de 2 a 3 metros de

alto y espigas de hasta 30 cm. de largo, con más de 200 granos y hasta 400, según autores y cada grano de casi el tamaño de aquellas primitivas espiguitas. Ello demuestra la capacidad del indígena como fitomejorador. También se hablaba de rendimientos equivalentes a 2.000 kg. y hasta 4.000 kg/ha.

El maíz era la base de la alimentación como lo es, aún hoy, en algunas zonas del norte de América del Sur y América Central. El emperador azteca Moctezuma (1502-1520) recibía 7,5 millones de kilogramos de maíz, como aporte de tribus subordinadas.

Se consumía fresco, sin cocinar o cocinado, o se molía en metates de piedra, previo tratamiento con agua, ceniza o lejía. Con la harina se hacían comidas típicas: panqueques, tortillas, tamales y otra gran variedad, que aún hoy son típicas del norte argentino, Perú y el resto de América Latina.

También se elaboraron bebidas alcohólicas, como la conocida "chicha" o sora, con un sistema muy típico, que comenzaba con la masticación de los granos para iniciar con la tialina de la saliva, el proceso de desdoblamiento del almidón y luego, en odres de barro, la fermentación del conjunto.

Ya eran conocidos los efectos diuréticos de las barbas de la espiga. Se extraían, también, colorantes de los granos; se usaban las cañas como combustible o para armar empalizadas, casas y/o techos. También, para alimentar los únicos animales domesticados en la zona andina: el cuy, la llama y la alpaca.

## **EL MAÍZ: PRESENTE**

Los cereales en conjunto y en especial los tres principales (trigo, arroz y maíz) han mantenido un permanente incremento en su producción mundial (gráfico 1). Podrían proveer, por sí solos, la energía que necesitan los cinco mil millones de habitantes que pueblan el mundo, si se destinaran exclusivamente para ello. Pero un tercio se utiliza como forraje, para la producción de proteínas animales.

Los 1.850 millones de toneladas que se cosechan actualmente (1985), equi-

valen a más de seis trillones de megacalorías y extraen del suelo alrededor de 30 millones de toneladas de N; 7 de K y 6 de P.

Sólo cubren la mitad de las 1.400 millones de hectáreas cultivadas (gráfico 2), factibles de ser ampliadas hasta 2.800 millones.

El maíz es el cereal de mayor importancia como forrajero, ocupando el tercer lugar por superficie sembrada (gráfico 2). Ha alcanzado al arroz en el volumen de producción de los últimos años (gráfico 1). Ello es consecuencia de los elevados rendimientos en los que supera claramente a los demás por unidad de superficie cosechada (gráfico 3).

El maíz es, por excelencia, el cereal más representativo de los países desarrollados en los que mantiene una amplia primacía a través de la evolución de la producción. En los países en desarrollo y en los comunistas es, en cambio, superado por el arroz y el trigo (gráfico 4).

Son evidentes las diferencias de rendimiento en los países desarrollados en relación a los en desarrollo (gráfico 5), con una expresión más manifiesta en maíz. Ello demuestra su aptitud para aprovechar buenas condiciones ambientales y una tecnología cultural de avanzada.

En los últimos años se ha observado un importante incremento en el comercio mundial de cereales, que cuenta al trigo y al maíz como los más significativos representantes (gráfico 6). Resalta claramente que son los países desarrollados los que manejan los mercados de exportación, como así también los principales importadores de maíz (gráfico 7).

En Argentina la producción cerealista muestra un repunte importante a partir del quinquenio 1948/52, más manifiesto en producción (gráfico 8) que en superficie cosechada (gráfico 9).

El maíz, con mayores fluctuaciones, comparte con el trigo el primer lugar en volumen. Ello se debe a la superioridad de los rendimientos (gráfico 10) que compensa la menor superficie destinada a su cultivo.

Sin embargo, su participación porcentual en la producción mundial se ha reducido a menos de la mitad de la que ocupaba en el periodo de preguerra (gráfico 11). El sorgo granífero es una excepción en ese aspecto.

Un panorama similar, pero mucho más significativo en magnitud y en especial para maíz, se observa en la representatividad argentina en las exportaciones mundiales, con una caída pronunciada a fines de la década del '40 que no se alcanzó a recuperar (gráfico 12). No obstante, los volúmenes exportados muestran un marcado ascenso (gráfico 13), que no ha seguido el ritmo de la producción y comercio mundiales.

Sin lugar a dudas, la principal contribución del maíz es la energía que aporta a través de los compuestos hidrocarbonados, debiendo ser suplementado fundamentalmente con proteínas en los alimentos balanceados.

La posibilidad de aumentar la calidad y el contenido de las proteínas, hasta ahora, ha implicado una limitación en el potencial de rendimiento.

Penning de Vries y col (1974) concluyen que, bajo condiciones aeróbicas, con un gramo de glucosa, un vegetal puede elaborar 0,83 g de H de C; ó 0,40 g de proteínas (considerando nitratos como fuente de N) ó 0,33 g. de lípidos.

Por ello, los aumentos en el contenido de proteínas del grano implican una disminución en la cantidad de H de C posible de elaborar con la misma energía.

Un cultivo puede llegar a producir 5.000 kg/há. de grano con 12 % de proteínas; 5.100 kg/há. de grano con 8 % de proteínas y 4.900 kg/há. de grano con 16 % (Mac Key, 1981).

La incorporación de N por vía foliar, en forma de amonio, puede significar un ahorro de energía para la planta; por el contrario, la simbiosis radical, uno de los novedosos aspectos en estudio, puede representar un importante ahorro en fertilizante, pero exige un mayor consumo de energía para el vegetal.

La vieja predicción malthusiana, que resurgiera en la década del '70 y se

considerara seriamente en la Conferencia Mundial para la Alimentación de 1974, ha perdido vigencia. El problema del hambre se establece en el ámbito político-económico, pero no en la capacidad para producir alimentos.

La situación actual es totalmente diferente y, salvo en Africa, la producción de alimentos se ha incrementado.

Algunos países que figuraban entre los necesitados se perfilan como exportadores de granos, como son los casos de China, Brasil e India.

Como consecuencia, los precios reales o de valor constante de los cereales han declinado y en los últimos 15 años, el ritmo anual de esa disminución ha sido el 1 % para el trigo, el 1,3 % para el arroz y el 2,6 % para el maíz.

Esta declinación, que tiende a acentuarse en el corto y mediano plazo, exige una modificación rápida y profunda en las estructuras productivas del país, si se pretende superar la crisis económica.

## MAIZ: FUTURO

Los adelantos de la tecnología han sido elocuentes en los últimos años. En la preguerra, a fines de la década del '30, los rendimientos en los países desarrollados y en desarrollo fueron similares. Los incrementos en aquéllos resultaron muy significativos a partir de la década del '50 y las diferencias se han ido ampliando, en favor de los desarrollados, hasta el presente.

Estos avances siguen en aumento y el manejo de la computación permite alcanzar una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales o en el perfeccionamiento de las técnicas de cultivo.

Como consecuencia de los avances científicos logrados en biotecnología, ya se están incorporando a la producción los primeros resultados de técnicas "in vitro" de clonaje o selección de células somáticas o gaméticas.

Con estos métodos se pueden obtener transformaciones importantes en productividad o tolerancias a factores

ambientales o bióticos adversos. La selección a nivel celular en cajas de Petri, haciendo variar las condiciones del medio o del ambiente, incrementa la posibilidad de lograr una mayor tasa de variación. Mientras que en una hectárea se puede elegir entre 60.000 plantas de maíz, en cada caja de Petri de un laboratorio hay un millón de células con capacidad potencial de variar y regenerar una nueva planta modificada (Rapela, 1985).

Pero este proceso implica toda una técnica especializada. De ser exitosa se podría llegar a la obtención de nuevas plantas, que podrán o no expresar como tales, la característica buscada. Pero además, deberán tener la capacidad de transmitir esa cualidad en la herencia. Por supuesto, ello no siempre ocurre, lo que exige trabajar con gran cantidad de material.

No obstante, todo debe terminar en las pruebas de campo que utiliza la fitotecnia clásica. Pero ésta debe aprovechar las enormes ventajas de los nuevos métodos que permiten la obtención de un valioso material genético, producido en poco tiempo y espacio y a menor costo relativo.

Es evidente que el aumento de los conocimientos en bioquímica, genética y biología molecular, están determinando un avance espectacular en la biología aplicada.

Los resultados de las investigaciones sobre la importancia del ADN como material genético (Avery y col., 1944) y la teoría de la doble hélice (Watson y Crick, 1953), sentaron las bases de la genética molecular.

Ya en 1973, S. Cohen y H. Boyer, de las Universidades de Stanford y California, respectivamente, consiguen la primer transferencia de material genético entre organismos mediante el ADN recombinante (Rapela, 1985).

A partir de allí los éxitos se sucedieron rápidamente. En 1980 se obtuvo el primer trasplante genético en animales y un año más tarde la primera clonación, también en ratones. En 1983 se consiguió la transferencia de un gen bacteriano a una célula vegetal y la transmisión de un gen extraño de una generación a otra; también cé-

lulas vegetales productoras de proteínas extrañas.

Además, se perfeccionan los métodos para desprender información genética del ADN de una célula e introducirlo en el ADN de otra, independientemente de las diferencias sistemáticas o barreras sexuales que puedan existir. Ello se basó en un conocimiento profundo de la biología molecular; de la estructura y función del ADN; de las funciones específicas de las enzimas de restricción y modificación.

La ingeniería genética puede concretar así no sólo la posibilidad de mejorar la eficiencia de una especie en la producción de compuestos químicos normales, sino la de incorporarle capacidad para producir otros nuevos, ajenos a la especie.

Los progresos más recientes se han desarrollado en bacterias (**Escherichia coli** y **Bacillus subtilis**) y su interacción con bacteriófagos y plásmidos. También en organismos eucarióticos como **Saccharomyces cerevisiae**.

La importancia e interés despertados por la biotecnología y sus posibilidades se desprenden de la cantidad de empresas y capitales invertidos en esa rama.

En Berkeley, California, se fundó en 1971 la primer compañía (Cetus Co) dedicada exclusivamente al campo biotecnológico. En 1985, existían ya más de 250 que trabajaban en Estados Unidos en esa especialidad. A esto se le deben sumar las existentes en Europa y principalmente en Japón.

Los avances más espectaculares y concretos se han alcanzado en el campo de la industria farmacéutica, con aplicaciones en medicina. Con la inserción de genes extraños en bacterias se ha conseguido la síntesis masiva de sustancias que necesitan los organismos superiores como insulina, interferona, hormonas humanas, somatostatina, hormonas de crecimiento y varios neuropéptidos.

Pero las posibilidades de aplicación de la hibridación somática celular, generando líneas estables de hibridomas, son múltiples en el campo de la inmunología; industrias agroalimentarias;

en la fabricación por fermentación de antibióticos, enzimas, hormonas, herbicidas; en agricultura; en minería; en la eliminación de elementos polucionantes de aguas residuales, servidas o estancadas o de la atmósfera; producción de biogas (metano+CO<sub>2</sub>); nuevas plantas fijadoras de N; proteínas unicelulares comestibles; plantas resistentes a las plagas; descomposición de compuestos petroquímicos; terapia de genes para corregir enfermedades congénitas; retardar procesos de envejecimiento, etc. Todos estos avances pretenden lograrse antes del 2000 y, muchos, antes del '90.

Se considera que la biotecnología determina en el campo industrial un impacto superior al que provocó el desarrollo de la física a principios de siglo.

El estado actual de avance en las compañías privadas no se conoce, porque a raíz del gran número de pleitos originados por las innovaciones patentadas, prefieren guardar el secreto de las investigaciones. Esto ocurre también en muchas universidades cuyos científicos trabajan, por convenio, con compañías privadas.

En el caso de las plantas superiores, las innovaciones alcanzadas han sido concretas solo en algunas especies cultivadas como tomate, algodón, tabaco, soja y papa.

En maíz, los avances dados a conocer se han limitado a la incorporación de resistencia a enfermedades virósicas e insensibilidad a herbicidas. No obstante, se sabe que se está trabajando en fijación de N atmosférico, tolerancia a salinidad en suelos, resistencia a adversidades climáticas y bióticas y otras características que son comunes a otras especies cultivadas.

Se estima, sin embargo, que en Es-

tados Unidos existen ya unas 50 innovaciones tecnológicas de avanzada potencialmente disponibles, de las cuales 40 estarán en uso comercial en la próxima década. Estos avances proyectan la producción de maíz en ese país a 327 millones en el año 2000, es decir un 50 % más de la actual.

En el sector pecuario, de 57 tecnologías disponibles, 27 se incorporarían en esta década y las otras 30 antes de fin de siglo. Se predice la obtención de vacunos de 4.500 kg. y cerdos de 4 mt. de largo por 1,50 de altura.

Mientras no se llegue a la incorporación de cloroplastos a los animales superiores, lo que ya se ha logrado en microorganismos, la necesidad en cereales forrajeros, en especial maíz, va a seguir en aumento en el mundo del futuro.

Pero aún se está lejos de las posibilidades teóricas de alcanzar rendimientos ideales. Según Mac Key (1981), en condiciones óptimas de campo la máxima producción de materia seca por m<sup>2</sup>, en un canopeo de cobertura total, podría alcanzar a 670 g/há. por día. En 100 días de período efectivo de vegetación se podrían producir 67.000 kg/há lo que en una distribución 5:3:2 para grano, parte aérea y raíces, al 12 % de humedad, podrían traducirse en rendimiento de hasta 37.500 kg/ha. de grano.

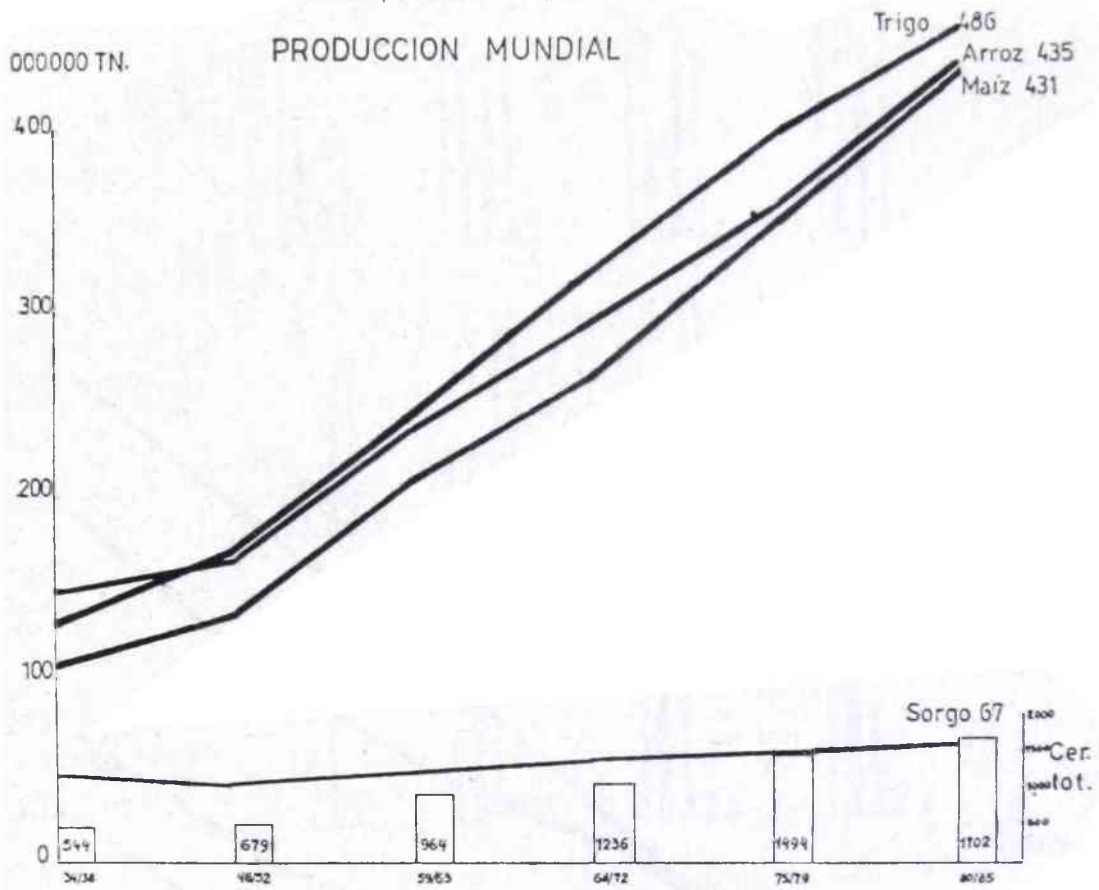
En maíz, los cultivares actuales poseen un potencial de rendimiento cercano al 50 % de ese valor.

Queda, entonces, a la investigación, mucho camino que recorrer para lograr el máximo aprovechamiento de las óptimas posibilidades de producción. Para la humanidad, la certeza de disponer la cantidad de alimentos que el mundo del futuro ha de necesitar.

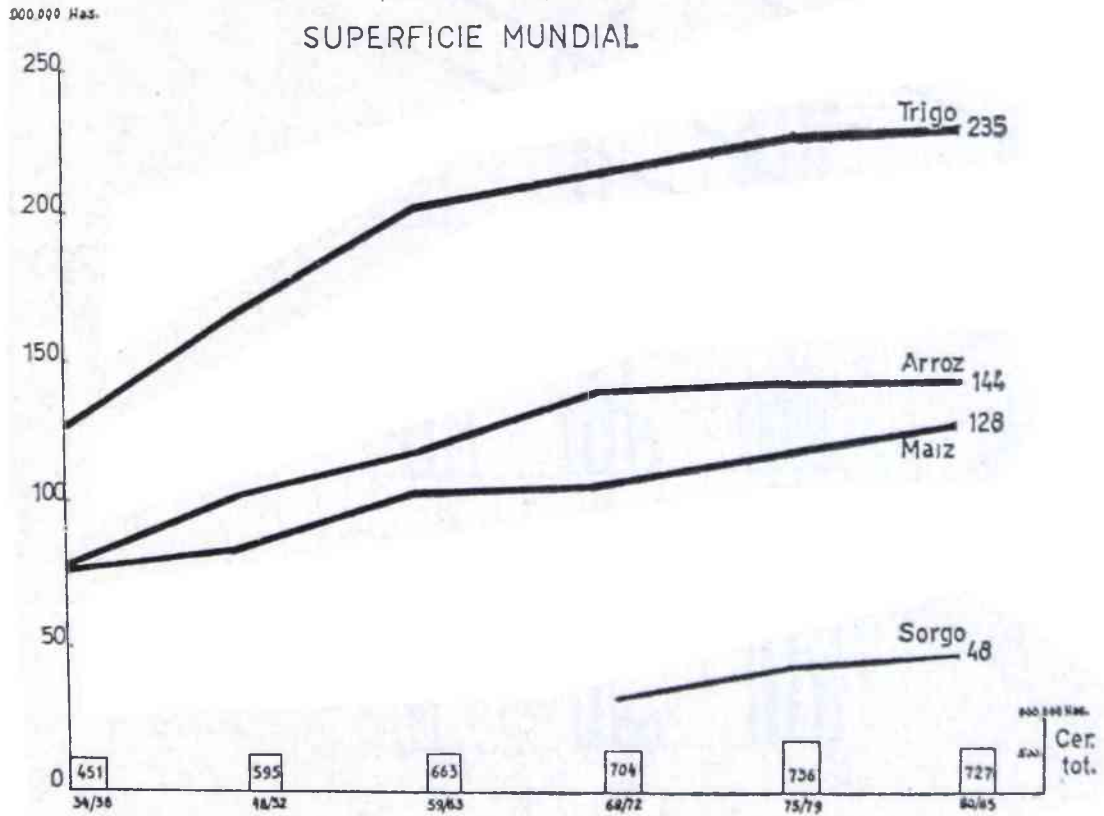
## BIBLIOGRAFIA

1. Avery, O. I.; C. M. MacLeod and M. Mc Carty. 1944, Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of Pneumococcal types. *J. Exp. Med.* 79: 137-158.
2. Ayala, F. J. and J. A. Kiger (Jr.) 1981, *Modern genetics*. The Benjamin Cummings. Publ. Co., Inc., California, 844 pp.
3. Mac Key, J. 1981, Cereal Production. *Cereals, a renewable resource*, Y. Pomeranz Lars Munk, ed.: 5-23.
4. Nakayama, F.; R. Ravizzini y S. Severín, 1985, La biotecnología en filotecnia. *Rev. Bsa. Com. Rosario*. Año LXXIV (1933): 26-32.
5. Penning De Vries, F. W. T.; Brunsting, A. H. and van Laar, H. H. 1974. Products, requirements and efficiency of biosynthesis A quantitative approach. *J. Theor. Biol.* 45: 339-377.
6. Pierik, R. L. M. 1981, *In vitro* culture of higher plants. *Int. Agr. Cent.* Wageningen, The Netherlands, 25 pp.
7. Rapela, M. A. 1984, El cultivo "in vitro" de vegetales y su utilidad para el mejoramiento en plantas superiores. *Bol. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. Vol. 4 (1-2): 8-13.
8. Rapela, M. A. 1985, Biotecnología, mejoramiento vegetal y derechos intelectuales. *Rev. Bsa. Com. Rosario*. Año LXXIV (1434): 25-30.
9. U. S. Office of Technology Assessment. 1985, *New Technologies and Agricultural Productivity*. The New Food Challenge: 14-21.
10. Villanueva, J. R. 1985, El impacto de la biología aplicada. *Nuevas perspectivas*. *Genética molecular*, Bibao, 181-215.
11. Watson, J. D. and F. H. C. Crick. 1953, Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171: 737-738.
12. Watson, J. D. and F. H. C. Crick 1953, Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature* 171: 964-967.
13. Wilson, W. G. y G. D. Sullivan. 1984, Biotecnología, consecuencias para la agricultura. *Perspectiva Económica* (48): 43-49.

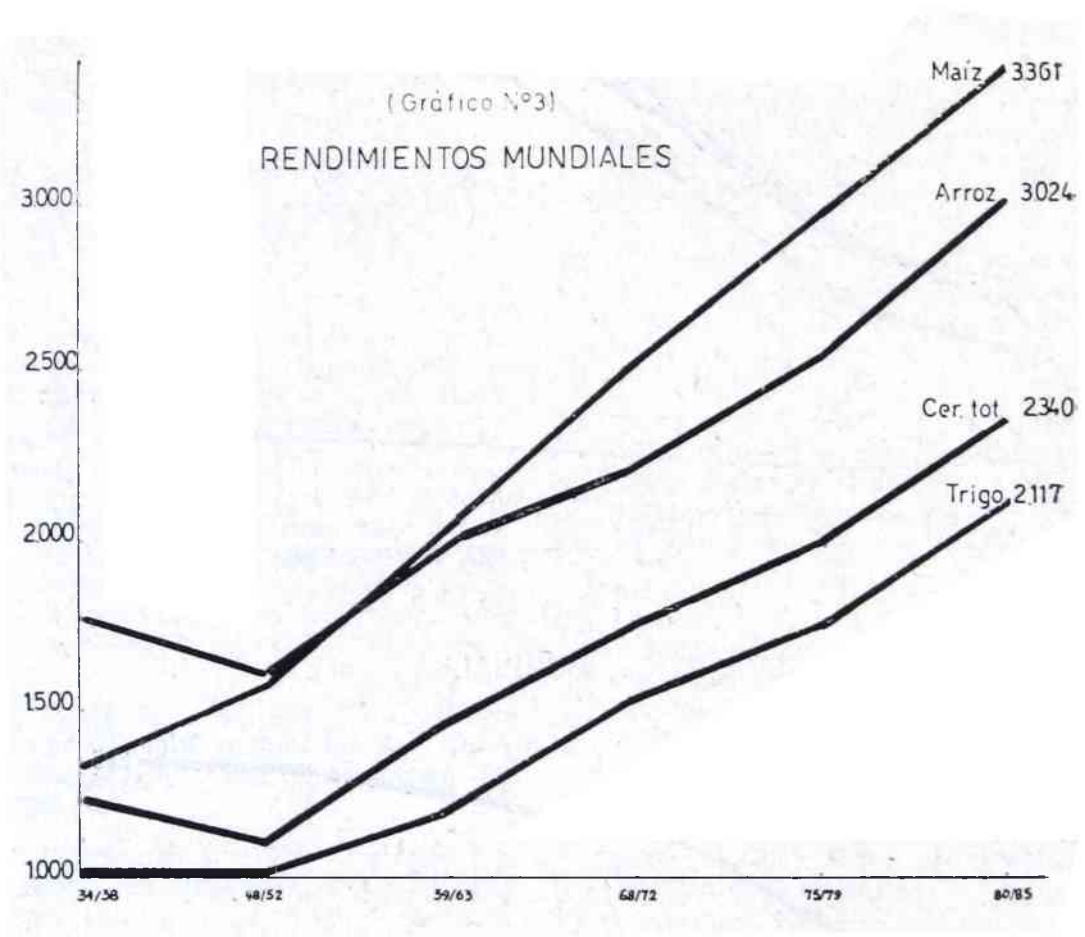
(Gráfico N°1)



(Gráfico N°2)







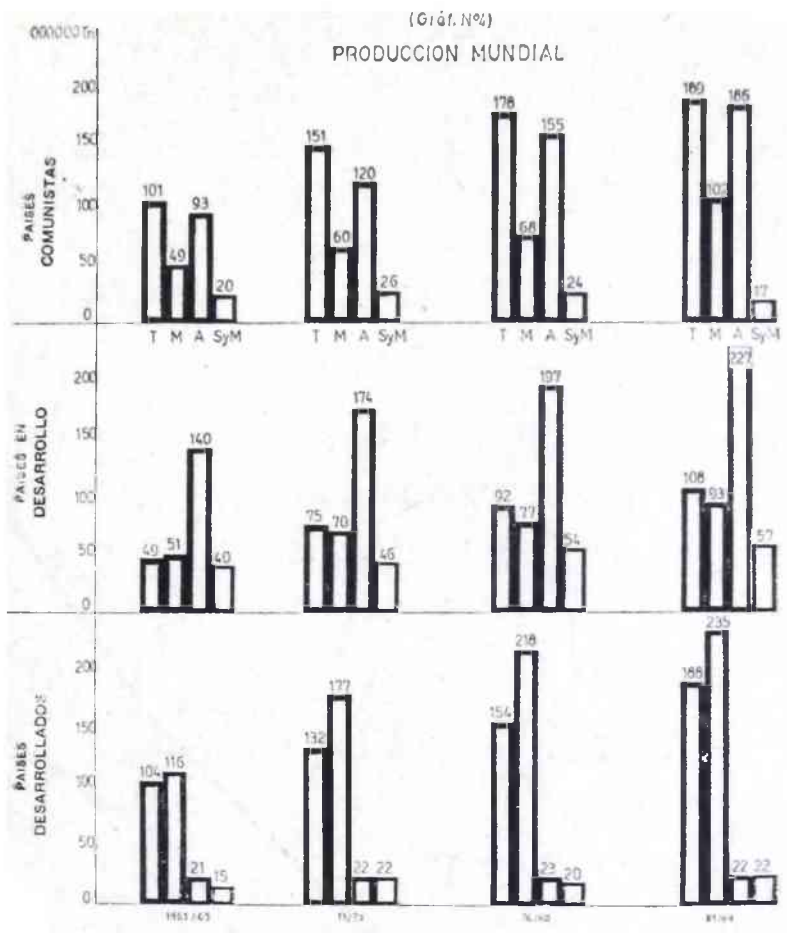
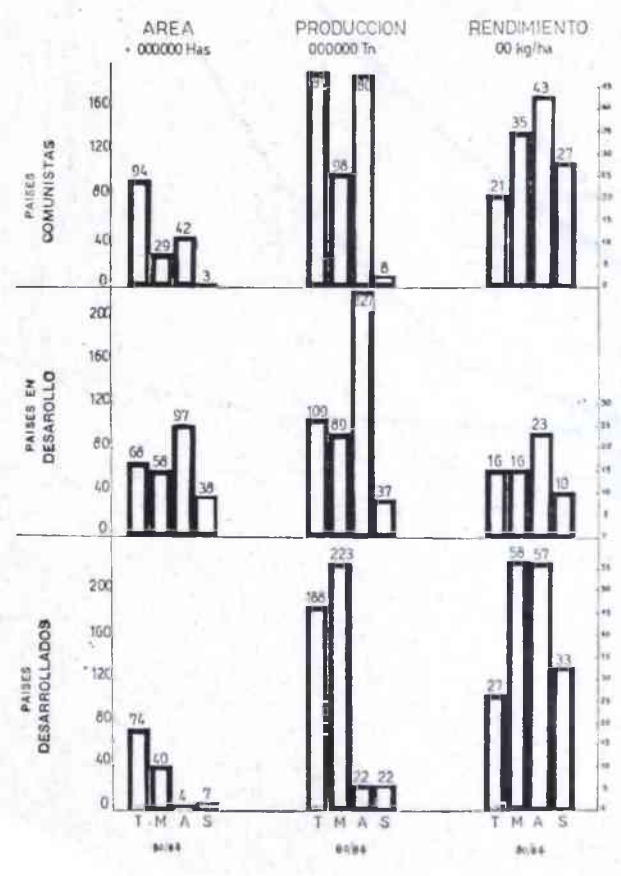


Gráfico Nº5



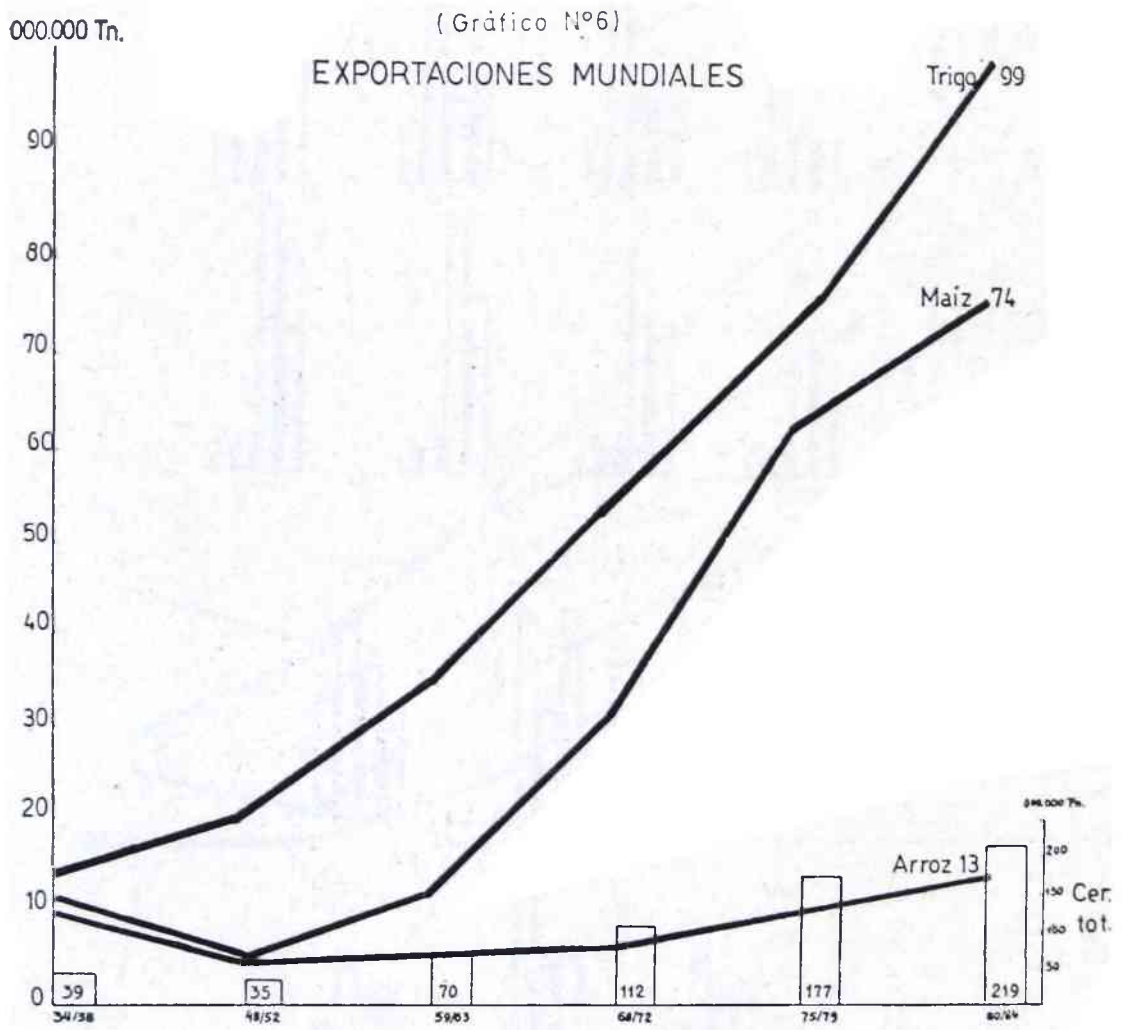
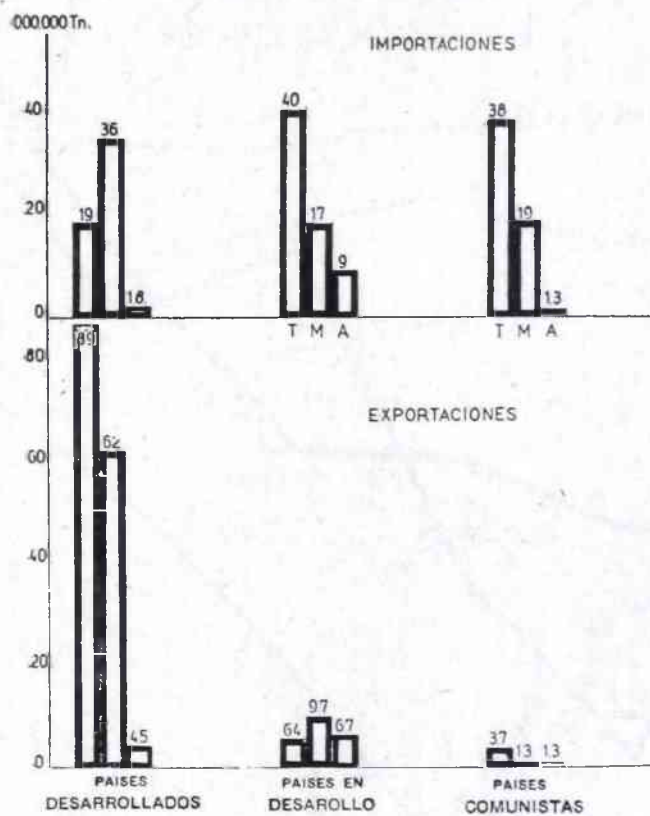
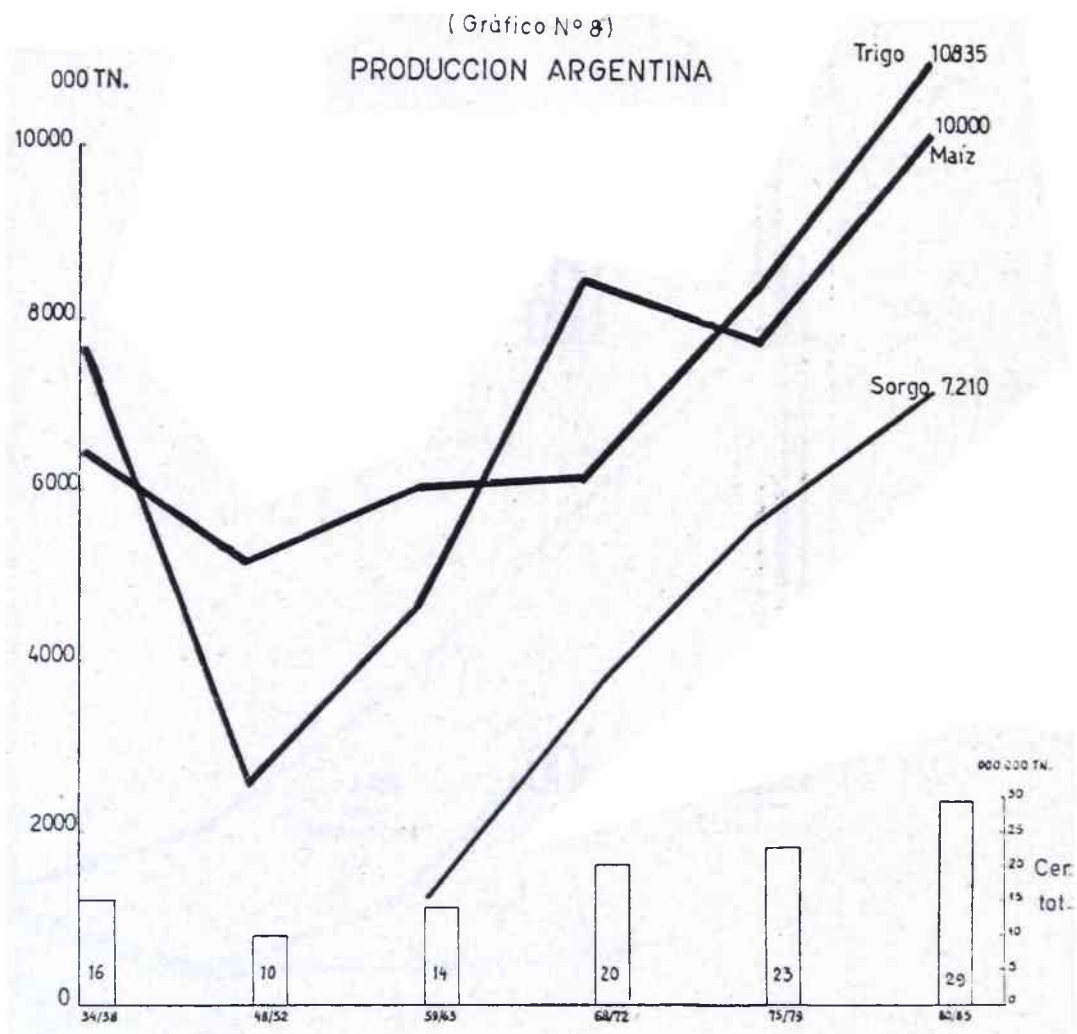


Gráfico N°7

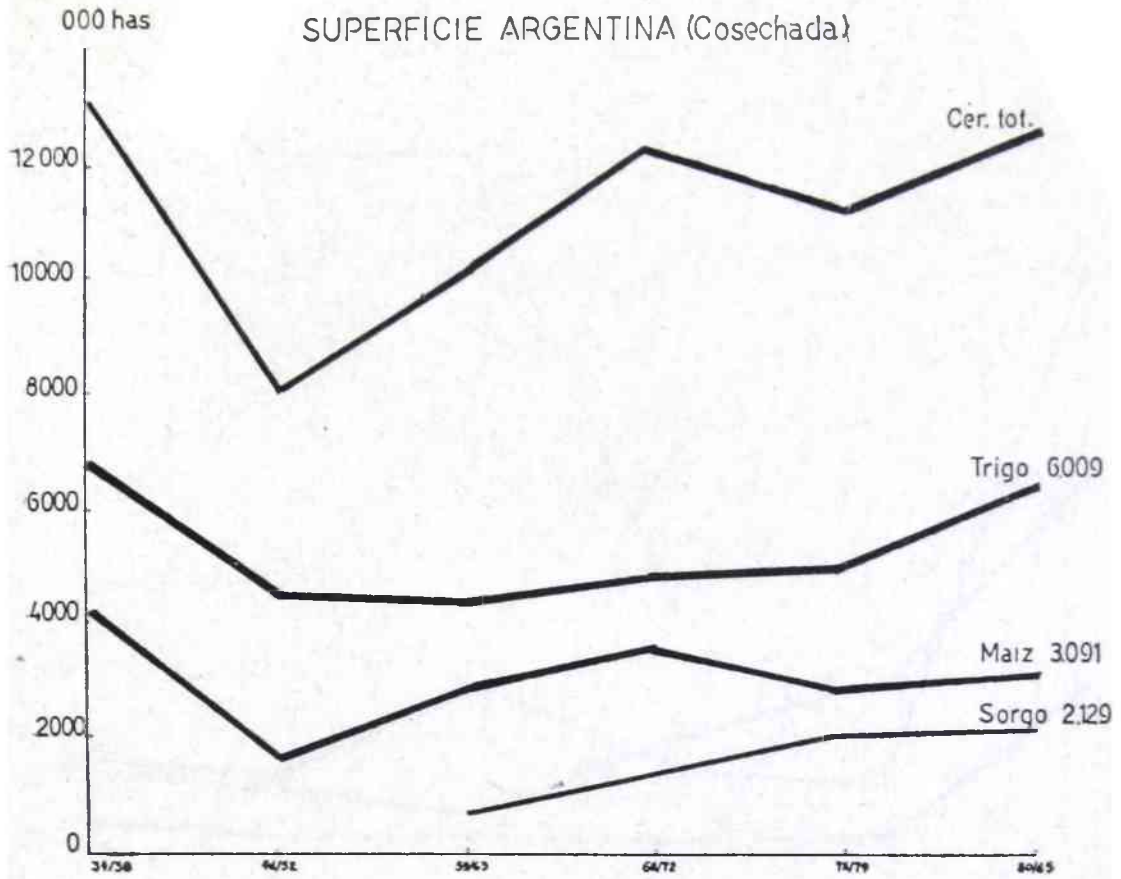
COMERCIO MUNDIAL -80/84-





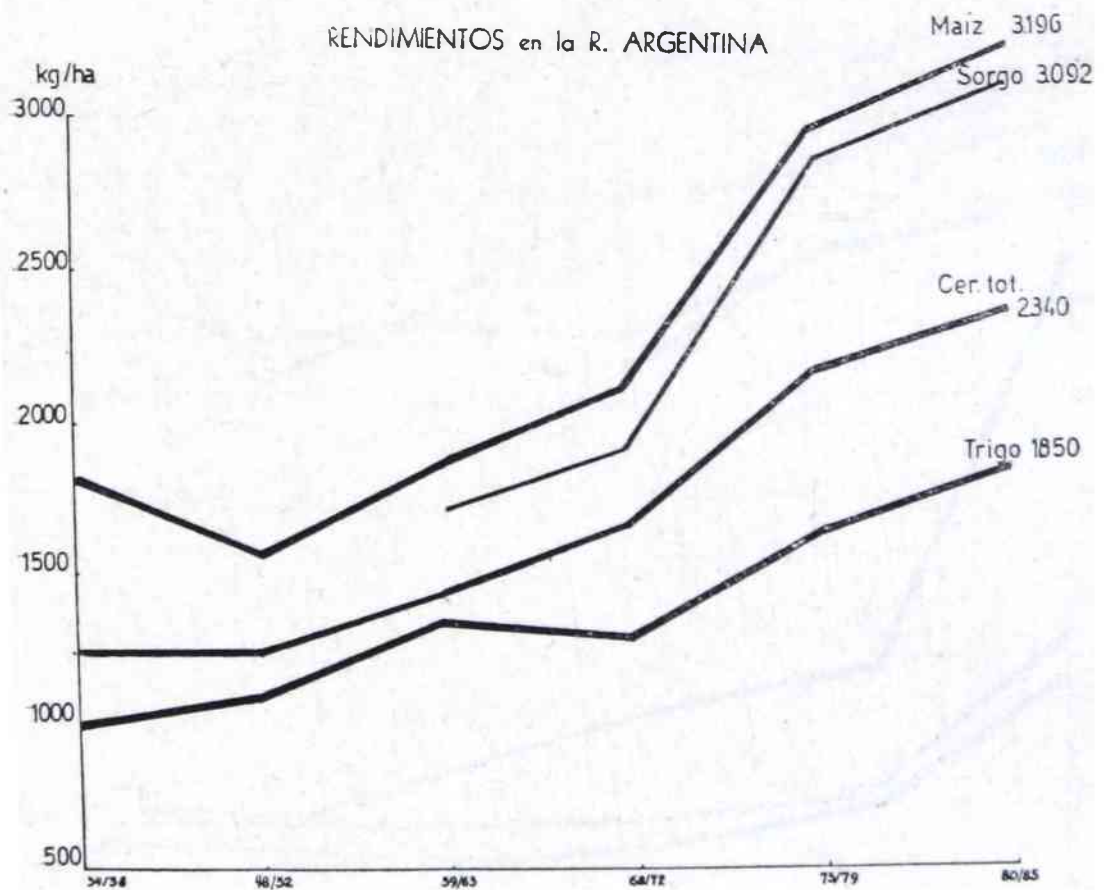
(Gráfico Nº9)

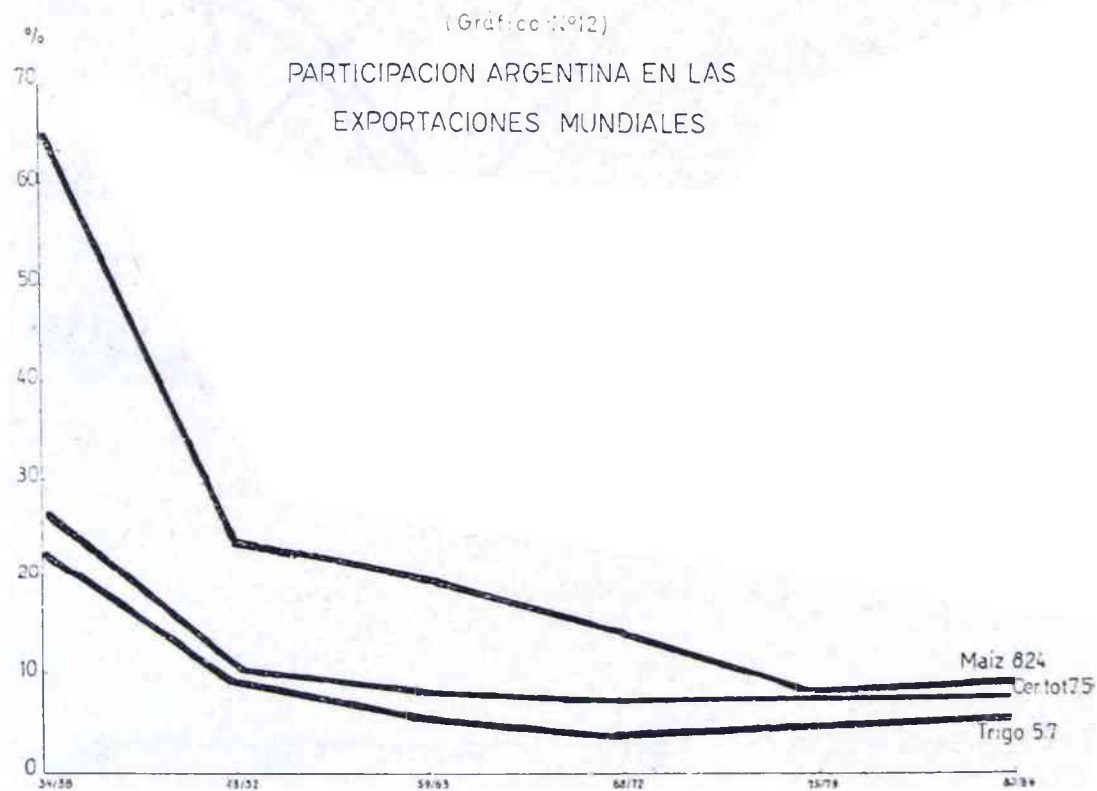
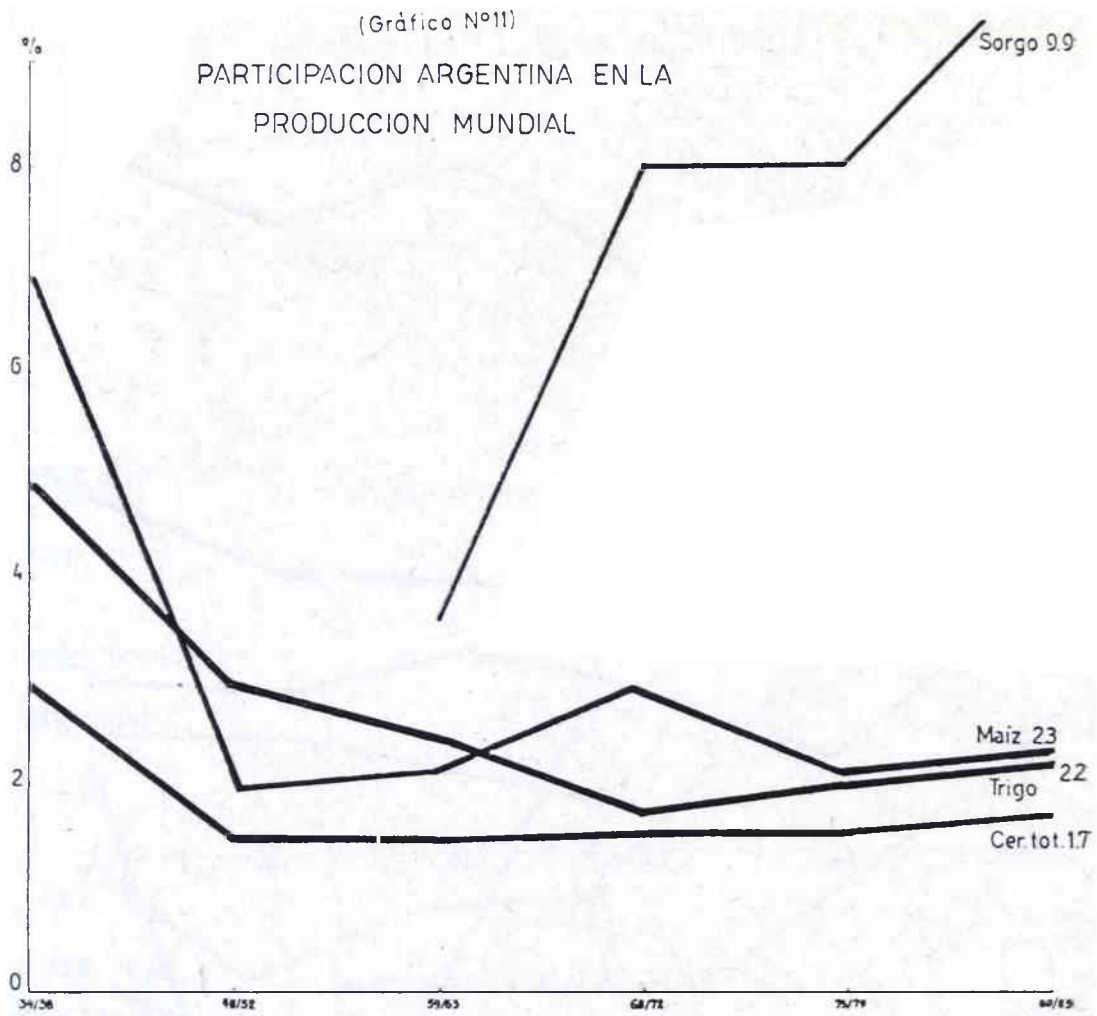
### SUPERFICIE ARGENTINA (Cosechada)

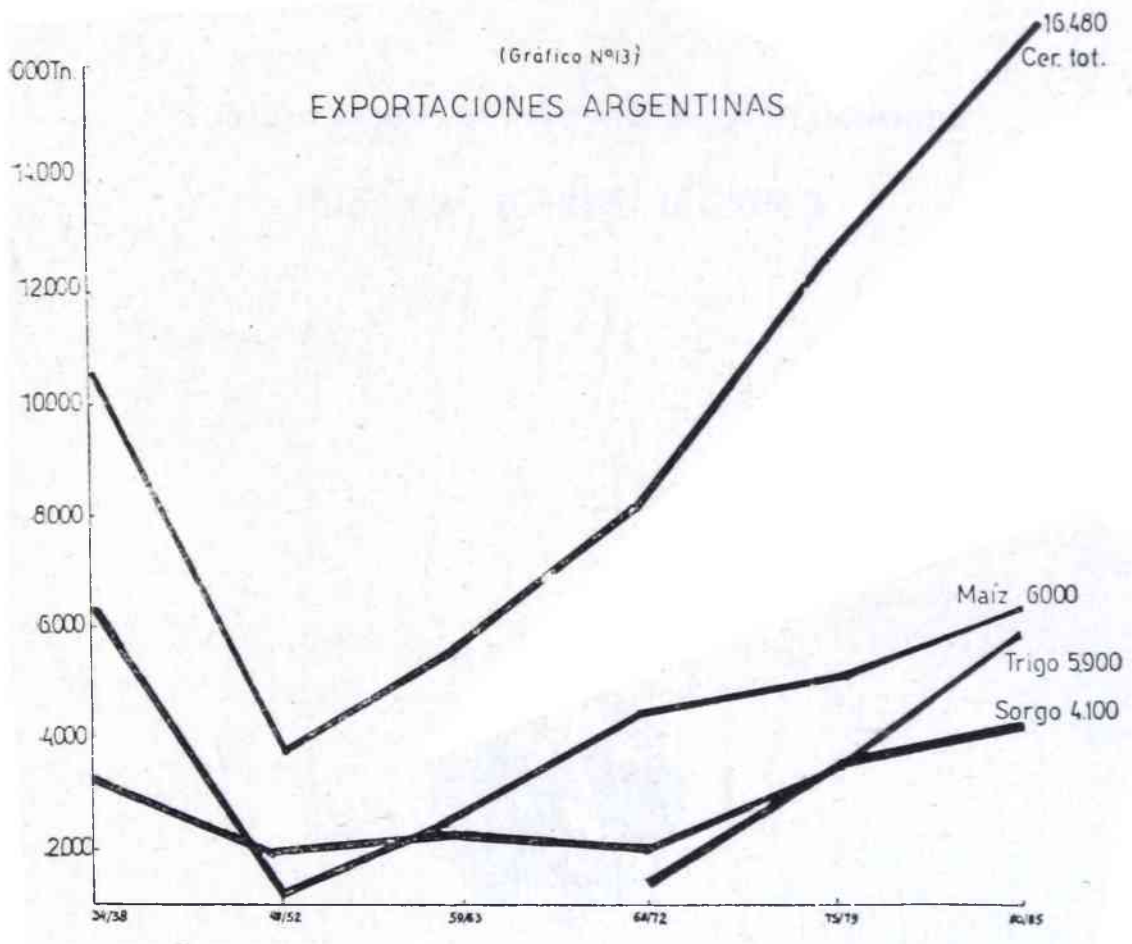


(Gráfico Nº10)

### RENDIMIENTOS en la R. ARGENTINA









**ACADEMIA NACIONAL  
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

TOMO XL  
BUENOS AIRES

Nº 6  
REPUBLICA ARGENTINA

---

**“AZUFRE EN ALGUNOS SUELOS ARGENTINOS”**

**Comunicación del Académico de Número**

**Ing. Agr. ICHIRO MIZUNO**



SESION ORDINARIA  
del  
11 de Septiembre de 1986