

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS — ZONA SUR — O. E. A.
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

Investigación Económica y Experimentación Agrícola

EDITADO POR
EMILIO MONTERO B.
SANTOS PEREZ V.
Economistas Agrícolas
IICA-ZS

SEMINARIO INTERNACIONAL
REALIZADO EN SANTIAGO DE CHILE EN JULIO 25-29, 1966

IICA
M 778

PARTICIPANTES

GONZALO ARROYO,
Ing. Agr. Ph. D.
Profesor-Investigador.
Departamento de Economía Agraria.
Facultad de Agronomía
Universidad Católica.
Santiago, Chile.

EDUARDO BELLO,
Ing. Agr. M.S.
Director Centro de Investigaciones
Agrícolas. Ministerio de Gan. y
Agricultura La Estanzuela,
Colonia, Uruguay.

MANUEL F. BONINO,
Ing. Agr. M.S.
Coordinador Programa Producción
Avícola. INTA. Pergamino,
Buenos Aires, Argentina.

BLAS F. BRAVO,
Ing. Agr. M.S.
Investigador en Producción Animal
INTA. Balcarce,
Buenos Aires, Argentina.

CESAR CAINELLI,
Ing. Agr. M.S.
Coordinador Estudios Economía
Agrícola INTA.
Buenos Aires, Argentina.

HERNAN CABALLERO,
Ing. Agr. Ph. D.
Coordinador de Investigaciones
Zootécnicas. Instituto de
Investigaciones Agropecuarias.
Santiago, Chile.

ARMANDO CONAGIN,
Ing. Agr.
Director División de Agronomía,
Instituto Agronómico de Campinas.
Estado de Sao Paulo, Brasil.

RENE CORTAZAR,
Ing. Agr. Ph. D.
Coordinador de Fitotecnia,
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias.
Santiago, Chile.

ENRIQUE DELGADO,
Ing. Agr.
Profesor de Economía Agraria.
Departamento de Economía Agraria
Facultad de Agronomía,
Universidad de Chile.

ALVARO DIAZ,
Ing. Agr.
Director Estación Experimental de
Paysandú, Uruguay.

IGNACIO DOMINGUEZ,
Ing. Agr.
Coordinador Programas de Extensión.
Facultad de Agronomía.
Universidad Católica,
Santiago, Chile.

AUGUSTO L. DURLACH,
Veterinario.
Director Servicio Nacional de
Programación y Evaluación Técnica
INTA. Buenos Aires, Argentina.

EDDIE ECHANDI,
Fitopatólogo Ph. D.
Jefe Programas Cultivos Alimenticios.
IICA. Turrialba, Costa Rica

MANUEL ELGUETA,
Ing. Agr.
Director Instituto de Investigaciones
Agropecuarias.
Santiago, Chile.

ABRAHAM E. FEBRES,
Ing Agr. M.S.
Profesor Asociado del
Departamento de Economía.
Facultad de Ciencias Sociales.
Universidad Agraria.
Lima, Perú.

DELBERT A. FITCHETT,
Ec. Ph D.
Desarrollo Universitario.
Fundación Rockefeller.
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias,
Santiago, Chile.

FERNANDO GARCIA,
Ing. Agr.
Director Estación Experimental.
Universidad Católica.
Santiago, Chile.

EDGARDO GILLES,
Ing. Agr M.S.
Especialista en Economía Agrícola.
Centro de Investigaciones Agrícolas
"Alberto Boerger".
La Estanzuela, Colonia, Uruguay.

TOMAS GOLDENBERG,
Ing. Agr. M.S. Ec. Agr.
Facultad de Agronomía,
Universidad Católica.
Santiago, Chile.
(Coordinador del Seminario).

RICARDO HEPP,
Ing Agr.
Representante Oficial IICA en Chile.
Santiago, Chile.

LUIS HIDALGO,
Ing. Agr. M.S.
Profesor de Economía Agrícola.
Facultad de Ciencias Sociales.
Universidad Agraria.
Lima, Perú.

ELIAS LETELIER,
Ing. Agr.
Coordinador Línea de Suelos.
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias.
Santiago, Chile.

LUIS O. LUGONES,
Ing. Agr.
Esp. Porcinotecnia INTA.
Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

RICHARD C. MANNING,
Ec. Agr. Ph. D.
Profesor visitante Departamento de
Economía.
Facultad de Ciencias Sociales.
Universidad Agraria, Lima, Perú.

JOSE MARULL,
Ing. Agr. Ph. D.
Decano de la Escuela para
Graduados y Director del Centro de
Enseñanza e Investigación, IICA.
Turrialba, Costa Rica.

CARLOS MONTAÑES,
Ec. Agr. Ph. D.
Especialista Regional IICA.
Programas de Reforma Agraria.
Santiago, Chile.

EMILIO MONTERO,
Ing. Agr. M.S.
Economista Agrícola Asociado IICA.
Montevideo, Uruguay.
(Director del Seminario).

JUAN DE JESUS MONTILLA,
Veterinario M.S.
Jefe de la Sección Producción Animal.
Centro de Investigaciones Veterinarias.
Maracay, Venezuela.

MILTON E. MORRIS,
Esp. en Comunicaciones Ph. D.
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias,
Santiago, Chile.

JUAN A. NOCETTI,
Ing. Agr.
Esp. en Administración Rural. INTA.
Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

JOSE OLIVARES,
Ing. Agr.
Esp. en Economía Agraria.
Oficina de Planificación Agrícola.
Santiago, Chile.

HERNAN OROPEZA,
Ing. Agr. M.S.
Director Centro de Investigaciones
Agronómicas.
Maracay, Venezuela.

OSVALDO PALADINES,
Ing. Agr. Ph. D.
Jefe del Programa de Ganadería y
Pasturas, IICA Zona Templada.
Montevideo, Uruguay.

SANTOS PEREZ,
Ing. Agr.
Ec. Agr. Asociado IICA.
Montevideo, Uruguay.
(Coordinador del Seminario).

GENE PILGRAM,
Ec. Agr. M.S.
Esp. en Administración Rural.
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias.
Santiago, Chile.

ERNST E. REYNAERT,
Esp. en Fertilidad de Suelos. IICA.
Centro de Investigaciones Agrícolas
"Alberto Boerger".
La Estanzuela. Colonia, Uruguay.

MANUEL RODRIGUEZ,
Ing. Agr.
Director Regional IICA. Zona Sur.
Montevideo, Uruguay.

HUMBERTO ROSADO,
Ing. Agr. Ph. D.
Extensionista Adjunto IICA.
Montevideo, Uruguay.

ADY RAUL DA SILVA,
Ing. Agr.
Director Departamento de
Investigación y Experimentación
Agropecuaria.
Ministerio de Agricultura.
Río de Janeiro, Brasil.

ANTONIO R. TEIXEIRA FILHO,
Ing. Agr.
Director Instituto de Economía Rural.
Escuela Superior de Agricultura de la
Univ. del Estado de Minas Gerais.
Vicosa, Brasil.

HERNAN TEJEDA,
Ing. Agr. M.S.
Investigador en Fertilidad de Suelos.
Instituto de Investigaciones
Agropecuarias.
Estación Experimental. Chillán, Chile.

KURT ULLRICH,
Ing. Com.
Instituto de Economía.
Universidad de Chile.
Santiago, Chile.

HORACIO URZUA,
Ing. Agr.
Profesor Departamento Edafología.
Facultad de Agronomía.
Universidad Católica, Santiago, Chile.

ALBERTO VALDES,
Ing. Agr. M.A.
Profesor Investigador
Universidad Católica.
Santiago, Chile.
(Director del Seminario).

JOSE VALLE-RIESTRA,
Ing. Agr. M.S.
Profesor de Nutrición.
Universidad Agraria, Lima Perú.

J. JORGE MARQUES VAZ,
Ing. Agr.
Extensionista Asistente IICA-ZS.
Santiago, Chile.

SVEN VILLAGARCIA,
Ing. Agr.
Profesor de Suelos y Fertilizantes.
Universidad Agraria.
Lima, Perú.

RAFAEL YRARRAZAVAL,
Ing. Agr.
Profesor Economía Agraria.
Facultad de Agronomía.
Universidad Católica.
Santiago, Chile.

ALCIDES GUIDETTI ZAGATTO,
Ing. Agr.
Profesor colaborador
Departamento de Economía Rural.
Escuela de Agronomía Luiz de Queiroz
Piracicaba, Sao Paulo. Brasil.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. Introducción	13
II. Aspectos Económicos en la Programación de Investigaciones Agrícolas	17
1. Determinación de prioridades de Investigaciones Agrícolas. — Alberto Valdés	19
2. Qué espera el Investigador del Economista Agrícola. — René Cortázar	29
3. El Economista Agrícola en la Estación Experimental. Análisis de un Investigador Agrícola. — Armando Conagin	39
4. Programación de Investigaciones Agrícolas. Casos concretos	43
4.1 Selección y evaluación de Programas en INTA, Argentina. — Augusto L. Durlach	43
4.2 Programa Regional del Frejol para Centroamérica. — Eddie Echandi	53
4.3 Análisis y orientación de las Investigaciones en Producción Animal en Chile. — Hernán Caballero	59
III. Análisis Cuantitativo en Experimentación Agrícola	69
1. Funciones de producción de trigo con varios niveles de nitrógeno y fósforo. — W. Couto y Edgardo Gilles	71
2. Análisis económico del uso de fertilizantes en trigo, maíz y papas. — Alberto Valdés E. ...	79
3. Análisis económico de la aplicación de fertilizantes en papas. —Richard Manning	131
4. Análisis de un grupo de experimentos en fertilización de frijoles. — Armando Conagin	143

	<u>Página</u>
5. Interpretación económica de un grupo de 32 ensayos. — Armando Conagin	151
6. El efecto residual en los cálculos de rentabilidad de los fertilizantes. — Elías Letelier	159
7. Economía de la aplicación de abonos fosfatados a la remolacha. — Elías Letelier	161
8. Función de producción para formular recomendaciones para el uso de fertilizantes. — Ernst Reynaert	165
9. Evaluación de metodología para determinar funciones de respuesta en la fertilización y su utilización económica — Hernán Tejada	173
10. Evaluación de eficiencia de un plantel avícola para la producción de huevos o carne. — Manuel Bonino	187
 IV. Análisis de Productividad de Recursos	 191
1. La función de producción y su aplicación en la agricultura — Kurt Ullrich	193
2. Algunos problemas en la aplicación de la función Cobb-Douglas en el Area de Maipú, Chile. Kurt Ullrich	199
3. Programación lineal a nivel del predio. Zona de Cachapoal. — Gonzalo Arroyo	207
4. Programación lineal a nivel regional. Maule Norte. — Gonzalo Arroyo	229
 V. Interrelaciones Investigación Agrícola - Economistas - Productores	 255
1. Divulgación entre agricultores de los resultados del análisis económico de Experimentación Agrícola — Gene Pilgram	257
2. Comunicaciones agropecuarias. — Milton E. Morris	261
3. Limitaciones en la información disponible por las agencias de Extensión. — Juan A. Nocetti .	265

	<u>Página</u>
4. El punto de vista de un Extensionista en relación con el Investigador en Economía Agrícola. Humberto Rosado E.	275
VI. Conclusiones	283
1. Determinación de prioridades de investigación agrícola	285
2. Rol del economista agrícola y su ubicación dentro del centro experimental	286
3. Análisis cuantitativo en experimentación agrícola	287
3.1 En fertilizantes	287
3.2 En Producción Animal	288
4. Interrelaciones investigación agrícola-economistas-productores	289
5. Consideraciones finales	291
VII. Discursos de Inauguración	293
1. Ing. Agr. Manuel Rodríguez, Director Regional IICA-Z.S.	295
2. Monseñor Alfredo Silva Santiago, Rector Universidad Católica de Chile	296
3. Ing. Agr. Ady Raúl da Silva, Director Depto. Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura del Brasil	299

I

Introducción

Se advierten avances profesionales en las diversas actividades que respaldan y estimulan los aumentos de la producción agropecuaria, como un medio para lograr mayores niveles de vida de las poblaciones. Esto se refleja en la cantidad y calidad de trabajos técnicos que muestran una creciente preparación profesional en campos especializados tales como: Fitotecnia, Ganadería, Economía Agrícola, Ingeniería Agrícola, etc. Sin embargo, no se observa un desarrollo paralelo de las interrelaciones de especialistas que compenetrados de sus objetivos comunes se apoyen y complementen para la consecución más efectiva y rápida de ellos.

En sus diversas actividades técnicas, el IICA-Zona Sur, se ha ocupado de estas relaciones interdisciplinarias. Sus programas de mejoramiento fitotécnico y ganadero han sido enfocados con criterios económicos para su implantación y desarrollo; las labores de Extensión y Comunicaciones han estado especialmente ligadas a aspectos económicos y sociales, como así también a los trabajos de investigaciones agronómicas, tanto de los organismos nacionales de experimentación, como de los propios centros del Instituto.

La actividad de Economía Agrícola por su parte ha dado énfasis a Administración Rural, cuyo carácter interdisciplinario se desprende de su propia definición que la caracteriza como "la consideración de la combinación y manejo de los factores de la producción agropecuaria, propendiendo a facilitar las decisiones al nivel de la unidad de explotación, con el fin de obtener el mejor resultado económico, manteniendo la productividad de sus recursos".

Sin embargo, estas interrelaciones no se habían enfocado como tema y objetivo de una actividad en sí misma, sino que como parte integral de todos los programas.

EL SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACION ECONOMICA Y EXPERIMENTACION AGRICOLA, realizado en Santiago, Chile, los días 25 a 29 de Julio de 1966, fue una expresión de esta inquietud del IICA y constituyó un esfuerzo dedicado directamente a la consideración y estudio de las interrelaciones entre Economistas Agrícolas e Investigadores en materia Agropecuaria. Concurrieron a él 49 participantes, profesionales de Argentina, Brasil, Chile, Perú, Uruguay y Venezuela, como asimismo técnicos de organismos internacionales trabajando en estos países.

Este libro presenta los trabajos discutidos en las reuniones del Seminario y resume las principales conclusiones expresadas por los participantes.

El Seminario fue posible gracias a la colaboración decidida de la Universidad Católica de Chile, en cuyas instalaciones se realizaron las sesiones, la que ofreció múltiples facilidades para su realización. Profesores e Investigadores del Departamento de Economía Agraria de la Facultad de Agronomía, contribuyeron no sólo con valiosos trabajos técnicos, sino además participaron en la preparación y dirección del Seminario.

Entre las Instituciones chilenas que participaron en este Seminario, queremos destacar y agradecer al Ministerio de Agricultura, Instituto de Economía de la Universidad de Chile e Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

**Manuel Rodríguez Z.
Director Regional IICA-Z.S.**

II

Aspectos Económicos en la Programación de Investigaciones Agrícolas

1. DETERMINACION DE PRIORIDADES EN INVESTIGACION AGRICOLA

Alberto Valdés E. ()*

“Economic growth from the agricultural sector of a poor country depends predominantly upon the availability and price of modern agricultural factors. The suppliers of these factors in a very real sense hold the key to such growth. When they succeed in producing and distributing these factors cheaply, investment in agriculture becomes profitable, and this sets the stage for farmers to accept modern factors and learn how best to use them”.¹

El tema general del Seminario está vinculado a la demanda de nuevas técnicas y los llamados insumos “no convencionales” o modernos en agricultura.

En esta oportunidad se pretende poner énfasis principalmente en dos aspectos:

a) Plantear criterios que faciliten la decisión acerca del volumen total y la distribución de la inversión en investigación. Interesa destacar cuáles son las variables y sugerir algunos indicadores o guías cuantitativos que puedan utilizarse para determinar cuál debe ser el programa de investigación en un Centro Experimental Agrícola.

b) Dar elementos que permitan comprender mejor el rol de la investigación aplicada (y luego de las instituciones de investigación) como parte integral de política agraria. Interesa tratar de clasificar los objetivos de la investigación tecnológica agrícola a través del examen de quien es el verdadero beneficiado con esta investigación.

Entiendo el objetivo de la investigación como el descubrir las respuestas a preguntas específicas a través de la aplicación de procedimientos científicos. Interesa maximizar la probabilidad de que cualquier proyecto iniciado de investigación produzca información

(*) Ingeniero Agrónomo. Economista Agrícola (M.A.). Profesor Investigador Universidad Católica de Chile, Santiago.

(1) T. W. Schultz, *Transforming Traditional Agriculture*, Pg. 145.

confiable y pertinente. El uso de procedimientos científicos garantiza que ésta sea confiable. La pregunta principal que interesa es cuál información es más pertinente, más valiosa.

El contenido del programa de este Seminario se concentra en la investigación agrícola aplicada, dado la naturaleza de las instituciones en donde laboran la mayoría de los participantes. Este tipo de investigación se podría definir diciendo que dentro de las razones para plantear interrogantes está el deseo de saber con qué objetivos se van a utilizar en la producción agrícola.

Los Centros Experimentales investigan problemas de producción agrícola de importancia económica. Después de todo, el objetivo directo es abastecer al agricultor con nuevos o mejores insumos y con más información acerca de cómo producir. Además, si se acepta que la actividad agrícola es un negocio, se contrae la obligación de preocuparse en que la investigación tecnológica sea orientada con criterio económico. Dentro de este tipo de investigación, es posible y seguramente indispensable hablar de rentabilidad económica.

Aun cuando a más de alguna persona le hubiese llamado la atención hace un mes en una conferencia dictada en la Universidad Católica, el Profesor Harberger mencionaba que la tasa de retorno a la inversión en educación en Chile era algo superior al 20 % real y cerca del 27 % para la educación técnica. Esto no significa, por supuesto, desconocer los beneficios no económicos de la educación. Esta rentabilidad es superior a muchas inversiones en capital físico, como Plantas Iansa, algunos caminos, Ferrocarriles y así varios otros, y el país quiéralo o no debe escoger entre proyectos alternativos. De acuerdo a este criterio, parecería que la educación debería obtener una fracción bastante mayor del gasto total anual.

El caso de la investigación aplicada parece ser similar. Aun cuando no se distribuye normalmente de acuerdo a medidas de utilidades y pérdidas, es objeto de una evaluación económica ya que impone un costo identificable y tiene beneficios identificables.²

El concepto de tasa de retorno es igualmente aplicable a la investigación como a la educación, a la extensión o a la inversión en construcciones, equipo y otros. Las instituciones que desarrollan esta investigación caen dentro del concepto de "empresa" aun cuando la mayoría sea sin fin de lucro. Su organización y estrategia de decisiones, dado sus objetivos, seguramente no es muy diferente.

Un "clásico" en este tipo de investigación es el de Griliches acerca de los costos y beneficios sociales de la "producción" del maíz híbrido en USA. Contabilizando el total de los gastos de instituciones privadas y públicas y midiendo el beneficio a través del aumento en los rendimientos físicos ajustados por cambios en los precios,

(2) Opus Cit. Pg. 157.

Griliches concluye que la tasa (social) de retorno a la investigación que produjo el maíz híbrido es de 700 %. Cada dólar invertido proporciona un retorno anual de \$ 7 a perpetuidad.³

En Méjico, para el trigo hasta 1962 por cada dólar invertido durante todo el programa se obtenían 8 dólares por año, o sea 800 %. En un estudio de costos y beneficios de la investigación en Méjico, Ardito - Barletta concluye que la tasa de retorno a toda la inversión en investigación en trigo y maíz hecha por el Gobierno y la Fundación Rockefeller llega al 400 % anual.⁴

Las dificultades para medir estos costos y beneficios son considerables; parte de los costos y beneficios son "conjuntos" para diversos proyectos; quizás más importante, gran parte de los beneficios no son captados directamente por el que hizo la inversión, dígase el centro experimental, sino por los agricultores que aumentan sus utilidades o los consumidores que obtienen mayor cantidad a precios inferiores. Pero eso solamente pone en tela de juicio el nivel exacto de rentabilidad pero no permite poner en duda de que es extraordinariamente alto, y superior a la mayoría de las alternativas en inversiones "tradicionales".

Hay muchas lecciones interesantes que podrían extraerse de la literatura del desarrollo económico acerca de este tema, pero esta no es la ocasión. Ya se mencionó brevemente el caso del maíz y el trigo, y permítase agregar la experiencia de Japón al respecto. Siendo un país con una agricultura intensiva en el uso de mano de obra, ha experimentado notables progresos tecnológicos, como es el aumento de 177 a 2,363 variedades de arroz utilizadas en los campos. Según Johnson y Mellor, entre 1880 y 1930 se logró en Japón un aumento sostenido de la producción de un 2 % anual sin aumentar la superficie de cultivo, con una inversión muy modesta en capital físico, lográndose doblar la productividad de la mano de obra. La inversión en investigación agrícola y en actividades de extensión fueron los factores "cruciales" o de importancia estratégica para el desarrollo.⁵

Estos antecedentes dan más seguridad y ánimo para insistir que la investigación aplicada no es una actividad que "hay" que desarrollar porque investigar es "conveniente" sino que la investigación puede ser una herramienta que se puede dirigir hacia fines bien específicos de desarrollo económico y social.

Al destinar recursos para la investigación se está sacrificando recursos para otra actividad, y en este sentido tiene un costo. Pro-

-
- (3) Griliches "Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations". *Journal of Political Economy*, Vol 66. Oct. 1958.
 - (4) N. Ardito - Barletta. PhD Dissertation, Dept. of Economics, The University of Chicago 1965.
 - (5) En E. Heady, "Agricultural Policy Under Economic Development". Pg. 601. Iowa State University Press 1962.

porciona beneficios debido a que permite reducir el precio real de los insumos empleados por los agricultores o elevar el nivel de consumo sin aumentos de precios de los alimentos; aun cuando la rentabilidad económica no es una exigencia exclusiva, es uno de los indicadores más objetivos acerca del buen uso de los recursos.

Interesa identificar guías cuantitativas para asignar el presupuesto que puedan ser utilizados por las autoridades encargadas de la política de inversión a nivel nacional como también para ser empleados por los administradores de los centros experimentales para orientar su acción de acuerdo con las metas de desarrollo económico-social de cada nación.

Las autoridades deben estimar cuantos recursos destinará a la actividad investigación; para esto las mediciones de productividad social del capital son un indicador claro. Si la tasa de retorno en investigación aplicada agrícola es tan alta como la de la educación, en el caso chileno al menos se está sub-invirtiéndose espectacularmente en investigación. Una misma cantidad de E² (escudos) contribuirían más al ingreso nacional destinándose a investigación que a innumerables proyectos en el área de obras públicas y programas de fomento en vigencia. Será tarea de los economistas agrícolas elaborar un programa sistemático de estudios que permitan a los Directores de Investigación contar con los antecedentes proporcionados por estudios científicos y así enfrentar a los Ministros de Hacienda, Oficinas de Planificación y otras autoridades influyentes en la asignación del presupuesto público. Más adelante se tratará el rol de las instituciones particulares en esta actividad.

Una segunda etapa es la de cómo asignar un presupuesto fijo, a las decisiones que normalmente ocurren dentro del año. Manteniendo el criterio general de destinar los recursos hacia aquellos usos en donde la tasa de retorno a la inversión sea mayor, usando una regla de Valor Presente, conceptualmente la más adecuada, o la de Costo Beneficio o alternativamente la de Tasa Interna de Retorno; la metodología de análisis cae dentro del área de Evaluación de Proyectos y en donde es preciso hacer una clara distinción de costos y beneficios privados versus sociales. Sin embargo, es posible tratar de identificar algunos indicadores más específicos.

Al hablar de rentabilidad a la inversión en investigación es más fácil visualizar los componentes de costo tales como sueldos, instalaciones, equipo y así otros gastos obvios. No es tan fácil hacer lo mismo para los beneficios y esto obliga a definir cuáles pueden ser los objetivos de mantener centros experimentales y pareciera que aquí pudiera haber metas algo conflictivas. Para iniciar una clasificación de objetivos parece útil ponerse en diversas situaciones: ⁶

(6) Esta clasificación contiene elementos tomados de E. Heady, opus. cit. Ch. 16.

a) Un país con bajo nivel de consumo de alimentos, bajo ingreso per cápita y lento crecimiento del ingreso. Una meta sería la de aumentar la producción a través de cambios tecnológicos con miras a reducir el precio de los alimentos al consumidor. Un criterio consecuente para destinar los recursos de investigación sería utilizar la elasticidad (precio) de demanda de cada bien, dando énfasis en la investigación hacia aquellos bienes con "baja elasticidad" de demanda, en otras palabras, en donde cambios porcentuales en el precio tienen un escaso efecto en la cantidad consumida. Serían bienes que tienen poco sustitutos en consumo, en donde los consumidores de bajos ingresos probablemente gastan una alta fracción de éste. Aumentos en la producción permitirán incrementar el consumo con una disminución en el gasto total.

¿Qué implica esto para los productores? Ellos estarán aumentando la producción en bienes de baja elasticidad de demanda y por lo tanto el ingreso de los agricultores se reducirá, lo que de acuerdo a la elasticidad de oferta, inducirá un traslado de recursos desde agricultura hacia el resto de la economía.

b) Ese mismo país y ahora suponiendo que existe una gran concentración del ingreso, o también el caso de un país con alto nivel y tasa de aumento del ingreso per cápita pero ahora la meta de investigación no se centra en abastecer a los consumidores a bajos precios sino en maximizar el ingreso de los agricultores. Un indicador para seleccionar prioridades será nuevamente elasticidad de demanda, pero ahora se deben elegir aquellos bienes en que la elasticidad ingreso y precio es relativamente alta; aumentos de producción proporcionarán esta vez un aumento en el gasto de los consumidores o, lo que es lo mismo, en el ingreso de los productores.

En el primer caso, *a*, el énfasis se pone en aumentar los rendimientos por hectárea (unidad animal); si la elasticidad de demanda es alta, mejor para los agricultores. Si se trata de una nación más rica, el énfasis se pone en mejorar la calidad de los productos, producir bienes quizá exóticos pero de gran valor en el mercado; ya no es tanto la cantidad lo que interesa sino la calidad y variedad. Aquí el indicador adecuado es la elasticidad ingreso.

Satisfacer a los consumidores no significa necesariamente beneficiar a todos los productores en agricultura. Un gran progreso tecnológico en presencia de una demanda que crece lentamente puede significar una disminución del ingreso agrícola. Por el contrario si la población y el efecto ingreso permite un rápido desplazamiento de la demanda, ese mismo nivel de progreso eleva el ingreso de los agricultores.

Muchas personas pensarán que si bien esta imagen de nación rica no corresponde a la realidad latinoamericana, lo que puede ser discutible si se considera el alto standard de vida de Argentina y Uruguay, ese mismo problema se plantea al elegir entre diversos

productos. Aunque, por ejemplo, Chile sea, globalmente hablando, un importador neto de alimentos, un aumento significativo de producción de algunos productos, tales como: papas, cebollas, quizás algunos cereales, seguramente se traduciría en una disminución de precios y del ingreso de los productores. El aumento de producción es menor que la disminución de los precios. ¿Quién es el beneficiado? Evidentemente el consumidor. El progreso técnico puede haber perjudicado en un sentido muy real a estos productores.

Por esta razón es posible que las características de demanda de los productos sean un indicador objetivo y además obtenible y los directores de investigación podrían contar con resultados de análisis y proyecciones de demanda para determinar sus prioridades.

Pero el problema en cuestión es algo más complejo.

Piénsese un momento en el efecto del comercio internacional, por ejemplo la situación chilena. En Chile se están destinando fuertes sumas a aumentar la producción de cereales y vacunos. Pero ubicándose por un instante en un esquema de Area de Libre Comercio Latinoamericano y ojalá en el futuro se tenga la posibilidad de pensar en un área de Comercio Norte y Sud América. ¿Qué sucedería en la zona central de Chile con la competencia de cereales y carne desde Argentina, Uruguay y para qué decir Norteamérica? O considérese desde otro lado. La mayoría de los observadores extranjeros han dicho que Chile tiene grandes posibilidades de exportar frutas, hortalizas, semillas, etc. ¿Está Chile, destinando suficientes recursos de investigación a esas áreas, que podrían significar la posibilidad de intercambios por cereales y quizá algunas carnes que se producen en la zona central? También la importancia relativa de los productos y su localización varía y estos cambios hay que incorporarlos en los programas.

Seguramente estos problemas han sido discutidos por las autoridades. Aquí solamente se pretende destacar cómo la inversión en investigación aplicada tiene que estar vinculada y le corresponde un lugar dentro de un esquema de política agraria. Para la política agraria pueden haber metas conflictivas y también las hay para la investigación. Ambas deben solucionarse en la misma dirección. El economista puede contribuir con el agrónomo a orientar la investigación hacia los problemas apremiantes.

c) Se analiza por último, un tercer objetivo de la inversión en investigación: Competencia entre regiones, ayuda a pequeños agricultores o estrategia de Reforma Agraria.

Los agricultores de diferentes regiones se ven afectados en forma diferente por el resultado de los avances técnicos. Por ejemplo, si existiera concentración de esfuerzos en investigar problemas de los cultivos de riego se dejaría en inferioridad de condiciones a los agricultores de la costa y del sur de Chile; sin embargo la zona regada es la que más contribuye a la economía agraria de Chile. ¿Se trata de un conflicto entre metas sociales versus económicas? Puede ser.

Es probable que muchas de las regiones de bajos ingresos sean también regiones en donde no hay centros experimentales de magnitud para hacer un aporte efectivo. Si estos correspondieran a zonas de programas de reforma agraria, podría utilizarse la investigación como una herramienta para promover aumentos en productividad física, aun cuando no fueran necesariamente las áreas de rentabilidad económica más promisorias. El economista agrícola podría estudiar los posibles cambios en la composición de la producción ante un cambio masivo en la tenencia y colaborar con los investigadores a decidir en qué producto centrar más el esfuerzo de investigación destinado a cumplir esta meta social.

Con esto se agrega un tercer objetivo de la investigación: Aumentar el ingreso real de los consumidores, o aumentar el ingreso de los productores o cumplir con metas sociales o quizá de discriminación en favor de regiones de bajos ingresos. Sin duda la lista podría extenderse.

Un criterio adicional al mencionado para la selección de proyectos es la complementariedad entre diferentes proyectos. Puede existir interdependencia o "economías externas" por el lado de los costos, en el sentido que hay inversiones que una vez realizadas sirven para más de un proyecto, como también interdependencia por el lado de los beneficios. Esta última, parece más interesante dado que la primera es bastante evidente. Una ilustración facilita visualizar este aspecto.

Existe un caso interesante en la India. Muchos expertos se preguntaban qué podría explicar la exagerada diferencia en la intensidad de aplicación de fertilizantes en arroz para una región importante en India comparado a las utilidades en USA en condiciones de suelos e incluso clima muy similares en este caso particular. En base a una cantidad de ensayos de fertilizantes en arroz realizados con los mismos abonos para USA e India en terrenos edafológicamente similares, se calcularon las dosis óptimas comerciales utilizando funciones de respuesta. Aun a precios iguales del arroz y del fertilizante se obtienen dosis óptimas muy superiores para USA en comparación con las de India. La explicación que dan Mellor y Herdt, autores del artículo que relata este hecho, es que la diferencia en la calidad o productividad de las variedades es tal que la función de respuesta, como lo demuestra gráficamente para cada nivel de aplicación, está ubicada en un plano superior en USA.⁷

El grado de complementariedad entre estas variables, en este caso variedad y fertilizante, es muy alto y luego la rentabilidad a la inversión en cualquiera de ellos está muy condicionado por la presencia de la otra. En este caso la de fertilizante depende de lo realizado

(7) R. Herdt y J. W. Mellor, "The contrasting response of rice to nitrogen, India and the United States". *Journal of Farm Economics*, Feb. 1964.

en mejoramiento genético. Algo similar debe ocurrir en una cantidad de prácticas de cultivo como riego, aplicación de pesticidas, etc. Aun cuando no es tarea fácil, el economista especialista en evaluación de proyectos está equipado para examinar explícitamente estas posibles interdependencias al tener que seleccionar de entre un catálogo de proyectos de investigación. El principio general es de estimar los flujos de costos y beneficios por separado para cada proyecto y luego estimarlos en conjunto, formando diversas combinaciones entre ellos, para luego, aplicando una tasa de descuento, calcular cuál tiene un valor presente mayor.

Todo esto puede estar muy bien, pero como decía alguien el *qué hacer* es un problema de niños al lado del *cómo hacerlo*...!

Hasta aquí sólo se ha señalado una esperanza... y un criterio muy general. Interesa ahora hacer explícito la importantísima colaboración que puede hacer el especialista en administración rural. Junto con el economista que tiene una visión de conjunto de la economía global y el rol del sector agrícola, debe colaborar en la determinación de prioridades este otro especialista que tiene una visión de las necesidades apremiantes del agricultor, que puede detectar qué tipo de problemas técnicos tienen mayor influencia en los costos y beneficios de la empresa. Este equipo, colaborando con los agrónomos puede delinear áreas, definir los problemas con prioridad y dar origen a los proyectos de investigación que se justifican económicamente.

A juicio del Dr. Mc Meeckan, célebre por la brillante trayectoria como Director de la Estación de Ruakura, Nueva Zelandia, el aceptar un criterio económico para determinar prioridades en la investigación tecnológica tiene implicaciones claras respecto a la organización de los *Centros Experimentales*. En vez de organizarse por especialidades o departamentos, él propone organizarse en base a *proyectos* que atacan problemas específicos; se forma un equipo para solucionar un problema de producción delineado por un grupo en donde los economistas agrícolas han jugado un rol fundamental.⁸

Investigación y distribución de nuevos técnicos

Rol de instituciones comerciales.

Es posible preguntarse porqué la actividad de investigación y divulgación está relativamente centralizada en instituciones estatales o privadas sin fines de lucro. Esto no ocurre en todas partes. Por

(8) "Co-ordinating economic and technical research in agriculture". Proceedings of the XII International Conference of Agricultural Economists, Oxford University Press, 1966.

ejemplo en Dinamarca, el sector privado ha invertido más en investigación técnica agrícola que el sector público. En USA, el sector privado ha tenido un rol también fundamental.

Hay sin embargo características peculiares en el proceso económico en este tipo de inversión — algunas de las cuales son examinadas por T. W. Schultz en su obra “Transforming Traditional Agriculture”. Se podrían resumir en las siguientes:

a) El inversionista no capta todos los beneficios, y luego la rentabilidad financiera puede ser baja, lo que conduciría a una sub-inversión de su parte.

Gran parte de los beneficios pasan al productor (reducen costos) o finalmente al consumidor (mayor producción a menor precio). Luego, si fuere el único inversionista en esta actividad, el nivel de inversión sería bajo en relación al óptimo económico.

b) Debido a la necesidad de contar con un equipo completo de personas e instalaciones de cierta magnitud, las firmas pequeñas no tienen posibilidad de permanecer y competir en esta actividad. Una estructura monopólica estaría más favorecida económicamente pero tiene los inconvenientes típicos de este tipo de organización.

Estos factores tienden a favorecer la centralización del proceso de investigación en manos de instituciones sin fin de lucro.

Sin embargo el proceso de distribución (incluyendo en parte la divulgación o asesoría, distribución y multiplicación, por ejemplo semillas de híbridos) en muchos países puede ser realizada por el sector privado con tanta o mayor eficacia en comparación a los organismos públicos. En países como Argentina, Uruguay, posiblemente Brasil y Chile, el tamaño del mercado y el nivel cultural (escolaridad) de los agricultores permite pensar que firmas comerciales puedan encargarse de parte de la labor de distribución de nuevos insumos y de información, ya que en esta etapa las exigencias de tamaño óptimo de operación son menores y es probable que se capte una fracción más alta de los beneficios y esto lo haga rentable financieramente. Habría que pensar qué tipo de institución tiene la flexibilidad y agresividad comercial para cumplir con la labor de distribución en forma competitiva.

Hay muchos ejemplos de organizaciones estatales de distribución que están cumpliendo un rol innegable en esta actividad, pero estos no son precisamente competitivos. Generalmente están protegidos económicamente como monopolio, o exentos de impuestos y así otros.

De estos conceptos, parece muy útil destacar en esta ocasión el de tamaño óptimo. Los requerimientos para hacer labor efectiva a un costo razonable por unidad pueden ser tales que requieren un equipo grande. Sin embargo, esto puede lograrse no sólo dentro de una institución, sino que a través de programas cooperativos entre varios centros y así obtenerse una escala de trabajo total que permita llegar a resultados efectivos.

Un caso típico puede ser el trabajo en economía de fertilizantes. Puede elaborarse un programa a realizarse en forma conjunta en los mismos productos entre universidades y centros experimentales estatales y así, tener acceso a muchos especialistas, formándose equipos en diferentes localidades. Dentro de las universidades tiene además el subproducto de la docencia.

2. QUE ESPERA EL INVESTIGADOR DEL ECONOMISTA AGRARIO

René Cortázar S. ()*

El aumento de la población y las mejores condiciones de vida de los pueblos está produciendo una demanda creciente de productos agropecuarios que es cada vez más difícil de satisfacer.

Con un desarrollo adecuado de la investigación agrícola, extensión y fomento, podría satisfacerse esta demanda por muchos años más, aunque siga el crecimiento actual de la población mundial.

Para que la investigación agrícola pueda cumplir este compromiso, tiene que ser planeada en forma de satisfacer las necesidades más apremiantes.

Esta planificación debería considerarse a diferentes niveles: "mundial", "continental", "nacional", "institucional" y de "Estación Experimental".

Sólo se va a considerar en este trabajo la planificación a los niveles "nacional" y de "Estación Experimental". Sin embargo, si se analizan los problemas al nivel mundial parece un contrasentido que en países altamente desarrollados, se esté trabajando intensamente para producir variedades que produzcan 5 ó 10 % más, cuando el mismo esfuerzo en países subdesarrollados, en muchos casos, podría significar aumentos de 50 y más por ciento.

Tipos de investigación.

Para poder analizar el problema en estudio, parece conveniente hacer una clasificación de la investigación agrícola. Esta se puede agrupar en tres tipos principales:

- 1) *Investigación básica*, que no tiene a primera vista ninguna relación con problemas específicos de la agricultura. Como ejemplo se puede señalar; un estudio botánico sobre todas las especies existentes en el país, un estudio del número cromosomal de las especies nativas, un inventario de los insectos existentes.

(*) Ingeniero Agrónomo. Fitotecnista (Ph.D.). Coordinador de Fitotecnia del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago.

- 2) *Investigación necesaria como base para estudios aplicados.* Como ejemplo se puede señalar el estudio de razas de *P. graminis*, que tiene gran importancia para un programa de mejoramiento de trigo.
- 3) *Investigación de problemas aplicados directamente a la agricultura.* Entre estos se puede citar la obtención de nuevas variedades, mejores dosis de abono, rotaciones más adecuadas, etc.

Forma de determinar la prioridad de un proyecto

Para determinar la prioridad de cualquier proyecto de investigación es necesario tomar en cuenta diferentes aspectos:

- 1) Importancia económica.
- 2) Importancia social.
- 3) Política general del gobierno.
- 4) Disponibilidad del personal idóneo.
- 5) Importancia científica.

En el análisis de estos puntos hay que considerar la importancia actual y la importancia futura del problema. En este último aspecto pueden influir cambios de diverso orden. Por ejemplo, creación de mercados comunes, variación del standard de vida, progresos ya alcanzados con investigaciones previas, etc.

El economista agrario tiene un papel primordial en el estudio de los puntos relacionados con la importancia económica del proyecto y la política general de gobierno. Los demás aspectos que hay que considerar al definir prioridades dependería de los investigadores directamente interesados en los temas y otros profesionales que podrían dar el aspecto social de los proyectos.

Si se consideran estos puntos de vista, claramente se ve que la influencia del economista será de primera importancia en aquellos proyectos de aplicación directa a la agricultura donde predomina el aspecto económico del problema y los planes del gobierno, mientras que su influencia será sólo secundaria en las investigaciones más básicas, de aplicación indirecta a la agricultura.

Planificación Nacional de la Investigación y la colaboración del Economista Agrario

La mayor parte de las investigaciones agrícolas está financiada directa o indirectamente por el contribuyente, ya sea que ésta se haga a través del Ministerio de Agricultura, Universidades, o Instituciones autónomas. En Chile, más del 95 % de ellas se hace con fondos fiscales.

En estas condiciones parece razonable que exista un sistema de coordinación entre las diversas instituciones dedicadas a la investigación para que sea posible incluir las principales necesidades del país y, al mismo tiempo, evitar duplicaciones innecesarias.

Existiendo esta coordinación que podría abarcar en forma voluntaria a instituciones particulares, se podría hacer un plan nacional de investigación en el que cada institución existente colaboraría en ciertos proyectos específicos.

En la planificación nacional, es necesario hacer un análisis en forma exhaustiva de la importancia económica de cada investigación y cómo sirven ellas para dar cumplimiento a los planes generales de gobierno.

Para hacerla en buena forma se debe contar con la colaboración de investigadores economistas, sociólogos, personeros del gobierno y de cada una de las instituciones de investigación.

Para dar una idea de la importancia de la colaboración del economista y la necesidad de una planificación nacional de la investigación, se presentarán dos casos concretos.

En el Cuadro N° 1 se presenta la importancia económica de diversos cultivos en Chile y la cantidad de profesionales que trabajan en el mejoramiento de ellos en el país, considerando todas las instituciones.

CUADRO N° 1

Importancia económica de algunos cultivos expresada en porcentaje del valor total de la producción agropecuaria en Chile, y número de profesionales que trabajen en el mejoramiento genético de ellos

Cultivo	Importancia económica % del valor total de la producción agropecuaria	N° de profesionales en Mejoramiento genético
Arroz	1,29	1,5
Avena	1,25	1,0
Cebada	1,26	1,0
Maíz	2,09	7,5
Papas	8,81	4,0

Como puede verse por este cuadro, hay una desproporción entre la importancia económica y el número de profesionales.

En maíz hay el doble de profesionales que en papas, siendo su cosecha de solamente una cuarta parte del valor de la de papas.

La explicación de este hecho se debe a que en Chile trabajan en mejoramiento de maíz el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, la Universidad de Chile, la Universidad Católica y dos firmas particulares, mientras que en papas sólo trabaja el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y una firma particular.

Claramente se puede considerar que, a través de una planificación nacional, deberían corregirse estos errores.

Un segundo ejemplo de la necesidad de la planificación nacional, es el relacionado con la vid en Chile. Se cultivan un poco más de 100.000 hectáreas de viñas, cerca de la mitad de ellas en terrenos regados y el resto en terrenos de secano.

Una gran parte de las viñas de secano está constituida por productores muy pequeños. En estos terrenos la vid es el cultivo que da mayor rendimiento por hectárea, pero es muy inferior al de la viña regada.

Un técnico francés de paso en Chile señaló que, en su opinión, las viñas de secano de este país crecían en terrenos semejantes a los más pobres que Francia dedicaba anteriormente a la vid, pero que tuvo que abandonar por no ser económica su explotación. Recomendó no seguir preocupándose de las viñas de secano y concentrar los esfuerzos en aquellas regadas que son de alta producción. Estimaba que los viñedos de secano no permitirán mantener una producción económica si se mejoraba el standard de vida del trabajador.

En este momento, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias tiene trabajos en las viñas de secano y necesita ampliar las investigaciones sobre esta planta en el país.

Actualmente es de gran necesidad contar con un estudio económico de las viñas, el que podría responder las siguientes preguntas, antes de definir su plan de investigación.

- 1) ¿Es económica la viña de secano en las condiciones actuales?
- 2) ¿Es posible mejorar las viñas de secano de manera que sea económico su mantenimiento?
- 3) Aunque sea antieconómica su explotación, ¿es necesario continuar preocupándose de ella por razones sociales?
- 4) ¿Es más importante para el país mejorar la viña de secano o la viña de riego?

Este es un problema que necesita la colaboración del economista para poder fijar una política clara en relación con la investigación vitícola.

El Economista Agrario y la Estación Experimental

Fuera de la investigación de problemas que son propios de los economistas, a los cuales no se refiere este trabajo, la colaboración

de estos en una Estación Experimental está relacionada con tres aspectos:

- 1) Planificación de la investigación en la Estación.
- 2) Análisis económico de los resultados.
- 3) Planteamiento de nuevos problemas que necesitan ser investigados.

Planificación de la investigación en la Estación Experimental.

Los puntos que se toman en cuenta para la planificación de la investigación de una Estación Experimental son similares a los considerados anteriormente en la "planificación nacional". Existiendo un plan nacional de investigación que fijó las principales metas a cada Estación, la importancia relativa de los aspectos económicos es menor que en el plan nacional. Si ésta fijó la necesidad de aumentar la producción de trigo debido a su importancia económica, le corresponderá preferentemente a los investigadores de la Estación Experimental el planificar la mejor forma de obtener dicho resultado. El economista colaboraría en definir, dentro de las soluciones propuestas por los especialistas, cuál podría tener un mejor resultado económico.

Análisis económico de los resultados.

Una gran parte de las prácticas mejoradas que se recomiendan, basadas en resultados de la investigación agrícola, representan mayores gastos a los agricultores. Cuando se recomienda usar abonos, herbicidas, variedades híbridas, maquinarias, nivelaciones de suelo, etc., se le está aumentando en forma apreciable los gastos que el agricultor tiene que hacer en su propiedad.

Es de especial importancia que cada una de estas recomendaciones sean estudiadas económicamente para poder informar a los agricultores bajo qué condiciones la práctica indicada es económica.

En muchos casos los problemas que hay que estudiar no se refieren a prácticas específicas, como las indicadas anteriormente, sino que a problemas más complejos donde hay que considerar un conjunto de prácticas y diferentes cultivos. Se pueden mencionar entre otras: La determinación de la mejor rotación de cultivos para una zona; análisis de la conveniencia de siembras de forrajeras asociadas con Cereal o solas; comparación entre rotaciones de cultivos con el empleo de fuertes dosis de abonos, o el empleo de rotaciones combinadas de cultivos y animales con menor empleo de fertilizantes, etc.

Al nivel de la Estación Experimental la labor más importante del economista agrario se refiere al estudio económico de los resultados.

Planteamiento de nuevos problemas que necesitan ser investigados.

Constantemente se están produciendo cambios en la importancia económica relativa de los cultivos en una región. Estos cambios hacen necesario nuevos estudios para elegir mejores rotaciones. Es necesario que el economista esté atento a estos problemas para que sean considerados en los nuevos planes de investigación.

Coordinación de la investigación agrícola en Chile y bases para su planeamiento.

En relación con el planeamiento de la investigación agrícola en Chile, ha habido varias tentativas de coordinar los esfuerzos de diversas instituciones en forma voluntaria. En muchos casos fue posible llegar a acuerdos que permitieron una delimitación de los problemas a investigar por cada institución.

La creación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias tuvo como uno de sus principales objetivos el coordinar la labor de las Instituciones dedicadas a la investigación. Con este fin, en el Consejo del Instituto están representadas las principales instituciones que se dedican a ella.

Hasta ahora no se ha contado con la colaboración de economistas en el planteamiento de los trabajos de investigación.

Para dar una idea de la forma como se eligen los temas de estudio, se copia a continuación lo expresado por el Director del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Don Manuel Elgueta, sobre fijación de prioridades en el Instituto:

Fijación de prioridades.

“Los problemas de la agricultura son vastos y los medios del Instituto tanto en personal técnico como presupuesto son limitados, lo que hace necesario fijar prioridades. Para fijar éstas se usan diferentes criterios, como ser:

- a) Programa de Gobierno.
- b) Importancia relativa de la materia.
- c) Impacto que pueden tener los resultados.
- d) Dificultades de solución de los problemas.
- e) Disponibilidad de personal.
- f) Existencia de facilidades.

El Instituto trata en primer lugar de ajustar sus programas a los programas del Gobierno. En este aspecto está dando prioridad a los programas de producción de carne y leche. En el primer aspecto no sólo se lleva a efecto programas de producción de carne bovina sino

se están iniciando construcciones para el estudio de la producción porcina y de aves. Además se está dando énfasis al mejoramiento de aquellas producciones que pueden llegar a constituir mercados de exportación, como frutas y semillas. En general los programas de incremento de la producción de algunos rubros importantes tienden a producir auto abastecimiento en muchos que hoy día son motivo de importación como carnes, aceite, trigo y otros. De un volumen total de importación de producciones agropecuarias que en el quinquenio 1959-63 ascendió en promedio anual a 127 millones de dólares, de los cuales 71 millones de dólares corresponden a productos como trigo, harina, aceite, carne, leche en polvo y derivados, etc., es decir, productos en los cuales es posible alcanzar el auto abastecimiento.

Otro criterio importante para establecer prioridades es el de los valores relativos a las diferentes producciones agrícolas. En el cuadro a continuación se dan en una columna los valores porcentuales de los diferentes rubros y en el siguiente el número de técnicos del Instituto que hay asignados a investigación, destinados al estudio y solución de sus problemas.

En este cuadro se puede ver que los especialistas dedicados a investigación que afectan a los diferentes rubros están agrupados más o menos en relación a la importancia relativa de los diferentes productos. La proporción entre los que se dedican a producciones vegetales está de acuerdo con los que se dedican a producción ganadera. Debe tomarse en cuenta sin embargo, que dentro de esta última, figura un grupo importante (15) de especialistas dedicados a investigaciones forrajeras. Este rubro no figura en las estadísticas de producciones pero, forman la base de la industria animal. Hay varias producciones en las que no hay trabajo de investigación, entre éstas la más importante es la betarraga azucarera. Esto se debe a que existe el programa de IANSA que ha producido un gran impacto en el desarrollo de esta producción. Las cifras de producción de azúcar que aparecen en este cuadro son muy inferiores a los valores actuales. Tampoco tienen la atención debida los problemas de producción de hortalizas.

Existen además de estos 66 especialistas otros 49 que figuran al final del cuadro. Los programas de suelos son importantes y están relacionados con todos los demás programas y reciben prioridad grande. Hay otros programas específicos en Entomología, Fitopatología, Fisiología, Herbicidas e Ingeniería Agrícola que no pueden catalogarse por valores de producciones específicas. Basta considerar que Ingeniería Agrícola envuelve investigación de irrigación y mecanización para comprender que este programa no está recibiendo la prioridad que le corresponde. Lo mismo puede decirse de los programas en algunas ciencias biológicas que deberán ser reforzados ya que las investigaciones en sus respectivos campos tienen incidencia muy importante en las diferentes producciones.

La materia de estadística tiene gran importancia para la planificación de la experimentación. Un asesor extranjero con un ayudante nacional están organizando este servicio y se espera llegar hasta la computación electrónica para el cálculo de los ensayos.

**Importancia relativa de los distintos rubros
que forman la producción agrícola del país
y distribución de los investigadores en los proyectos**

RUBROS	PORCENTAJE	Nº TECNICOS EN PROYECTO
Trigo	14.78	12
Maiz	2.09	3
Arroz	1.29	1
Cebada	1.26	—
Avena	1.25	1
Centeno	0.09	—
Frejoles	2.75	3
Lentejas	0.80	—
Arvejas	0.19	—
Garbanzos	0.13	—
Papas	8.81	3
Betarraga azucarera	0.92	—
Hortalizas varias	7.19	1
Maravilla	0.88	2
Raps	0.38	1
Fibras	0.18	—
Frutas	6.36	5
Vinos	7.79	4
Varios	0.40	—
	57.64	36
CARNES		
Bovina	15.04	15
Porcina	3.89	1
Ovina	3.21	2
Caprina	0.68	—
Aves	1.68	—
	24.50	18
Leche	10.74	12
Huevos	3.05	—
Otros pecuarios	4.07	—
	17.86	12
Total pecuario	42.36	30
TOTAL GENERAL	100.00	66

Semillas y extensión son dos actividades de promoción que se están recién organizando, y que deberán tomar mayor volumen. El desarrollo de estas dos actividades corresponde al concepto de que el Instituto es un organismo de servicio que tiene la obligación de buscar la manera de que sus resultados sean utilizados efectivamente.

Investigadores que actúan en proyectos básicos

Suelos	11	
Entomología	4	
Fitopatología	9	
Herbicidas	3	
Ingeniería Agrícola	4	
Fisiología Vegetal	2	
Estadística	1	
Semillas	2	
Extensión	2	
Dirección	7	
Ad. Est. Exp.	4	
	—	49
Honorarios		6

Finalmente, hay 11 profesionales dedicados a trabajos de administración y organización. Esta cifra no alcanza al 10% del número total de técnicos, lo que constituye un porcentaje reducido sobre todo si se considera que 7 de estos están dedicados a funciones de organización y coordinación de la investigación. Solamente 4 Administradores de Estaciones y Sub-Estaciones Experimentales tienen funciones típicamente administrativas pero aún éstas son de carácter técnico.

Un aspecto que se ha tomado muy en cuenta para la lista de prioridades es el impacto que pueden tener los resultados. El programa de trigo tiene la primera prioridad pero no solamente por la importancia relativa de esta producción y los volúmenes de importación que son enormes para el país, sino porque este programa que se viene desarrollando cerca de 25 años se transformó en uno de los proyectos auspiciados por la Fundación Rockefeller, recibiendo el impacto no solamente de una orientación técnica audaz y agresiva sino también el beneficio de un amplio banco de germo plasma de carácter internacional que ha permitido seleccionar las variedades que se han venido entregando periódicamente a la producción nacional. Este programa está en una fase verdaderamente explosiva y hay muchas líneas en estudio que cuando lleguen a los productores producirán una verdadera revolución, no solamente en mayores rendimientos, sino además en calidad. Esta es la razón por qué este programa está recibiendo la máxima prioridad.

En el mismo sentido están los programas de maíz híbrido y forrajeras. El primero ha producido ya impactos de enorme importancia en la producción nacional y nuevos híbridos en estudios y premultiplicación permitirán extender geográficamente el uso de esta clase de semilla. En forrajeras no solamente se considera el problema de obtener empastadas mejores y mejor manejadas con mayor capacidad y extensión de uso sino además la posibilidad de desarrollar la producción de semillas forrajeras orientada a más del consumo nacional al comercio de exportación.

Esta fijación de prioridades que obliga a seleccionar programas importantes y de impacto seguro, obliga también a no dispersar los esfuerzos más allá de las posibilidades reales de enfocar cada problema con seguridad y eficiencia. Es por eso que se mantiene el propósito de centralizar la investigación en las tres Estaciones Experimentales Centrales (La Platina, Chillán y Carillanca) a sabiendas de que quedan extensas zonas como el Norte Chico y el extremo Sur sin atención directa de sus problemas.”

De acuerdo con lo expresado en el informe de Don Manuel Elgueta, se puede concluir que aunque no se ha contado con personal de Economistas para los trabajos de investigación, se ha tomado muy en cuenta la importancia económica de los problemas para considerar la intensidad del trabajo desarrollado.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias está organizando en este momento una línea de Economía destinada a poder contar con la colaboración de economistas en el desarrollo de sus programas.

3. O ECONOMISTA AGRÍCOLA NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL

ANÁLISE DE UM INVESTIGADOR AGRÍCOLA

Armando Conagin (*)

Introdução — O crescimento da população mundial está se processando a um ritmo de 1,7% ao ano. O ritmo de crescimento da América Latina é de 2,5 % o do Brasil de 3 %. Produzir alimento suficiente para garantir a alimentação é dos mais sérios problemas com que a humanidade se defronta.

Pode-se melhorar a situação alimentar dos povos pelo aumento da área de cultivo em certos casos, pela eliminação de desperdícios, pela racionalização dos hábitos alimentares, pelo armazenamento e industrialização dos produtos agrícolas, e, principalmente, pelo aumento da eficiência da agricultura e da pecuária.

As normas técnicas aplicadas com esse objetivo são conseguidas através da pesquisa e da experimentação. Entretanto, para poderem ser utilizadas em escala ampla é necessário que as mesmas não só redundem em aumento de eficiência (produtividade) como proporcionem lucro adequado ao produtor rural.

Infere-se daí a necessidade de, cada vez em maior escala, que a pesquisa e a experimentação venha a ser complementada pela análise econômica dos resultados. E da mais alta transcendência a permanente busca de novas soluções técnicas seguida da comprovação dos resultados ao nível do agricultor.

O Modelo e a Análise Econômica — A produção de qualquer cultura é função de uma interação entre a planta, o solo e o clima. Maiores produções são conseguidas quando a plantas genotipicamente superiores são proporcionadas melhores condições ecológicas e tratos culturais adequados.

O problema torna-se cada dia mais complexo pois além dos fatores ecológicos e agronômicos estão cada vez ganhando maior importância os aspectos sociais e econômicos (uso da terra, tamanho da

(*) Eng. Agr. Instituto Agronômico de Campinas E. S. Paulo, Brasil.

propriedade, etc.); só os trabalhos executados por equipes compostas de especialistas em vários campos da ciência agrônômica possibilitam o aproveitamento, em tôda a sua plenitude, das informações necessárias a uma análise detalhada e ampla dos resultados experimentais.

Com o aumento da população, perda da fertilidade original dos solos, maior demanda de alimentos, aumentos da população das cidades (criando mais e maiores problemas de transporte e abastecimento) avoluma-se a necessidade de soluções racionais; análises efetuada por pesquisadores norte-americanos e de outros países tem firmemente estabelecido a alta rentabilidade da pesquisa agrônômica e a necessidade de serem levados à maioria dos agricultores, os resultados obtidos.

Em muitos países do mundo o desenvolvimento se tem caracterizado pela presença de um processo inflacionário; o crédito as actividades agrícolas tem sido pequeno e insuficiente. O processo inflacionario tem criado mais facilidades aos produtores industriais.

O desequilíbrio existente entre o preço dos produtos agrícolas e os de determinados fatores da produção (fertilizantes, defensivos, tratores e implementos, etc.) aliado ao baixo nível educacional e de aspirações de grande parte dos agricultores, situação essa encontrada em muitos países, tem-se constituído em fatores que restringem a implantação de uma agricultura mais racional.

A análise econômica da função de produção e dos insumos permite determinar-se a produção ótima de insumos capazes de garantir lucro máximo ou maior rentabilidade para determinado empate de capital.

Os trabalhos de Heady, Pesek e outros economistas agrícolas da mesma escola e as discussões que certamente serão apresentadas no decorrer dêste seminário irão esclarecer convenientemente o assunto.

O problema central, de natureza metodológica, referente a um ou mais fatores de produção relacionados com determinada variável (produto) está interligado com a natureza do modelo a ser adotado e com a distribuição em termos de probabilidade da função de resposta. Várias funções tem sido propostas para o estudo de um só fator: a função Cobb - Douglas (exponencial), a função de Mitscherlich - Spilman, a função polinomial quadrática e a função raiz quadrada (A).

Muitos autores baseados na maior facilidade de obtenção do modelo funcional de produção tem preferido a função quadrática.

De longa data vem o Instituto Agrônômico de Campinas estudando a necessidade em nutrientes das culturas mais importantes pela utilização de rede de ensaios fatoriais $3 \times 3 \times 3$ em que se procuram estudar a influência do N, P_2O_5 e K_2O sobre a produção em vários solos e climas.

Analizou-se por exemplo, um conjunto de 32 ensaios fatoriais de milho utilizando o modelo (função de produção), que se segue:

$$Y = B_0 X_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3$$

Recentemente alguns dos nossos pesquisadores passaram a utilizar delineamentos do tipo Box, $2^3 + 2 \times 3 + 1 = 15$ tratamentos com duas repetições e se necessário com tratamentos extras para estudar as funções relacionadas com calcáreo e micronutrientes.

O modelo polinomial é semelhante ao anterior havendo alguma diferença na precisão das estimativas dos parâmetros, principalmente dos coeficientes B_{11} , B_{22} e B_{33} que tendem a apresentar erros maiores; a análise desse esquema experimental pode ser encontrada em Davis.

O mesmo delineamento tipo Box com 15 tratamentos e repetição de seis itens no centro do delineamento (tratamento 222), visando proporcionar estimativas do erro experimental para poder por em prova a adequação do modelo é apresentado em Cochran x Cox. Outros delineamentos podem ser experimentados, sua eficiência avaliada, etc.

Quando a função de produção depende de uma única variável (modelo mais simples) o valor do fator de produção que proporciona o lucro máximo é dado por:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{P_x}{P_y}$$

Quando são vários os fatores de produção (três por exemplo) o máximo lucro (na suposição de capital ilimitado) é dado pela resolução simultânea de um sistema de 3 equações a três incógnitas obtidas pela derivação parcial da equação polinomial, em relação a cada um dos insumos igualando o resultado à relação de preços, insumo/produto.

Em certos casos o problema pode-nos conduzir à necessidade da investigação e determinação da combinação ótima dos fatores da produção a um custo mínimo para a produção de determinada quantidade do produto; em outros casos à obtenção de maior lucro para uma quantidade fixada de insumo.

Exemplo: A análise de um grupo de 32 experimentos fatoriais $3 \times 3 \times 3$ de milho em que variaram espaçamento, variedade e adubação mostrou na análise conjunta intereção variedade x adubação. Os resultados foram então analisados para cada variedade separadamente e determinadas as dosagens ótimas (que proporcionam maiores lucros).

A estimação dos incrementos e a análise econômica efetuada tornaram possível estimar-se incrementos totais de produção da ordem de 1,1 milhão de toneladas e 60 bilhões de cruzeiros (quase 30 milhões de dólares americanos) só pela correção da população (stand ótimo) e uso da semente híbrida, a um custo mínimo inferior a 4 bilhões de cruzeiros. A produtividade média do Estado de S. Paulo poderia ser

elevada de 1750 quilos de milho por hectare para 2.500 quilos. Os resultados obtidos representam ainda níveis baixos de produtividade pelos padrões do Chile (zona de Maipu em condições de irrigação e alta tecnificação; constituem entretanto um passo fundamental a ser transposto não só pelo Estado de S. Paulo como por todo o Brasil (pois a situação é ainda mais marcante no todo do Brasil); situações semelhantes existem em outros países.

Conclusões. — Não se admite mais que os resultados experimentais sejam somente interpretados estatisticamente para se saber se os resultados são significativos ou não. A experimentação deverá daqui para o futuro ser planejada de forma a possibilitar também a análise econômica. Os projetos deverão ser elaborados visando uma exploração global; os experimentos deverão ser realizados em número suficiente para garantir base indutiva adequada que possibilite a tomada de decisões objetivas; devem os projetos estarem sintonizados com a política de desenvolvimento nacional.

A colaboração dos economistas agrícolas deverá ser assegurada e realçado o trabalho de equipe; os experimentos precisam ser bem delineados para poderem oferecer simultaneamente resposta às perguntas dos biólogos, dos economistas e dos demais especialistas interessados em aspectos particulares de determinados problemas.

A repetição do experimento por dois ou três anos possibilitará a avaliação dos fatores climáticos sobre as funções de produção possibilitando a avaliação dos riscos decorrente do uso de insumos em quantidades diferente da ideal.

4. PROGRAMACION DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. CASOS CONCRETOS

4.1. Selección y Evaluación de Programas de Investigación Agrícola. Caso concreto de INTA. Papel de los Economistas

Augusto L. Durlach ()*

En un país en desarrollo —con recursos humanos, materiales y financieros limitados— la investigación agrícola —por necesidad— ha de poner su énfasis y su esfuerzo en el hallazgo de las soluciones de problemas que frenan los avances del proceso de desarrollo. La investigación cuyo fin es adelantar los conocimientos científicos es demasiado costosa para esos países y sólo unos pocos y privilegiados hombres de ciencia podrán dedicarse a ella.

Lo dicho es especialmente válido en el caso de una entidad de extensión e investigación agrícolas, encargada de acelerar la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y de la vida rural.

En una entidad de este tipo, el servicio de extensión tratará de obtener de todas las fuentes a su disposición —tales como los conocimientos de los profesionales y la bibliografía local y mundial— la información que luego transferirá al productor agropecuario, a fin de que éste pueda resolver sus problemas.

Cuando no hay información en las fuentes, o cuando no hay suficiente seguridad en cuanto a la factibilidad de una posible solución, actúa el servicio de investigación en busca de soluciones originales o para someter a prueba lo que se usa en otras partes en condiciones diferentes.

Puesto en este marco, es obvio que las finalidades de planes de investigación deben tender al logro de soluciones factibles de pro-

(*) Veterinario. Director del Servicio Nacional de Programación y Evaluación Técnica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, Argentina.

blemas; soluciones que cuestan menos —en dinero, tiempo y esfuerzo— que los problemas mismos.

En última instancia los productores, en su carácter de empresarios, tienen la responsabilidad de eliminar o atenuar los problemas, el extensionista le enseña cómo hacerlo; y el investigador aporta la información que no existía.

Este sistema prevé al servicio de investigación de objetivos de todo tipo, simples y complejos. Algunos podrán ser logrados en poco tiempo con un solo experimento o con unos pocos. Otros exigirán una larga serie de experimentos, quizá comenzando por un estudio de situación, siguiendo con pruebas de soluciones alternativas y terminando con la selección de la solución por el momento más adecuada, involucrando generalmente largos años de investigación y una experimentación cuidadosamente programada.

La suma total de objetivos presentados al servicio de investigación suele ser tan grande, que se hace necesario seleccionar algunos de ellos, para ser encarados de inmediato con los medios disponibles. Los demás tendrán que esperar.

En esta selección, el primer paso parecería ser fácil, si cada uno de los investigadores elige su propio grupo —relativamente pequeño— de objetivos, según su capacitación especial y según sus preferencias.

Esto suele dejar de lado algunos objetivos importantes. Si los medios lo permiten se tratará de completar el personal con investigadores adecuados, a fin de redondear el cuadro.

Y aquí sale a luz una cuestión que parece importante y cuya contestación es difícil de adelantar:

¿Debe el servicio de investigación encarar la mayor cantidad posible de objetivos? ¿O debe elegir un grupo mucho menor de problemas muy importantes, para dedicar a ellos todos sus esfuerzos, hasta encontrar soluciones sólidas y factibles en el menor tiempo posible?

El primer criterio tiene la ventaja de dar la favorable impresión de un servicio muy activo que se ocupa de solucionar los problemas que afectan a todo tipo de productor, pero puede retrasar indebidamente el logro de los objetivos más importantes. El segundo criterio —quizá el más racional—, deja al servicio expuesto a las críticas de los productores cuyos problemas no fueron encarados.

La programación de la investigación es un típico procedimiento de toma de decisión.

- reunir los hechos
- analizarlos
- plantear alternativas
- elegir una de ellas

La formulación de un programa integral de investigación agropecuaria involucra sucesivos procesos de toma de decisión.

Planteado de esta manera, el primer paso es ahora uno de los más difíciles. Se trata de decidir qué objetivos seleccionar de una larga lista, para que integren un conjunto equilibrado; de decidir si encarar muchos objetivos o sólo los más importantes; si el énfasis debe estar en problemas económicos o en problemas sociales, etc.

Esta tarea sería mucho más fácil si se contara —en todos los casos— con información sólida y completa sobre la situación. Lo usual es que la información sea fragmentaria en la mayoría de los campos y se halle dispersa en las más diversas e insospechadas fuentes.

La solución a todas luces más adecuada consistiría en poner a trabajar a gran parte de los investigadores en la recolección de la información existente, en su análisis, evaluación y sistematización, pasar las soluciones factibles al servicio de extensión para que comience a trabajar en ellas, y de seleccionar los objetivos más importantes para ser encarados por el servicio de investigación.

Pero esto exige mucho tiempo “preparatorio”; los extensionistas quieren enseñar, los investigadores quieren crear, ninguno de ellos se siente cómodo recolectando información dispersa. En consecuencia suele condensarse esta etapa en un período mínimo, reuniendo a las personas que podrían tener algún conocimiento, para que vuelquen su información combinada en un documento y señalen los objetivos para el servicio de investigación en orden de importancia.

Algo parecido a esto fue lo que se hizo en el INTA (el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la Argentina) a partir del año 1964, cuando se vio que ya no era posible postergar la acción encaminada a obtener la coordinación de las tareas de extensión y de investigación a nivel nacional.

(De aquí en adelante preferiría limitarme a mi propia experiencia, relatando el proceso de programación integral, tal como se desarrolló en el INTA entre 1964 y la fecha.)

Pero antes convendrá hacer una breve presentación del INTA y de sus características y modalidades más salientes.

Es una entidad autárquica del gobierno federal, creada por ley en 1956 y encargada de acelerar la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y de la vida rural.

Sus unidades operativas son las 42 estaciones experimentales distribuidas en todo el país. En ellas se hallan integradas las funciones de extensión y de investigación agropecuarias que la ley asigna a la institución. Cada estación experimental cuenta con cierta cantidad de agencias de extensión, cuyo total en la actualidad asciende a 152.

Las estaciones experimentales se agrupan en diez centros regionales, que dependen directamente de la Dirección General. El Di-

rector General es responsable ante un Consejo Directivo de seis miembros: tres representantes de los productores rurales, uno de las facultades de agronomía y veterinaria y dos de la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación.

El Consejo Directivo tiene la responsabilidad final sobre la utilización de los recursos financieros. Estos recursos son propios del INTA y provienen principalmente de una contribución que grava a los productos de la agricultura y la ganadería que se exportan.

Los productores rurales —los “clientes” del INTA— participan no sólo en su gobierno por el Consejo Directivo, sino también en la orientación de sus tareas a través de los consejos asesores de las estaciones experimentales y de las agencias de extensión. La comunidad rural participa en la organización, financiamiento y operación de las nuevas agencias cooperativas de extensión.

En cada provincia se ha formado un Consejo Provincial de Tecnología Agropecuaria, con representantes de la provincia, del INTA y de los productores, a fin de asesorar en la orientación de la labor del INTA en la jurisdicción de la provincia y obtener la coordinación con los organismos provinciales.

Amplia autoridad ha sido delegada a los directores de las estaciones experimentales y de los centros regionales, haciendo del INTA una institución esencialmente descentralizada.

Todo el personal técnico del INTA —casi 1.000 personas— trabaja con dedicación exclusiva, en un escalafón técnico con ascensos periódicos por méritos en las tareas que desempeña y con continuas oportunidades de capacitación. Se considera prácticamente obligatorio para los técnicos jóvenes seguir un curso para graduados, a nivel de “magister” o “master” e incluso de Ph.D., en el IICA, o universidades de EUA, europeas, australianas, etc.

El INTA acepta ampliamente las oportunidades de cooperación técnica brindadas por organismos nacionales e internacionales, tales como el IICA, el Fondo Especial de las Naciones Unidas, las fundaciones —como Ford y Rockefeller— los gobiernos y las universidades de EUA y de Europa, etc.

Hasta 1964, debido a su marcada descentralización, la mayor parte de las labores de investigación y de extensión eran planificadas y coordinadas a nivel de las estaciones o de centros regionales, con relativamente poca coordinación a través de toda una región en que un producto agropecuario tuviera significado económico.

En estas condiciones eran inevitables los casos de repeticiones innecesarias y aquellos otros en que no se encaraban problemas, importantes desde un punto de vista local.

En 1964 se decidió encarar la coordinación de las tareas de investigación y de extensión en el ámbito nacional. Se inició así un proceso gradual que en estos momentos está en plena evolución.

Como primer paso se preparó una lista de los planes de trabajo en ejecución y se los ordenó en programas.

Se denominó programa al conjunto de planes de trabajo que se ocupaban de determinado producto agropecuario, o grupo de productos tales como: "Bovinos para carne", "Porcinos", "Maíz", "Oleaginosas", "Frutales de carozo" y "Frutales de pepita", "Algodón", etcétera.

A estos se agregó un segundo grupo de programas que llamamos de especialidades, tales como "Economía agrícola", "Patología vegetal", "Genética", "Conservación del suelo", "Forrajeras y pasturas", etcétera.

El énfasis estaba en los programas de productos. Un programa de especialidad sólo tiene razón de ser si involucra trabajos de aplicación general a varios productos, o los de naturaleza básica que apuntan hacia la solución de un problema agropecuario.

En una segunda etapa se organizaron reuniones de programación para cada programa, comenzando por las de productos. En la reunión participaban técnicos y directores de estaciones experimentales y centros regionales, técnicos de otras reparticiones y de entidades privadas, de universidades, etc., y toda otra persona que pudiera aportar información u opinión de utilidad.

En la reunión se consideraba un documento previamente circulado, en el que se trató de reunir toda la información existente sobre el tema y se agregaba un esquema para un futuro programa de trabajo, se introducían las correcciones pertinentes y se proponían los planes de trabajo para el programa.

Terminada la reunión, se nombró un coordinador para cada programa, encargado de formular por escrito el programa de trabajo para un período razonable.

Al mismo tiempo cada participante —o grupo de participantes— preparaban por escrito los planes de trabajo que proponían incluir en el programa. A la descripción (finalidades, justificación, antecedentes, procedimientos a usar y diseño, etc.), se agregaba un presupuesto analítico y una estimación aproximada de gastos para los dos años subsiguientes, si correspondía.

En unas "Normas y procedimientos para la programación...", previamente aprobadas por el Consejo Directivo, se describía la forma de redacción de programas y planes, la manera de evaluarlos por los mismos participantes, los directores de estaciones y centros regionales y el coordinador, así como los canales a través de los cuales llegaban al Consejo Directivo para su aprobación final.

En agosto de 1965 se hallaban en la Dirección General los programas y los planes de trabajo propuestos.

Una revisión de los presupuestos de los planes de trabajo mostró que la suma de sus cifras excedía en dos veces y media los montos disponibles para su financiación.

Si bien la mayoría de los programas de trabajo describían con bastante claridad qué debería hacerse con respecto a un producto agrícola, o dentro del campo de una especialidad, en muchos casos los planes propuestos no integraban un programa equilibrado, con muchos problemas no encarados y cierta cantidad de duplicaciones, probablemente porque habían sido seleccionados por los investigadores y los extensionistas, de acuerdo con sus preferencias y con enfoque más bien local.

Además, la mayor parte de los programas puso el énfasis y el esfuerzo de coordinación en los planes de investigación. Los planes de extensión, en general elaborados a nivel de agencia de extensión individual, presentaban gran variedad de enfoques de sus tareas, poca coordinación y muchos problemas no encarados.

Debido a ello hubo que intercalar una etapa de revisión de los planes de trabajo, en especial de ajuste de los presupuestos, para poder reducirlos a cifras que encuadraran en los montos a asignar a cada estación experimental.

Sobre la base de los proyectos de presupuesto de las estaciones experimentales se preparó el presupuesto general del INTA para el ejercicio fiscal 1966.

A cada estación experimental se adjudicaron créditos en varios renglones, como mínimo en servicios generales, ciertos planes de trabajo y agencias de extensión.

En esa ocasión el Consejo Directivo aprobó —con financiación propia— sólo unos 600 planes de trabajo, nuevos y en ejecución, de un total de más de 2.500 planes propuestos.

Con respecto a los demás planes de trabajo, se instruyó a las estaciones experimentales que prosigan con los que se hallaban en ejecución, financiándolos con fondos acreditados a servicios generales, y no iniciar planes nuevos que carecían de aprobación formal por parte del Consejo Directivo.

Los programas y planes propuestos durante 1965, con sus presupuestos, resultaron de gran utilidad como base para revisar las tareas de cada estación experimental y la orientación de su futuro desarrollo.

La escasez de técnicos capacitados para investigación y extensión indican la conveniencia de “concentrar” los recursos para cada programa de productos en una sola estación experimental, dotándola de un adecuado grupo interdisciplinario de investigadores y especialistas en extensión, apoyados por laboratorios, maquinaria, biblioteca, etc., y los programas de especialidades en los diez institutos que forman el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Castelar.

Con miras a esta orientación el Consejo Directivo aprobó con presupuesto propio, para cada estación experimental solamente planes que forman parte de programas en que esa estación actuará como base.

En los meses pasados se inició la revisión de los programas, comenzando por los de mayor significación en la economía nacional, tales como bovinos para carne, trigo, maíz, oleaginosas, etc.

Esta revisión pone el énfasis en el aspecto de extensión de cada programa, a fin de elaborar —como primer paso— un plan general de extensión homogéneo para toda la región en que el producto correspondiente tiene significado económico, con participación de todas las agencias de extensión situadas en esa región, y con material de información preparado por la estación base del programa.

Se espera que estos planes de extensión incluyan una clara enumeración de los problemas para los cuales no se cuenta con soluciones factibles, por considerar que tales problemas y barreras constituyan importantes objetivos para los trabajos de investigación.

En esta situación se halla el proceso de programación a nivel nacional en la actualidad. Se presume que los planes regionales de extensión de los programas, puedan estar formulados antes de fin de año y en condiciones de ser puestos en ejecución en el ejercicio de 1967, integrando los presupuestos de las estaciones experimentales con créditos propios.

Hasta ahora no se ha explicado cómo fueron seleccionados los planes de trabajo en los primeros pasos del proceso de programación. La selección la hicieron —principalmente— los investigadores y los extensionistas, con orientación por parte de los coordinadores, en algunos casos después de reuniones especiales con el director general y directores asistentes. Es difícil decir cómo se llegó a las decisiones finales. Es posible pensar que en muchos casos, en que la elección no era obvia, intervino una buena dosis de “honestas conjeturas”. La intensidad con que se puede encarar un programa depende en gran parte de la cantidad de personas capacitadas para la tarea que se dispone.

De todos modos el esfuerzo de los dos últimos años ha traído a la luz gran cantidad de hechos, valiosos para las decisiones que habrá que tomar de ahora en adelante. Como suele suceder, la falta de suficiente personal calificado frena el ritmo del proceso de programación integral.

El último punto que es necesario encarar es el papel que corresponde al economista en un programa de investigación.

Al respecto la experiencia en el INTA es incompleta. Desde 1958 a la fecha ha actuado un grupo de economistas relativamente pequeño en investigaciones de administración rural y de mercados en unas pocas estaciones experimentales, ocupados con problemas locales, sin programa integrado.

En 1964 se suscribió un convenio con el A. M. College de Texas, con el fin de capacitar a un núcleo de economistas jóvenes, organi-

zar un servicio de economía y contar con asistencia en la diagramación y puesta en marcha de un programa armónico de investigación y de extensión.

Una primera propuesta para dicho programa incluye diversas áreas.

Una de ellas se ocupa de la comercialización y los mercados de los productos agropecuarios en las siguientes líneas principales:

a) Determinar la demanda y los cambios en la misma, involucrando el análisis de los precios y de la economía del productor, así como un estudio de las proyecciones a largo plazo de la demanda y oferta de los productos agropecuarios, esto último en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América.

b) Analizar la estructura y organización de los mercados que, por lo inadecuado, constituyen un "cuello de botella" en la comercialización de la mayoría de los productos agropecuarios.

c) Medir la eficiencia en la comercialización de los productos, íntimamente ligada a la estructura de los mercados.

Otra área se refiere a la economía de la producción y a la administración de la empresa rural. Involucra uno de los principales roles del economista agrícola en el INTA, ya que se ocupa del uso más eficiente de los recursos de la tierra, humanos y de capital.

La evaluación económica de las investigaciones tecnológicas constituyen una tercera área. Cuando el economista participa de planes de investigación asume un papel similar al del estadístico: interviene en el diseño para asegurar que se reunirá información suficiente y colabora en el análisis de la factibilidad económica de las soluciones propuestas.

Además analiza los efectos globales que la adopción de determinada práctica pueda tener sobre la oferta y demanda del producto y determina los recursos e insumos requeridos por la práctica.

El economista participa también en planes de extensión, como fuente de información y en su formulación, asegurando la difusión de soluciones económicamente factibles, o realiza tareas directas en el campo de la administración rural.

Una vez terminado el curso de capacitación que está siguiendo un grupo bastante numeroso de economistas jóvenes, comenzarán a actuar en las estaciones experimentales donde se irán familiarizando con las condiciones económicas del área de influencia, y con sus empresas agrarias, y participarán en los planes de investigación de la manera descripta.

La opinión de los economistas debe pesar considerablemente en las decisiones que se tomen en el futuro con respecto a los programas y planes de trabajo de investigación. Los economistas que en las estaciones experimentales integren los equipos interdisciplinarios dedicados a cada programa, serán los encargados de asegurar que los

objetivos de investigación que se seleccionen sean los que tengan mayor probabilidad de solucionar realmente los más importantes problemas de los productores, sin peligro de distorsionar la economía de sus establecimientos ni la del país.

El papel del economista en la programación de la investigación agropecuaria en un país en desarrollo es fundamental para señalar los problemas que frenan el desarrollo, orientándola hacia la solución de esos problemas y para asegurar que las soluciones no sean frenos más potentes que los problemas mismos.

4. PROGRAMACION DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. CASOS CONCRETOS

4.2. Programa regional del frijol para Centro América

Eddie Echandi ()*

La demanda de frijol en Centro América y Panamá es fundamentalmente primaria, o sea para el consumo directo de la población. Este grano no tiene sustituto hasta el momento, de manera que los consumidores no alteran sus hábitos de consumo respecto a cambios en el precio. Además, el frijol constituye la principal fuente de proteína del pueblo centroamericano.

En términos generales la producción total de frijol en el Istmo va en descenso, mientras que el área sembrada ha aumentado considerablemente. Además, se nota gran fluctuación en la producción de año a año. Por ejemplo, en los años 1956/57 - 1957/58, hubo un descenso del 32 %. Por otro lado, la población de Centro América aumenta a un ritmo promedio de más del 3 % por año, lo que viene a agudizar, aún más, el problema. Esto ha traído como consecuencia lógica la importación de frijol, la cual se ha duplicado en los últimos diez años (excepto en el caso de Honduras) repercutiendo, como es natural, en el aumento de precio del grano para el consumidor.

En vista de tales circunstancias, el I.I.C.A. en el año 1963 creyó conveniente concentrar los esfuerzos de su Programa de Cultivos Alimenticios en el mejoramiento del frijol en el área de Centro América.

PERSONAL TECNICO DEL PROGRAMA: El personal técnico del Programa fue escogido en base a los problemas principales del cultivo, luego de un conocimiento claro de la situación del cultivo a través del área centroamericana. El equipo técnico consiste de un Fitopatólogo y su asistente; un Fitomejorador y su asistente y un Entomólogo y su asistente. Además, se cuenta con la ayuda inme-

(*) Fitopatólogo y Jefe del Programa de Cultivos Alimenticios del I.I.C.A.

diata de un Economista Agrícola, un Citogenetista y un Climatólogo. Reuniones periódicas y viajes de los técnicos a las zonas frijoleras permiten el intercambio de ideas y el trabajo en equipo.

LOCALIZACION DE LAS ZONAS FRIJOLERAS DE CENTRO AMERICA: En Centro América se siembra frijol en todos los climas. Pero es lógico pensar que no se pueden producir variedades que se adapten a todos los climas y que a su vez presenten resistencia a todas las enfermedades existentes en esos sitios. De tal manera que se deben concentrar los esfuerzos en aquellas áreas que por sus condiciones de clima, suelo y demás factores, son las más aptas para producir frijol. Con esta idea en mente y con la ayuda de las estadísticas de producción, mapas ecológicos y de uso potencial de la tierra, hemos tratado de localizar las zonas más aptas para la producción de frijol en Centro América (1). Estas zonas caen dentro del clima subtropical seco y subtropical húmedo según la clasificación de Holdridge. (3).

REPRODUCCION DE LAS ZONAS FRIJOLERAS CENTRO-AMERICANAS EN COSTA RICA: A fin de facilitar el trabajo de selección del material y poder suplir a los países una pequeña cantidad de líneas con posibilidades de adaptación a las zonas productoras de frijol, se han localizado en Costa Rica 4 zonas representativas de las áreas frijoleras centroamericanas en las cuales se efectúan las pruebas con más de 1.000 variedades y líneas de frijol.

El material se siembra en surcos para observación, anotando características tales como: producción, resistencia a las enfermedades, hábitos de crecimiento y otros.

Aquellas líneas que aparezcan más promisorias, se siembran luego en parcelas más grandes en comparación, con testigos locales y con las mejores variedades obtenidas en los países centroamericanos.

Esto sirve de guía para enviar a los países solamente aquel material que en las zonas representativas se haya comportado mejor que el material de cada uno de los países.

En el año 1965 se enviaron seis variedades para ser incluidas en las pruebas locales que se efectúan anualmente en cada uno de los países del Istmo dentro del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA).

Los resultados obtenidos con las primeras seis variedades obtenidas por el Programa de Cultivos Alimenticios del I.I.C.A. aparecen en el cuadro siguiente:

Cuatro de las seis variedades de frijol enviadas por el Programa y probadas en 7 zonas frijoleras de Centroamérica, aparecieron entre las 10 mejores variedades, una de ellas, la S19N, fue la de mayor producción en las dos épocas de siembra. Estas variedades además de ser

**Rendimiento promedio en kilogramos
por hectárea de 10 de las 20 mejores variedades de frijol
(*Phaseolus vulgaris*) sembradas en cuatro de los países del
Istmo Centroamericano en las cosechas de 1965 (2)**

Variedad	Cosechas		
	Primera	Segunda	Promedio
S19N*	1396	1892	1644
Veranic 2	1291	1850	1571
San Andrés N° 1	1380	1693	1537
S856B*	687	1665	1176
S167R*	732	1612	1172
S443N*	1000	1278	1139
Oaxaca 8	105	2138	1122
Michelite	893	1337	1115
IAN2465-26-9NN	645	1410	1028
IAN2809-36	456	1585	1021

(*) Variedades o líneas obtenidas por el Programa de Cultivos Alimenticios del I.I.C.A.

de alta producción, presentan buena resistencia a las enfermedades, amplio rango de adaptación y son de buena aceptación en el mercado.

Esto indica que el mecanismo de selección empleado por el equipo del Programa de Cultivos Alimenticios del I.I.C.A. es correcto, y ahorra tiempo y esfuerzo en un programa regional de incremento de la producción.

RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS FRIJOLERAS CENTRO-AMERICANAS: A fin de que cada uno de los técnicos del Programa de Cultivos Alimenticios del I.I.C.A. esté al tanto de los problemas que afectan al cultivo en el área, se realiza por lo menos un viaje al año por las zonas frijoleras del Istmo durante la época cercana a la cosecha. Estos recorridos permiten efectuar reconocimientos de enfermedades y plagas, determinar la importancia de cada una de esas enfermedades y plagas en las diferentes épocas de siembra y la importancia relativa de ellas en todo el área, manteniendo así los proyectos de investigación ajustados a las necesidades del cultivo en la zona.

Además, estas visitas han indicado la necesidad de obtener más información acerca del cultivo del frijol en general. De este modo fue posible constatar que solamente en Costa Rica se produce se-

milla inspeccionada. En ninguno de los demás países se siembra semilla tratada con productos químicos. Muy pocos agricultores utilizan abono en el frijol.

El uso de los insecticidas en frijol es casi desconocido a pesar de existir hojas divulgativas en algunas Agencias de Extensión, indicando cómo y cuándo deben usarse esos productos.

Es lógico pensar que es muy poco el beneficio que se puede derivar de buenas variedades de frijol si las semillas que utilizan los agricultores están infectadas con enfermedades transmitidas por la semilla, si los insectos destruyen el 50% o más de la producción, si no se aplica abono y se deshierba adecuadamente.

Paddock (4) indica que los problemas principales que deben resolverse en los trópicos antes de que la tierra pueda cultivarse en forma intensiva como se hace en las zonas templadas son: el uso económico de los fertilizantes y el combate de las malas hierbas; esto se ve claramente en el caso del cultivo del frijol en Centroamérica.

Pese a las dificultades apuntadas, el cultivo del frijol en Centro América puede mejorarse. Se sabe que mediante el uso de semilla mejorada, abonamiento adecuado y combate oportuno de las enfermedades, plagas y malas hierbas, los agricultores pueden aumentar cuatro veces o más, su producción actual. Se tiene bajo control solamente uno de los factores que es el de producir la semilla adecuada. Los otros no se pueden controlar; este trabajo corresponde a los gobiernos o a las agencias encargadas del fomento del cultivo en cada país. Pero las experiencias acumuladas permiten formular programas de asesoramiento con indicaciones de los pasos a seguir para tratar de resolver dichos problemas. Por ejemplo este año, para concluir la primera etapa señalada para Costa Rica en el Programa de Cultivos Alimenticios se ha plantado en ese país una serie de parcelas demostrativas utilizando el mejor material disponible para las zonas y las mejores técnicas de cultivo obtenidas hasta el momento. La primera serie de parcelas establecidas en las zonas frijoleras están ya dando sus primeros frutos. Una vez concluída esta etapa, los organismos encargados del fomento de la producción en Costa Rica seguirán adelante con el trabajo; lo mismo se piensa hacer para el resto de los países del circuito Centroamericano.

ESTUDIO SOCIOECONOMICO DEL CULTIVO DEL FRIJOL EN CENTRO AMERICA: Se dijo cuáles eran las zonas frijoleras más importantes de Centro América y en base a éstas se está iniciando simultáneamente con los trabajos agronómicos el Estudio Socioeconómico del cultivo. Los objetivos del estudio son:

1. *Objetivos generales inmediatos:* Conocer a fondo la situación actual del cultivo del frijol y la de los cultivadores de esta planta en las zonas frijoleras determinadas en el estudio de zonificación del cultivo.
2. *Objetivos específicos inmediatos:*
 - a) Determinar con la mayor precisión posible la situación del cultivo desde el punto de vista agrícola.
 - b) Recoger información para valorar económicamente la importancia, el desarrollo y las posibilidades de aumentar la productividad.
 - c) Tratar de determinar algunas posibles causas que expliquen las razones de por qué los agricultores efectúan el cultivo en la forma en que lo están haciendo en la actualidad.
 - d) Determinar la actitud de los agricultores hacia un programa de mejoramiento del cultivo del frijol.

Este estudio se considera de vital importancia para el progreso del Programa regional.

El estudio socio-económico, indicará si es posible mejorar la producción en las áreas señaladas y qué camino se debe seguir para conseguirlo. Es necesario saber, por ejemplo, si los agricultores son receptivos a técnicas nuevas, y si lo son, si pueden económicamente realizar las mejoras necesarias para incrementar la producción. Si reciben asistencia técnica, con qué frecuencia la reciben y de qué calidad. Cuáles son las mejores técnicas de comunicación que deben emplearse en cada país y en cada región. Cómo deben distribuirse los préstamos para el cultivo del frijol, en el caso de que los bancos se decidan a financiarlo y si no lo hacen, por qué se resisten a ello.

De tal modo que no se gastará tiempo y dinero tratando de resolver problemas que no tienen solución o cuya solución no está al alcance de las organizaciones agrícolas.

Si se encuentra, por ejemplo, que los agricultores que siembran frijol en un país cualquiera, se resisten a cambiar sus técnicas de cultivo, habrá forzosamente que interesar a los agricultores con más recursos para que puedan realizar el cultivo del frijol en forma mecanizada, si es posible, pero para esto, se requiere cambiar los proyectos de investigación para producir variedades que puedan cosecharse mecánicamente y que se adapten a las zonas bajas. De tal modo que estos cambios deben realizarse a temprana hora a fin de no perder demasiado tiempo y dinero en investigaciones que no se ajustan a la realidad.

EL PROGRAMA COOPERATIVO CENTROAMERICANO PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS ALIMENTICIOS (PCC MCA): Por otro lado, la comunicación e intercambio a nivel técnico

en Centro América, se efectúa por medio del PCCMCA que fue organizado por la Fundación Rockefeller y tiene por objeto ayudar a los países centroamericanos a promover el mejoramiento de los cultivos alimenticios.

En el año 1965 el I.I.C.A. tomó a su cargo el cultivo del frijol dentro del PCCMCA, para lo cual se cuenta con un coordinador a nivel internacional.

La actividad principal del PCCMCA es la reunión anual que se efectúa en cada país centroamericano. El fin principal de dicha reunión es intercambiar información y material con los miembros de los programas locales de frijol y planear las actividades futuras del PCCMCA.

ADiestRAMIENTO DEL PERSONAL TECNICO DE LOS PAISES CENTROAMERICANOS: Debido a las facilidades con que cuenta el I.I.C.A., es que se ha comenzado ya a adiestrar el personal técnico a cargo de los programas locales de fomento del cultivo del frijol en los países centroamericanos.

Cuatro técnicos de los programas locales centroamericanos de frijol han recibido o están recibiendo adiestramiento por períodos no menores de 3 meses en Turrialba. Estos técnicos trabajan en la disciplina de su especialidad con técnicos del Programa de Cultivos Alimenticios y a su regreso mantienen contacto directo con nuestros técnicos, a fin de recibir el mayor asesoramiento posible en el trabajo que llevan a cabo en cada uno de sus países.

LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, J. A. y J. A. SALAS. Zonificación del cultivo del frijol en Centroamérica y Panamá. Turrialba 15:300-306. 1965.
2. GUTIERREZ, G. M. Resumen regional del ensayo cooperativo del frijol patrocinado por el Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento del frijol 1965. Reunión anual del PCCMCA XIIa., Managua, Nicaragua, 29 Marzo - 1º Abril, 1966. Borrador mimeografiado para publicar.
3. HOLDRIDGE, L. R. Mapas ecológicos de Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Honduras. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Proyecto 39, Programa de Cooperación Técnica, San José, Costa Rica, 1959.
4. PADDOCK, W. y PADDOCK, P. Hungry nations. Little Brown and Co. Boston 1964. 344 p.

4. PROGRAMACION DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. CASOS CONCRETOS

4.3. Análisis y Orientación de las Investigaciones en Producción Animal en Chile

Hernán Caballero D. ()*

Introducción.

En esta ocasión se pretende presentar un resumen general y análisis de las investigaciones en producción animal realizadas o en ejecución en Chile, señalando además su orientación, problemas, fallas y perspectivas futuras. Se cubren también en este trabajo algunos tópicos generales sobre investigación, relativos a su planificación, determinación de prioridades y aspectos económicos.

Esta revisión no pretende ser exhaustiva; es esencialmente, fruto de la experiencia personal del autor y de su contacto con numerosos investigadores de Centros Experimentales tanto nacionales como extranjeros.

Lo que aquí se expresa se refiere a Chile en particular; sin embargo se estima que ello también es aplicable en gran medida a América Latina, ya que nuestros problemas son, por lo general, comunes y las posibles soluciones a las dificultades e inquietudes que nos preocupan, guardan una similitud sorprendente.

Puede afirmarse en forma categórica que el escaso desarrollo logrado por el agro latinoamericano constituye la causa principal del atraso económico de nuestro continente. En el caso de Chile esta situación ésta determinada en gran parte por el estancamiento de la producción ganadera, cuyo índice de crecimiento sólo alcanza en forma aproximada a un 25% de aquel logrado por la producción agrícola propiamente tal.

(*) Ingeniero Agrónomo, Ph D. Coordinador del programa de Investigaciones Ganaderas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile y Profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile.

Es evidente, entonces, la necesidad de establecer programas integrales de desarrollo y fomento ganadero, pero para que estos tengan el éxito esperado será necesario contar con suficiente personal debidamente capacitado y buscar el apoyo, para su desarrollo y recomendaciones, en la información que le proporcione la investigación científica debidamente orientada y conducida.

I. — INVESTIGACIONES EN PRODUCCION ANIMAL EN CHILE

Las investigaciones pecuarias, tanto en nuestro país como en Latinoamérica, se encuentran en su etapa inicial o primaria; su estado es aun incipiente, y debemos reconocer que en el pasado los mayores esfuerzos han sido dirigidos hacia la investigación agrícola propiamente tal, descuidando notoriamente aquello relacionado con la producción animal. En el caso de Chile los trabajos de investigación pecuaria tuvieron su iniciación durante el último decenio y han alcanzado cierto volumen y significación sólo en los últimos 5 años. En la actualidad recién empieza a perfilarse una organización armónica y una orientación más o menos definida.

La corta vida de esta rama de la investigación no nos permite presentar un gran volumen de resultados o realizaciones, pero se indicará la orientación y finalidades que persiguen estos trabajos o ensayos, en la búsqueda de soluciones para problemas que se piensan son de importancia para el desarrollo y progreso ganadero del país.

La investigación en Producción Animal ha estado dirigida principalmente hacia trabajos de manejo general del ganado y muy especialmente a todo aquello que se relaciona con la nutrición animal, debido a que este último aspecto constituye una de las causales más importantes en la baja eficiencia que registra nuestra producción pecuaria. La pradera como principal fuente de alimentos para el ganado ha merecido especial atención tanto en su utilización directa como en el manejo y aprovechamiento de su productividad traducida en forrajes cosechados.

A. — Investigaciones en Ganado Vacuno.

Actualmente no es posible hacer una separación marcada entre bovinos dedicados a la producción de carne y aquellos típicamente productores de leche, ya que de los 2.870.000 vacunos existentes en el país, solo poco más de 50.000 cabezas corresponden a animales de razas propiamente de carne. El resto son dedicados principalmente a una explotación de tipo mixto, carne y leche, con tendencias variables hacia cada uno de estos aspectos dependiendo esencialmente de las condiciones del mercado.

1. — *Producción lechera.*

Las investigaciones en este rubro se han encuadrado en 4 capítulos principales.

- a) Utilización y manejo de praderas con ganado lechero.
- b) Utilización de forrajes cosechados para la producción lechera.
- c) Uso de suplementos en períodos críticos.
- d) Crianza y alimentación de terneros.

Considerando ahora el aporte logrado por algunas de estas investigaciones, resulta de interés destacar que ha quedado comprobado que en primavera, verano y parte de otoño es perfectamente factible producir leche en forma económica al alimentar las vacas exclusivamente en praderas convenientemente manejadas.

Para los meses de invierno se han probado diferentes raciones compuestas en su mayoría por forrajes cosechados (ensilajes, heno, etc.) y diversos productos y sub-productos de bajo costo con los cuales se han logrado producciones eficientes y económicas.

En lo que respecta a la alimentación y crianza de terneros se tiene ahora raciones y sistemas de crianza muy satisfactorios que permiten economías sustanciales con respecto a los antiguos y tradicionales métodos usados en estas operaciones.

2. — *Producción bovina carne.*

Los programas de investigación en esta actividad se han desarrollado a través de 4 cauces principales:

- a) Evaluación de la calidad nutritiva de las praderas; de su capacidad productiva y de los distintos sistemas de pastoreo para conseguir una eficiente producción animal y máximo uso del pastoreo.
- b) Suplementación de las praderas y alimentación de los animales en períodos críticos.
- c) Alimentación y manejo del vacuno en distintas etapas de su vida para lograr disminuir la edad de los novillos de matanza, mejorando al mismo tiempo el rendimiento y calidad de la res.
- d) Comportamiento, adaptación y manejo de las razas de carne (Hedford especialmente) en diferentes medios ecológicos.

Evidencias experimentales nos han demostrado que se puede producir hasta 1.600 Kg. de carne por hectárea (aumento de peso vivo) en un período de 8,5 meses y utilizando novillos holandeses alimentados exclusivamente en base a pastoreo. Por otra parte, se ha podido comprobar que las praderas cultivadas son capaces de soportar durante la primavera y verano una carga de por lo menos 6 novillos adultos por hectárea, con una ganancia diaria por animal de 900 gr.

Durante los meses de otoño e invierno se han obtenido aumentos de peso diarios de 700 gr. proporcionando a los animales una alimentación a base de ensilajes de maíz, de pasto o sorgos y adicionando una pequeña cantidad de suplemento proteico.

Con estos procedimientos de alimentación y manejo durante todo el año, es perfectamente posible llegar al mercado con un novillo de tipo mixto en condiciones de matanza a los 2 años de edad o menos, con lo cual se obtiene un rápido retorno del capital invertido por el agricultor, y se beneficia notoriamente al público consumidor al ofrecerle un producto de calidad.

En el caso de las razas especializadas en la producción de carne, se ha notado últimamente un gran interés en su explotación por parte de los agricultores, debido principalmente a las facilidades existentes para su importación. Las investigaciones con este tipo de ganado han estado encaminadas esencialmente a conseguir información básica sobre su manejo y alimentación considerando su rusticidad y precocidad. Teniendo como base la pradera natural de secano, se han estudiado variados sistemas de suplementación para los períodos críticos haciendo uso de diversos recursos alimenticios. En otros aspectos se ha ensayado también el mejoramiento del vacuno criollo, mediante cruzamiento con reproductores de carne, alcanzándose resultados muy promisorios y que acusan un mejoramiento de 20% en las ganancias de peso de los animales mestizos en comparación con los criollos.

B. — Investigaciones en Producción Ovina (carne y lana).

En este rubro se ha dado especial énfasis a aquellos ensayos relacionados con los recursos forrajeros naturales y cultivados; las investigaciones respectivas han estado comprendidas dentro de los siguientes aspectos:

- a) Estudios sobre uso apropiado de praderas naturales, mejoradas y rezagadas. Uso y aprovechamiento de diversos recursos forrajeros para proporcionar alimentación suplementaria.
- b) Trabajos sobre manejo: época de encaste, engorde de corderos, esquila pre-parto, adaptación de razas y cruzamientos.
- c) Determinación de métodos de selección prácticos que reemplacen a la simple apreciación visual.
- d) Incorporación de zonas desérticas a la explotación ovina.

Referente ahora a resultados y realizaciones conviene destacar que con la información proporcionada a través de la investigación, hoy día pueden hacerse recomendaciones categóricas referente a las razas que deben explotarse en las diferentes regiones del país. Asimismo, los resultados de los estudios sobre sistemas de selección y

apareamiento dirigido, han sido aplicados a diversos planteles dando como resultado aumentos considerables en la producción de lana por animal. Algunos trabajos en ejecución sobre alimentación suplementaria en períodos críticos, esquila, pre-parto y apropiada época de encaste prometen proporcionar valiosa información para mejorar la calidad de la lana al igual que incrementar el número y peso de corderos que llegan al mercado.

C. — Investigaciones en Producción Porcina.

Las investigaciones en esta rama se han orientado casi en su totalidad hacia formulación de raciones económicas que permitan aprovechar preferentemente aquellos productos y sub-productos alimenticios no directamente utilizables por el hombre, pero tratando de no menoscabar el comportamiento animal. Dentro de este campo ha merecido especial atención la determinación del valor de sustitución de diferentes suplementos proteicos.

En estos momentos se dispone de información sobre raciones económicas y de conveniente eficiencia que han conseguido rebajar considerablemente los costos de alimentación de los animales.

D. — Investigaciones en Producción Avícola.

Los diferentes centros de Investigación han encausado sus trabajos avícolas por caminos muy similares a aquellos detallados anteriormente para los porcinos, dando siempre la primera prioridad a los aspectos relacionados con la alimentación y la eficiencia nutritiva. Pueden agregarse a este campo mayoritario de investigación algunos trabajos programados sobre eficiencia en diferentes estirpes comerciales de aves y algunos estudios relacionados con reproducción, cruzamientos y razas.

Aunque la información proporcionada por la investigación Avícola es relativamente escasa, existe en la actualidad la tendencia de aumentar considerablemente esta rama de la experimentación.

E. — Otras Investigaciones.

En páginas precedentes se ha tratado de proporcionar una relación muy resumida de las investigaciones en Producción Animal que se efectúan en Chile y que está lejos de constituir una revisión completa y acabada del tema. Se ha tratado más bien de proporcionar una visión de tipo general omitiendo algunos detalles con el fin de no perder de vista la tendencia y orientación general que ha tenido la investigación.

Es así entonces como en procura de la brevedad y mejor comprensión del tema no se han detallado otras investigaciones entre las

cuales podrían mencionarse aquellas denominadas fundamentales o básicas. Sin embargo, éstas no siempre constituyen unidades experimentales separadas, sino que por lo general se realizan como complemento de las investigaciones aplicadas o de producción. Dentro de este grupo pueden indicarse diversos trabajos tendientes a determinar el valor nutritivo de los alimentos y que involucran principalmente estudios sobre digestibilidad, consumo y análisis de los alimentos.

Finalmente, pueden mencionarse varios estudios del tipo "encuesta" encaminados a determinar la incidencia de diferentes factores tanto técnicos como económicos que intervienen en los diversos procesos de la producción pecuaria.

II. — ASPECTOS ECONOMICOS DE LA INVESTIGACION PECUARIA

En la mayoría de las investigaciones en producción animal, se ha tratado de contemplar algunos aspectos económicos del problema que se investiga y esto ha sido especialmente cierto en aquellos trabajos en que se determinan los valores de reemplazo de diferentes alimentos que pueden constituir una ración determinada. Se ha adoptado este criterio, esencialmente, con el fin de fijar padrones de comparación ya que en una economía cambiante como la nuestra, resulta inoficioso determinar valores absolutos en el costo y eficiencia de diferentes raciones o métodos de producción. Así, por ejemplo, la ración que resultó más económica en una investigación determinada, puede que en el día de mañana no sea la más conveniente debido a la alteración en el precio comercial de sus componentes o a cambios en los procesos de comercialización y mercado.

Sin embargo, debe reconocerse que nuestra investigación pecuaria adolece de graves defectos en el campo de la economía, ya que la mayoría de los trabajos no contemplan este aspecto en su concepción global, y generalmente proporcionan información económica parcial que abarca, únicamente, parte del problema en estudio.

Por otra parte, es justo reconocer que las técnicas, el diseño experimental y las interpretaciones de las investigaciones en producción animal constituyen cuestiones difíciles y complejas, especialmente cuando se trata de problemas relacionados con la relación suelo-planta-animal; pero todo ello no justifica el relativo divorcio que ha existido entre muchas investigaciones y sus implicaciones económicas.

En su mayor parte, no se han abordado las investigaciones pecuarias en relación a los problemas de administración rural en cuanto se refieren a la selección y combinación de diferentes tipos y clase de empresas agropecuarias que proporcionen la rentabilidad más convenientes, pero sin deteriorar la productividad continuada.

Hace falta disponer de información económica relativa al costo del empleo de la mano de obra, energía, maquinaria agrícola y de las construcciones. Además resultaría de gran beneficio contar con mayores estudios sobre comercialización de productos agropecuarios, utilización de créditos, e investigaciones que proporcionen información oportuna sobre variaciones y relaciones de los precios tanto de los productos del agro como de los insumos correspondientes.

No hay duda que es de suma urgencia y de positivos beneficios realizar una integración rápida y total entre los economistas y los investigadores en zootecnia con el fin de que las respuestas obtenidas a través de la investigación tengan un significado más real y positivo en la solución de los problemas que aquejan a la producción pecuaria.,

III. ORIENTACION Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACION PECUARIA

El manejo inadecuado tanto de los animales como de los recursos alimenticios constituye el factor técnico limitante de mayor importancia en la escasa eficiencia de la producción ganadera en América Latina.

No hay duda entonces que nuestra investigación pecuaria debe orientarse principalmente hacia la búsqueda de las soluciones adecuadas para ese tipo de problemas.

Sin embargo, el aspecto técnico mismo es sumamente complejo y si se ve agravado aun más, ya que en el también intervienen una serie de otros factores de tipo socio-económico que escapan del control de los organismos encargados de la investigación. De esta manera, dentro de este medio de por sí complicado, será necesario fijar prioridades de investigación, ya que los recursos tanto físicos como humanos son limitados, y en el estudio de problemas zootécnicos debe mantenerse un orden lógico con el fin de poder proporcionar finalmente soluciones integrales.

Dependiendo de variadas circunstancias, las prioridades serán determinadas en función de diferentes hechos o factores tales como:

- a) Planes gubernamentales de fomento y desarrollo pecuario.
- b) Importancia relativa y urgencia del problema, contemplando además sus posibilidades reales de solución.
- c) Disponibilidades materiales y humanas.
- d) Necesidades y demanda del agricultor, de la industria y del público consumidor.
- e) Relación inversión-beneficios netos, etc.

Se considera que la investigación pecuaria debe ser orientada y dirigida hacia la consecución de resultados que tengan un real impacto e importancia para el progreso y desarrollo de la ganadería en el país.

Para tener éxito en esta tarea, la investigación en producción animal debe ser planificada y ejecutada en equipo con la participación de especialistas de diferentes disciplinas lográndose de esta manera una acción mancomunada e integral en la solución del problema que nos preocupa. Deberá, por lo tanto abarcar, variados aspectos tales como: suelos, cultivos, forrajeras, ganadería y estudios socio-económicos.

En estas circunstancias, resulta bajo todo punto de vista recomendable, la existencia de un sistema de coordinación de los diferentes Centros de Investigación con el fin de evitar repeticiones o duplicaciones y así aprovechar al máximo los medios y recursos a nuestro alcance.

Aunque estamos tratando específicamente el tema de investigación no debe olvidarse que para lograr un significativo progreso y desarrollo en este campo como así mismo en el agro, debe contarse paralelamente con el fortalecimiento de los servicios de educación y extensión. Estas tres actividades son los verdaderos motores que generarán un aumento sustancial en la producción de alimentos.

Referente ahora al tipo de investigación, nos parece más conveniente por el momento escoger el camino de la investigación aplicada, ya que se piensa que ella rendirá mayores frutos a más corto plazo. En la realización de estudios de esta clase se presentarán una serie de interrogantes a las cuales no es posible dar respuesta directamente; es aquí entonces donde la investigación básica podrá aportar los elementos de juicios para delucidar estos problemas proporcionando valiosa información que logrará aclarar dudas y complementar los datos que nos entrega la investigación aplicada.

La investigación básica en su primera etapa deberá estar orientada en la forma descrita, o sea, debe constituir un apoyo, una herramienta y complemento de la investigación aplicada. Más adelante, cuando disponibilidades humanas y materiales lo permitan y cuando los grandes problemas de la producción pecuaria hayan sido resueltos, podremos darnos el lujo de realizar mayor volumen de investigación netamente básica o fundamental y que hoy día está en manos preferentemente, de aquellos países más desarrollados que cuentan con los recursos suficientes para ello.

La tendencia en nuestro medio, por parte de algunos investigadores de abordar problemas de tipo "básico" aislados, aunque parezcan interesantes bajo el punto de vista puramente científico, deben evitarse, al igual que aquellos trabajos inspirados en la imitación

de las últimas novedades provenientes del exterior, si es que deseamos hacer uso eficiente de los precarios medios que generalmente disponemos para la investigación.

La investigación de tipo aplicada, convenientemente orientada y planificada, proporcionará información de gran interés y de directo uso por las fuentes productoras, lo que significará una contribución casi inmediata al progreso e incremento de la producción agropecuaria.

Este aspecto es de esencial importancia, tanto para la producción pecuaria como para las perspectivas futuras de la investigación. En Latinoamérica las actividades de investigación agropecuarias, no han logrado penetrar lo suficiente, en el interés y comprensión de autoridades, industriales, agricultores y público en general. Ello estriba básicamente en el hecho de que no siempre hemos podido demostrar que este tipo de trabajo o actividad es "útil" y necesario para la comunidad. Cuando ello ocurra habremos cimentado para siempre un futuro venturoso para la investigación que no se verá amenazada por falta de recursos. Los países desarrollados gastan en investigación no porque son ricos, sino porque están conscientes que esta actividad proporciona dividendos fabulosos con los cuales se benefician y enriquecen.

III

Análisis Cuantitativo en Experimentación Agrícola

17

1. The first part of the book is devoted to a general introduction to the subject of the history of the world, and to a description of the various methods which have been employed by historians in the study of the past.

1. FUNCIONES DE PRODUCCION EN TRIGO CON VARIOS NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO EN PRADERAS PARDAS DERIVADAS DE ARAZATI (*)

*W. Couto y E. Gilles (**)*

INTRODUCCION

El conocimiento de la respuesta de un cultivo a diferentes niveles y combinaciones de fertilizantes se favorece ampliamente si se expresan los rendimientos en una función de respuesta para los niveles de fertilizantes empleados. La estimación de una función que exprese estas relaciones facilita la interpretación de los resultados experimentales y al análisis económico del uso de fertilizantes.

Conocida la función de respuesta para determinadas condiciones de suelo y clima, es posible ajustar las recomendaciones para uso de fertilizantes de acuerdo a las fluctuaciones de los precios de estos y el del producto.

El trigo, dentro de los cultivos para obtención de grano, es el de mayor importancia en el Uruguay. Existe interés nacional, reflejado en el Plan Nacional de Desarrollo Agropecuario,¹ de incrementar su cultivo y sus rendimientos por hectárea. Los fertilizantes aparecen como un posible medio de aumentar los rendimientos, e interesa, tanto a nivel nacional como a nivel de los empresarios agrícolas, determinar la economía de su uso.

En experiencias llevadas a cabo en años anteriores en chacras de agricultores, se han obtenido indicaciones sobre la respuesta del trigo a los elementos mayores en varios grupos de suelos. Se consi-

(*) Análisis realizado por los Programas de Economía y Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", sobre resultados de experimentos llevados a cabo dentro del Proyecto SI-1.1.8. Las experiencias han sido conducidas conjuntamente con los Ings. José L. Castro y Antonio Saravia.

(**) Ingenieros Agrónomos del Programa de Suelos y Fertilizantes y especialista en Economía Agrícola, respectivamente, del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Colonia, Uruguay.

(1) CIDE, Plan de Desarrollo Agropecuario.

dera que en praderas pardas sobre Arazatí los elementos que influyen en mayor grado sobre los rendimientos de este cultivo son el Nitrógeno y el Fósforo.³ Los niveles de máxima respuesta para el Nitrógeno han fluctuado de acuerdo a las condiciones climáticas presentes en los diferentes años. En general, se sitúan entre 20 y 80 Kgs/há. de Nitrógeno, según los años y las diferentes condiciones de suelos dentro de un mismo gran grupo. Las respuestas máximas para el Fósforo han fluctuado entre 40 y 60 Kgs/há. Las necesidades de fosfatos aparecen como menos variables ya sea de año en año o entre distintos suelos dentro del gran grupo. En un ensayo factorial realizado en 1964,² se estimó que el máximo rendimiento correspondió a los niveles 90 de Nitrógeno y 100 de Fósforo.

Con la base de estos resultados se intentó estimar una función de respuesta del trigo al agregado de fertilizantes. Se llevaron a cabo experimentos de fertilización en suelos de pradera parda sobre Arazatí (2,4) en las proximidades de La Estanzuela. Sobre estos experimentos se informa en este trabajo.

Los suelos sobre los que se realizaron los ensayos aunque pertenecen a un mismo "gran grupo de suelos" derivados del mismo material geológico, presentan diferencias en el uso anterior a que se han sometido, fecha de siembra e historia y representan algunas de las diferentes condiciones que generalmente se encuentran en la zona para esa familia de suelos.

MATERIALES Y METODOS

El diseño utilizado fue del tipo "rotatorio compuesto central" (1) en bloques incompletos con dos repeticiones. Teniendo en cuenta que el máximo rendimiento puede ser alcanzado con diferentes niveles de acuerdo a las condiciones del año, se superpusieron dos cuadrados con estrella con diferente centro para tener mayor seguridad en obtener el máximo rendimiento en los niveles próximos a uno de los centros. Los niveles correspondientes a los puntos de las estrellas han sido desplazados, no manteniéndose la rotabilidad del diseño.

Los niveles utilizados se detallan en el gráfico N° 1. Los centros de los cuadrados y estrellas que se repetirían dos veces, se superponen a un punto de la estrella por lo que se obtienen tres repeticiones para esos puntos. Se realizaron dos repeticiones para el conjunto por lo que se obtuvieron seis observaciones para esos niveles. Los tratamientos se dispusieron en cuatro bloques incompletos para cada replicación. Los fertilizantes empleados fueron superfosfato de calcio y urea. El superfosfato se aplicó inmediatamente antes de la siembra

(2) Trabajo realizado por José L. Castro y Ernst Reynaert, no publicado.

y la urea se aplicó a razón de 30kg/há. de N en la siembra. Para los niveles 60 y 90 de N se hicieron una y dos aplicaciones posteriores respectivamente.

La variedad empleada fue Klein Impacto en todas las experiencias; las siembras fueron realizadas entre el 28 de junio y el 28 de agosto de 1965.

De cuatro experimentos cosechados uno fue descartado por malas condiciones del cultivo. Para los restantes se ajustaron funciones de acuerdo al modelo.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon$$

Se utilizó el método de mínimos cuadrados, resolviendo el sistema de ecuaciones por el método Doolittle, solución adelantada. Por razones de orden práctico en una primera aproximación se realizó el análisis de la variancia de la regresión considerando la suma de cuadrados de las desviaciones de la regresión, como estimación del error.³ En un análisis posterior se separará efecto de bloques para una mejor estimación del error.

RESULTADOS

En el caso del experimento 3, se intentó ajustar una función de acuerdo al modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{111} X_1^3 + \beta_{222} X_2^3 + \beta_{122} X_1 X_2^2 + \beta_{112} X_1^2 X_2 + \epsilon$$

En el análisis de regresión (cuadro I) se observa que la regresión no es significativa. De la prueba de t para los coeficientes no surgen evidencias de que estos difieran significativamente de 0.

CUADRO I

Análisis de Regresión (*)

Variación debido a	G.L.	S.C.	C.M.	F. calc.	F 0.05
Desviaciones	30	410.18	13.67		
Regresión	9	266.48	29.61	2.16	2.21
Total	39	676.66			

(*) Datos codificados.

(3) El análisis estadístico ha sido realizado con el asesoramiento del Dr. Leo Raktoc, experto en estadística agrícola (I.I.C.A.) del Programa de Biometría.

Trabajando con el modelo de función cuadrática se obtuvieron mejores resultados en este experimento. Las funciones ajustadas, para los tres experimentos, pueden observarse en el cuadro II donde se dan además los coeficientes de determinación múltiple y el nivel de significancia de los coeficientes.

CUADRO II

Ecuaciones de regresión y Coeficientes de Determinación Múltiple
Valores codificados (1)

Exp. N°	R ²
2 $Y = 20.87 + 0.28168 X_1 + 0.86245 *** X_2 - 0.48867 *** X_1^2 - 0.28234 *** X_2^2 + 0.38304 *** X_1 X_2$	0.74
3 $Y = 23.21 + 0.95791 ** X_1 + 0.46296 X_2 - 0.21717 X_1^2 - 0.34680 * X_2^2 + 0.20202 X_1 X_2$	0.39
4 $Y = 15.01 + 0.46204 ** X_1 + 0.10384 X_2 - 0.08050 X_1^2 - 0.16601 * X_2^2 - 0.01418 X_1 X_2$	0.50

(1) Y expresado en 100 kgs./há

$$X_1 = \frac{1}{15} (N45), N \text{ en kgs./há.}$$

$$X_2 = \frac{1}{15} (P_2O_5 - 45), P_2O_5 \text{ en kgs./há.}$$

*	Nivel de significación	0.05
**	” ” ”	0.01
***	” ” ”	0.001

El mejor ajuste se logró para el experimento 2 en que todos los coeficientes son altamente significativos, con excepción de B₁ significativo al nivel 0.10.

En todos los casos el máximo rendimiento calculado está comprendido entre los niveles ensayados. En el cuadro III se dan los rendimientos máximos calculados a partir de las funciones ajustadas y los niveles de fertilización respectivos.

CUADRO III
Niveles de Máximos Rendimientos

Experimento	Rendim. Máximo kgs/há	Niveles de Fertilización	
		N : kgs/há	P ₂ O ₅ : kgs/há
2	2.230	65	85
3	2.515	90	67
4	1.510	88	38

Para el caso del experimento 2, en el que se obtuvo el mejor ajuste, se calcularon las isocuantas o líneas de igual producto. En la figura N° 3 se representan éstas y las isoclinas para las tasas marginales de sustitución de Nitrógeno por Fósforo ($\partial N/\partial P$), 2,0; 1,0; 0,5 y 0,3.

El nivel óptimo de fertilización se calculó para la relación de precios P/N = 0.4 (\$ 25.— por kg. de N y \$ 10.—por kg. de P₂O₅) y para dos precios del producto:

Precio del Trigo	Nivel de fertilización	
	Kgs/há	
\$ por 100 Kgs.	N	P ₂ O ₅
200	13	27
250	23	37

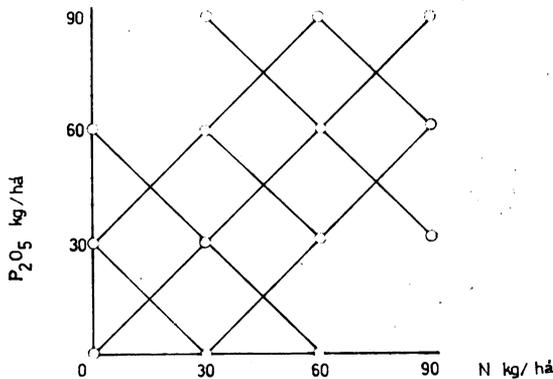


FIG. 1.— Niveles de fertilización.

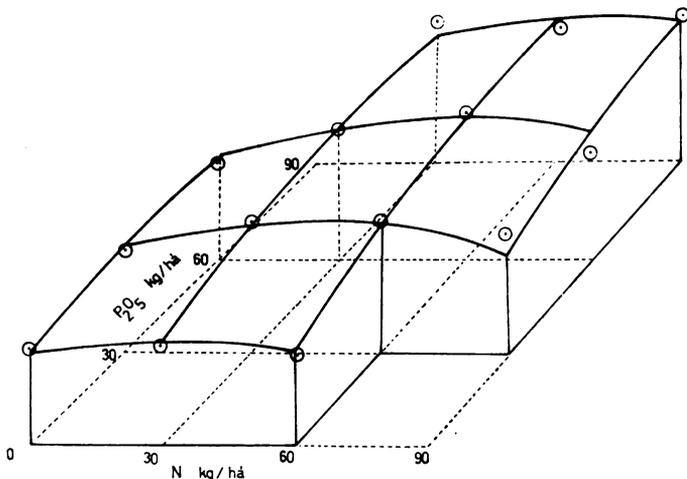


FIG. 2.—Superficie de respuesta calculada y valores observados (.). Ensayo 2.
 $Y = 1.395,43353 + 13,76379 N + 9,38246 P - 0,21685 N^2 - 0,12521 P^2 + 0,17018 NP$
 (Y, N y P en kilos por hectárea).

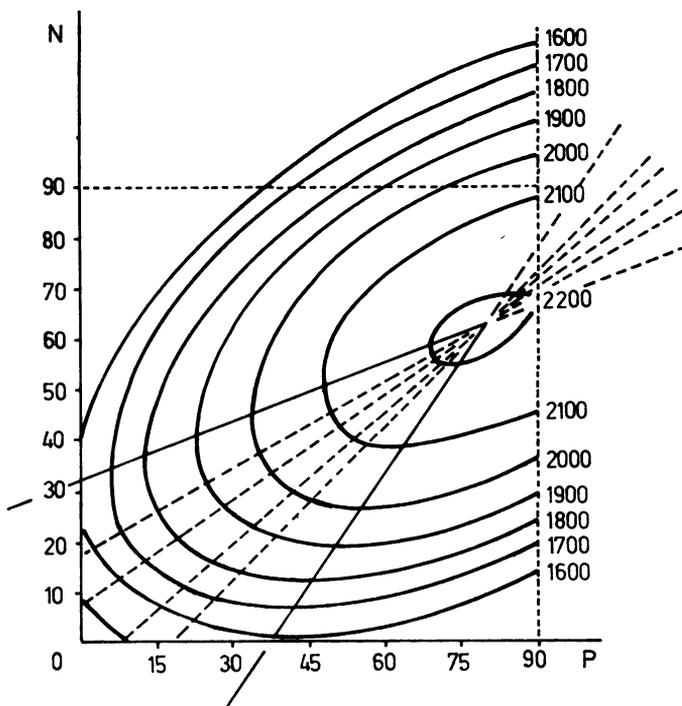


FIG. 3.—Isocuantas e isoclinas. Ensayo 2.

CONCLUSIONES Y DISCUSION

Las ecuaciones ajustadas no expresan en el mismo grado la parte de la variación total debida a la regresión, en diferentes ensayos. En el caso del experimento 3, el coeficiente de determinación múltiple es muy bajo y posiblemente se logre un mejor ajuste con otro tipo de función. De todos modos no sería interesante obtener el mejor ajuste para cada experimento si no una función que explique satisfactoriamente el conjunto de los experimentos. De ser homogéneas las variaciones del error, podría intentarse ajustar una función única para el conjunto de los experimentos.

En ese caso, la magnitud en que los resultados observados se aparten de los rendimientos esperados estará dada por las condiciones particulares de cada sitio. Si las condiciones lo justifican, el análisis por grupos de experimentos permitiría obtener funciones de producción para grupos de suelos de características similares.

Algunas de esas características pueden ser definidas por determinaciones analíticas tales como contenido de materia orgánica, nitrógeno total, etc. Este puede ser un criterio para la formación de clases de condiciones similares o bien puede intentarse integrar esos valores a la función con la finalidad de ajustar las recomendaciones a las características de cada sitio.

Un mayor número de experiencias son necesarias para definir cuál de estas orientaciones tiene mayores posibilidades de uso práctico en la determinación de los niveles de fertilización a utilizar.

El diseño utilizado en este trabajo implica un número de parcelas elevado para ensayos a realizar en predios de agricultores. Además el análisis de la variancia es complejo y demandaría mucho trabajo para un mayor número de ensayos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. COCHRAN, W. G and COX, G. M. *Experimental Design*. J. Wiley and Sons New York, 2nd. Edition, 1962.
2. FYNN, CARLOS A. *Clasificación de los Suelos del Uruguay*. (Mimeografiado).
3. REYNAERT, ERNST. Informe al Gobierno del Uruguay sobre Investigaciones sobre Manejo de Suelos en el Uruguay. Roma, FAO (1964), en prensa.
4. RIECKEN, F. F. Informe al Gobierno del Uruguay sobre Reconocimiento y Clasificación de Suelos. Roma, FAO, informe N° 29 (1959).

2. ANALISIS ECONOMICO DE 20 ENSAYOS DE APLICACION DE FERTILIZANTES EN TRIGO, MAIZ Y PAPAS

Alberto Valdés E. ()*

1. INTRODUCCION ¹

El uso de fertilizantes representa, a juicio de un gran número de investigadores del desarrollo agrícola, uno de los factores estratégicos para lograr aumentos en productividad. En Chile no es propio hablar acerca de cómo introducir el uso de fertilizantes ya que ésta es una práctica bastante difundida, al menos en cultivos anuales; sin embargo es poco lo que se sabe acerca de cuáles serían los niveles óptimos de aplicación, que para este estudio serán definidos como aquellos que maximizan las utilidades del productor. Los antecedentes preliminares hacen pensar que los niveles actuales son inferiores a los óptimos dado los precios vigentes, pero no se disponía de antecedentes objetivos para determinar estos óptimos para cada cultivo y series de suelo.

El objetivo principal de este estudio es determinar las dosis óptimas de aplicación de nitrógeno y fósforo en trigo, maíz y papas, para la región de Pirque, Calera de Tango y por último, Chillán en el caso del trigo.

Para algunos ensayos en que se encontró interacción entre el nitrógeno y el fósforo se estudió la relación de sustitución entre estos elementos y se ha ilustrado el efecto de usar diferentes ecuaciones matemáticas en la función de productos marginales e isocuantas.

Se hace especial hincapié en la formulación y aplicación de un método para incorporar los niveles iniciales de nitrógeno en el suelo en la función de respuesta. Esto podría ser a juicio del autor la forma más realista de poder llegar a dosis recomendables para ser aplicadas por los agricultores. Después de todo, el tipo de resultados

(*) Ingeniero Agrónomo. Economista (M.A.). Profesor Investigador de la Universidad Católica de Chile.

(1) Versión preliminar. Junio de 1966.

obtenidos en estos estudios va a ser de especial interés para extensionistas y estos podrían evaluar así la situación particular de cada potrero en donde se hará una aplicación.

Este estudio presenta los resultados de ensayos de campo realizados entre 1961 y 1965 por el Depto. de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica, varios de ellos diseñados conjuntamente con miembros del Depto. de Economía Agraria. También se incluyen los resultados de ocho experimentos de fertilidad en trigo realizados en la Estación Experimental Chillán del Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

En la parte segunda se hace una descripción breve del método e ilustrada con dos casos chilenos, pero sin ninguna pretensión de cubrir exhaustivamente todos los puntos pertinentes ya que existen buenos estudios publicados al respecto, incluidos en la bibliografía. Su objeto es más bien aclarar la forma como se enfrentó cada etapa dando pormenores de las decisiones que deben tomarse a lo largo de las etapas del análisis empírico y que raras veces se encuentran descritas en los tratados sobre el tema. Se ha utilizado un modelo de optimización dictado por lo que nos propone la teoría económica, en una línea similar a los trabajos desarrollados por Heady en Iowa. Se incluyen las principales referencias bibliográficas a donde puede recurrirse si se quiere completar la discusión. En la parte tercera se presentan los resultados en forma resumida, específicamente las dosis óptimas por ensayo y para cada cultivo para un rango de razones de precios que incluyen las existentes en Chile entre 1960 y 1965.

En la parte cuarta se examina el modelo de optimización incluyendo niveles iniciales de fertilidad y se presentan las dosis óptimas recomendables, que para varios experimentos pueden confrontarse con las presentadas en el capítulo anterior.

Finalmente se presenta una ficha por experimento, incluyendo el diseño experimental, las regresiones con una función cuadrática y con raíz cuadrada y una descripción del ensayo y características del suelo y uso del suelo en el período anterior al ensayo.

Se debe hacer especial mención a la generosa y muy valiosa colaboración del Prof. Aldo Norero, Jefe del Depto. de Edafología UC, sin cuya contribución este estudio no hubiera sido posible ya que él dirigió los ensayos de campo, cooperó en su interpretación y especialmente en el planteamiento del modelo para incorporar los niveles iniciales en la función.

También fue fundamental la participación de Ronald Chester y Federico Duerr en la elaboración de los programas y computación de los ensayos, la que fue realizada en el Centro de Computación Electrónico de la Universidad Católica. Rodrigo Mujica coayudó eficazmente en algunos ensayos. Se agradece a Fernando Araos y Hernán Tejada del Instituto de Investigaciones Agropecuarias por facilitar los resultados de ocho ensayos en trigo en la zona de Chillán.

Este estudio fue financiado parcialmente por el Consejo Superior de Fomento Agropecuario (CONSFA), del Ministerio de Agricultura, a cuyo Consejo se agradece muy sinceramente.

2. MODELO DE OPTIMIZACION Y ANALISIS ESTADISTICO PARA LA DETERMINACION DE DOSIS DE APLICACION DE FERTILIZANTES

2.1. En este estudio se han analizado estadística y económicamente aproximadamente 50 experimentos de campo, realizados desde 1961 a la fecha, en trigo, maíz y papas en los que se trató de cuantificar el efecto de niveles y combinaciones alternativas de nitrógeno y fósforo, en rendimientos físicos. En las regiones seleccionadas se tenían antecedentes acerca de la escasa respuesta al potasio por lo que fue excluido de los experimentos.

Los resultados que se presentan más adelante tienen validez estricta solamente para la zona, tipo de suelo y condiciones climáticas *climáticas* bajo las cuales se desarrollaron los ensayos, sin embargo se trató de elegir suelos representativos de áreas relativamente extensas y todos los experimentos se realizaron bajo condiciones de riego controlado con lo que se trata de minimizar el efecto de condiciones climáticas particulares. Sin embargo, sería incorrecto pretender que el efecto clima queda así totalmente controlado, ya que éste es un complejo de diversas variables, principalmente caída pluviométrica y época en relación al período vegetativo de la planta, humedad y temperatura, difícilmente controlables. Pero al contar con resultados de más de un año es posible evaluar en parte el efecto clima. También puede haber afectado en los rendimientos, la intensidad del ataque de diversas enfermedades, generalmente correlacionado a las condiciones ya mencionadas, y en lo que la variedad escogida y su resistencia entra a jugar un rol importante.

Los suelos de los ensayos conducidos por el Depto. de Edafología UC tienen muchas características comunes. Existen algunas diferencias morfológicas o químicas entre ellos, pero que posiblemente no sean muy importantes desde el punto de vista de desarrollo vegetal.

En general los suelos son jóvenes, poco evolucionados, de relieve casi plano o ligeramente ondulado, constituidos por pocas y graduales estratificaciones aluviales, medianamente profundos o profundos. De texturas medias a algo gruesas o algo finas, de buen drenaje, permeabilidad y capacidad de retención de agua satisfactoria, no presentan problemas de labranza. Son levemente alcalinos, con pobre o regular contenido orgánico y nitrógeno. Son uniformemente altos en potasio, calcio, magnesio y azufre; los contenidos de fósforo varían de bajo a alto, pero en general estos son moderados. Las rota-

ciones a que están sometidos son en parte intensas y en otras, de regular intensidad con un bajo insumo de fertilizantes.

Estas características representan aspectos típicos de los suelos de riego de una amplia zona de la provincia de Santiago y por su aptitud agrícola corresponden a Clases I y II de uso de la tierra.

Un aspecto que parece extraordinariamente importante es la ubicación del ensayo dentro de la rotación de cultivos y las aplicaciones anteriores de abonos; el efecto de un determinado nivel de aplicación de fertilizantes variaría, para la misma variedad, clima y tipo de suelo, según el tipo de rotación y aplicaciones anteriores de fertilizantes, lo que explica en parte las diferencias entre resultados de experimentos en un mismo cultivo en la misma localidad. Especialmente en el caso del fósforo en que el efecto residual es mayor en los años siguientes al de aplicación, las estimaciones de dosis óptimas pudieran subestimar en algo el verdadero nivel óptimo. Sería de gran interés contar con ensayos experimentales continuados bajo las mismas condiciones por más de un año.

2.2. Diseño y análisis estadístico de los experimentos.

Los experimentos analizados en este estudio fueron realizados entre 1961 y 1965 en suelos regados de la zona de Pirque y Calera de Tango en la Provincia de Santiago, Cachapoal en la Provincia de O'Higgins y en la región de Chillán, Provincia de Ñuble.

Todos los experimentos incluían dos variables, nitrógeno y fósforo, en forma de salitre sódico (16 % N) y Superfosfato triple (48 P₂O₅). Dos de ellos incluían también potasio.

En la mayoría de los ensayos el diseño corresponde a Bloques Completos al azar, en disposición factorial con repeticiones; sin embargo se usaron varios experimentos con diseño factorial incompleto, en que el rango del número de observaciones es de 25 a 144; en todos los ensayos se llegó a niveles de aplicación de cada fertilizante relativamente altos, con el objeto de alcanzar la región de máximo rendimiento físico o productividad marginal cercana a cero.

En líneas generales puede comprenderse mejor el diseño experimental empleado si se tiene en cuenta que para establecer la curva de respuesta necesaria para determinar el óptimo económico se requiere ajustar una ecuación en base a análisis de regresión, a diferencia del diseño exclusivo para análisis de varianza, que es el que predomina en los experimentos realizados con fertilizantes en Chile, en que no se ajusta una función continua y en donde el óptimo de aplicación queda indeterminado y sólo es posible elegir el "mejor" entre diversos tratamientos o niveles.²

(2) Ver "Data Collection for Production Function Estimates", Ch. 3 en Heady and Dillon, Agricultural Production Functions, en donde se presenta una discusión de diseños experimentales para este tipo de análisis.

Se eligieron funciones de tipo cuadrático (2.1) y raíz cuadrada (2.2) con las cuales se ajustó las regresiones de cada experimento.

$$(2.1) \quad Y = a_0 + a_1N + a_2P + a_3N^2 + a_4P^2 + a_5NP$$

$$(2.2) \quad Y = a_0 + a_1N + a_2P + a_3N^{.5} + a_4P^{.5} + a_5N^{.5}P^{.5}$$

qjo signo?

en que Y representa rendimiento por hectárea, N es el insumo nitrógeno, P es fósforo, el término NP representa interacción recíproca entre el nitrógeno y el fósforo en su efecto sobre los rendimientos, y en que los a_1 son los coeficientes de regresión y a_0 es una constante. Ambas funciones implican rendimientos marginales decrecientes para todos los insumos lo que parece corresponder a la situación real en la respuesta a fertilizantes.

En la regresión de la función cuadrática, se espera encontrar signo menos para a_3 y a_4 , reflejando la condición de rendimientos decrecientes para N y P. Otra característica de esta función es la de imponer productos marginales lineales, esto es, disminuyen en una cantidad absoluta constante a niveles crecientes del insumo. La constante no implica que a niveles cero de N y P se obtiene algún nivel positivo de Y, en otras palabras, a nivel cero de fertilizantes se obtiene un rendimiento igual a la constante.

La función raíz cuadrada también permite rendimientos decrecientes pero los productos marginales disminuyen a una tasa decreciente; al igual que la anterior permite niveles positivos de rendimientos a niveles cero de insumos y ambas imponen un nivel máximo de rendimiento físico.

Usando la función cuadrática se obtiene una superficie de respuesta en que hay un punto o nivel máximo de rendimiento después del cual declina, a diferencia de otras funciones que forman un plano de máximo producto, probablemente adecuado para experimentos en nutrición animal.

Las isoclinas, en que se ha igualado la razón de precios del fertilizante al del producto con la tasa marginal de sustitución entre P y N, como se explica más adelante en esta sección, representan la línea de expansión de menor costo a medida que nos movilizamos desde niveles bajos hacia niveles altos de rendimientos. En el caso (2.1) estas son rectas y en el (2.2) son curvas lo que indica que para las primeras la combinación óptima de N y P cambia si varían las razones de precios, pero para una razón dada de precios la combinación óptima de N y P es constante hasta niveles altos de rendimientos. En el caso de (2.2), la combinación óptima de N y P no sólo cambia con variaciones en las razones de precios sino también varía a medida que aumentamos el nivel de rendimientos (Y).

Si bien ambas funciones son aceptables desde un punto de vista lógico, dado las características del proceso biológico implicado en este caso, ya que reflejarían condiciones reales del efecto de ferti-

zantes, desde el punto de vista de manipulación algebraica la función cuadrática es más simple que la raíz cuadrada, por lo que se decidió utilizar la primera cuando el "ajuste" estadístico fuera similar entre ambas. Inicialmente se probaron otras funciones polinomiales en varios ensayos pero no representaron ventajas en su poder explicativo de la variable dependiente.

El coeficiente de determinación múltiple (R^2) que indica qué porcentaje de la variación de los valores observados de Y es explicado por la regresión ajustada, fue el principal indicador del buen o mal ajuste de la ecuación de regresión estimada. Luego de ajustar las ecuaciones (2.1) y (2.2) a los 50 experimentos, se eliminó todos aquellos experimentos en que el R^2 era inferior a .50; este parece un valor razonable pero no está fundamentado en términos de límites de confianza; la proporción relativamente alta de experimentos eliminados se explica en parte por el diseño de algunos experimentos, que incluían varias repeticiones de tratamientos pero no tenían suficientes observaciones que cubrieran todo el plano de niveles de N y/o P. En algunos ensayos no fue posible ajustar una ecuación de regresión ya que fueron diseñados para otros fines omitiéndose tratamientos intermedios entre el nivel cero y el de 800 kg/há; desde el punto de vista edafológico esta medida era acertada ya que se tenían antecedentes del alto grado de repuesta para niveles superiores a 800 kilos, sin embargo era un diseño inadecuado para curva de respueta o regresión.

Para estimar el grado de confianza o significación de los coeficientes de regresión se utilizó la razón "t" (Student), que indica la razón entre el coeficiente y su error standard.

La hipótesis de que el coeficiente es distinto de cero puede examinarse empleando la razón "t" en la forma siguiente:

$$t = \frac{a_1 - 0}{\sqrt{\text{var}(a_1)}}$$

a_1 es significativamente distinto de 0 si t es mayor que el valor de Tabla para α con (n-k-1) grados de libertad en donde α representa el nivel de probabilidad.

El intervalo de confianza de Y puede calcularse mediante la fórmula:

$$Y. - t\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\text{Var}(Y.)} < U_y < Y. + t\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\text{Var}(Y.)}$$

Un valor de $\alpha = .05$ indica que existe un 95 % de confianza de que el verdadero parámetro está entre el valor menor y mayor a U_y indicado arriba.

Si bien la mayoría de los experimentos tenían más de 50 observaciones, hubo algunos con 25 observaciones pero ninguno de estos últimos tenía más de tres términos incluyendo la constante, luego el nivel mínimo de grados de libertad es 22. Los valores de tabla de la distribución Student (3) con 22 grados de libertad para t y t

.995 .975

ya que es un "test de dos colas", son 2.82 y 2.07 respectivamente. En los experimentos en que el término interacción fue significativo, lo que eleva el número de términos a 6, el número de observaciones fue siempre mayor a 70, lo que daría 70 grados de libertad. Los valores de tabla son en este caso inferiores a 2.66 para t . Es co-

.995

rriente, sin embargo que para muestras con más de 30 grados de libertad la indicación de probabilidad se basa en la distribución normal. El coeficiente verdadero de regresión va a estar dentro del rango dado por $a_i \pm$ error st. en 2 de 3 muestras.

Una vez seleccionadas las regresiones con $R^2 \geq .50$, se procedió a la verificación de significación para los coeficientes de cada término de la ecuación, eliminándose en general aquellos en que el valor de t era inferior a 3 (el error st. es menor a un tercio del coeficiente, re-procesándose el experimento con las mismas observaciones pero de acuerdo a la nueva ecuación).

Uno de los resultados de esta selección fue que el término de interacción (NP) desapareció de muchas de las regresiones, lo que simplifica el cálculo de optimización ya que el nivel para cada nutriente se obtiene separadamente del otro nutriente y luego se resuelve una ecuación y no un sistema.

Debido a que se trabajó con experimentos con más de 35 observaciones, con algunas excepciones, no se consideró necesario ajustar el R^2 por una posible sobrestimación ni ajustar los errores standard por una posible subestimación. ⁴

Se empleó un programa especialmente elaborado para este estudio en la optimización, en sistema Fortran, ocupándose el computador IBM 1620 del Centro de Computación Electrónica de la Universidad Católica de Chile. La regresión múltiple y simple se ajustó con programas standard disponibles en el Centro de Investigaciones Económicas de la Universidad Católica.

-
- (3) Table IX, Pg. 465 en *Statistical Inference*, por H. Walker y J. Lev, publicado por Holt, Rinehart and Winston, N.Y. 1953.
 - (4) Una discusión bastante clara y breve acerca de este punto se encuentra en "Methods of Correlation and Regression Analysis". M. Ezekiel y K. Fox, 3ª Edición Pg. 301, J. Wiley and Sons, N.Y. En las pgs. 404-405 muestra el uso de Análisis de Varianza para determinar la significancia de términos adicionales.

2.3. Función de respuesta y determinación de nivel óptimo de aplicación de fertilizantes, en casos sin interacción.

Sea (2.3) la función que relaciona los rendimientos físicos (Y) con los nutrientes (N o P):

$$(2.3) Y = a_0 + a_1N + a_2N^2$$

El nivel óptimo de aplicación de N se logrará cuando el producto marginal de N se iguale a la razón de precios del fertilizante con el producto (Pn/Py) ya que a ese nivel el costo marginal (precio por unidad de N) es igual al beneficio marginal (valor del rendimiento marginal); dosis superiores pueden aumentar los rendimientos físicos pero el beneficio es inferior al costo adicional; dosis inferiores no representan el nivel de utilidad máxima.

En este estudio a la función objetiva no se le ha impuesto restricciones de capital ni de un nivel de rendimientos, luego es posible representarla como:

$U = Py Y - Pn N$, en que U es la utilidad y es igual al beneficio menos el costo variable (fertilizantes en este caso) y es máxima cuando:

$$\frac{dU}{dN} = Py \frac{dY}{dN} - Pn = 0, \text{ y luego } N = \frac{Py a_1 - Pn}{2a_2 Py}$$

Empleando la ecuación de regresión ajustada el nivel óptimo o de utilidad máxima se logra derivando Y con respecto a N e igualán-

dolo a la razón de precios, en que $\frac{dY}{dN}$ representa el producto margi-

nal de N. De la ecuación (2.3) se obtiene:

$$\frac{dY}{dN} = a_1 + 2a_2N = \frac{Pn}{Py} \text{ donde}$$

$$N = \frac{Py a_1 - Pn}{2a_2 Py}, \text{ igual al obtenido arriba en el cual N es la dosis óptima de aplicación dado Py y Pn.}$$

2.4. Función de respuesta y determinación del nivel óptimo de aplicación de fertilizantes, en casos de interacción.

Para algunos cultivos se tienen antecedentes acerca del efecto conjunto o interacción entre el nitrógeno y el fósforo; en otros cul-

tivos puede ser indicado agregar otras variables que pudieran actuar en forma conjunta con N y P, como es el caso de clima y densidad de plantas por hectárea en maíz. En Chile, a diferencia del trigo y otros cultivos, la densidad de siembra en maíz parece ser baja fluctuando de acuerdo a antecedentes entre 20.000 y 30.000 plantas, lo que impediría parte del aprovechamiento de los fertilizantes; los resultados de 17 ensayos muestran que los mayores rendimientos se producen con poblaciones de 60.000 a 75.000 plantas por hectárea.⁵

En los ensayos incluídos en este estudio sólo se consideró la posible interacción entre nitrógeno y fósforo, y se trató de diseñar y conducir los experimentos en condiciones controladas a un nivel técnico alto pero al mismo tiempo alcanzable para un "buen" agricultor, haciéndose uso de la información técnica disponible acerca de densidad óptima de plantas, condiciones de riego, aplicaciones de pesticidas y en general labores culturales. Sin embargo es preciso dejar en claro que, aún cuando la mayoría de los experimentos de campo se realizaron en predios comerciales, no se dispone de estudios que permitan evaluar las relación entre resultados experimentales, en pequeña escala y los que se obtendrían en producción comercial en mayor escala.

En este estudio no se incorpora en la función de utilidad (U) en forma explícita el efecto incertidumbre de precios y rendimientos físicos, estos últimos dependientes principalmente de condiciones climáticas fuera de control del productor. Es probable que en la medida que existe incertidumbre de precios y rendimiento, ésta representa un elemento adicional de costo que tendería a reducir el nivel óptimo comercial desde el punto de vista privado. Sería muy útil contar con resultados experimentales acerca de la variabilidad de rendimientos a través del tiempo con diferentes niveles de aplicación de fertilizantes realizados en las mismas condiciones experimentales durante varios años. En el Estado de Iowa, USA, Fuller⁶ encontró que en maíz, en base a estudios continuados desde 1953 - 1963, el grado de variabilidad anual en rendimientos físicos y en las utilidades aumentaban con dosis creciente de aplicación de nitrógeno.

Day⁷ examinando el tipo de distribución de rendimientos físicos en experimentos similares realizados entre 1921 y 1957, en la zona de Mississippi, USA, concluye que si desea maximizarse la probabilidad de que la predicción de rendimientos se iguale al realmente obtenido, debería usarse la moda y no la media aritmética de los

-
- (5) Influencia de la población y niveles nitrogenados en los rendimientos de maíces híbridos, Isabel San Cristóbal de Ramírez, publicado en Agricultura Técnica, Vol. 25, N° 4, Chile.
 - (6) Stochastic fertilizer production functions for continuous corn, W. A. Fuller, Journal of Farm Economics, Pg. 119, Feb. 1965.
 - (7) Probability distributions of field crop yields, R. H. Day, Journal of Farm Economics, Pgs. 735-39, August 1965.

resultados experimentales. La relación de la moda y la mediana con la media aritmética a su vez varía en función del nivel de aplicación del fertilizante. En ninguno de los cultivos estudiados (maíz, avena y algodón) se encontró una distribución "normal" de frecuencia de rendimientos para cada nivel de aplicación e incluso ésta es tan asimétrica que en cultivos como avena, a niveles altos de aplicación la moda es igual al rendimiento físico máximo alcanzable; a ese nivel en más de la mitad de los años se obtienen rendimientos superiores al promedio aritmético de ese tratamiento o nivel.

La función objetiva de maximización de utilidades elegida para este estudio es relativamente simple y corresponde a un análisis de tipo estático. En estudios futuros desea incorporarse el efecto de clima e incertidumbre y tratar más detalladamente el efecto de interacciones adicionales a las del nitrógeno y el fósforo, probablemente con énfasis en prácticas culturales.

El modelo utilizado de optimización incluyendo interacción puede representarse esquemáticamente en los siguientes términos:

Sea (2.41) la función de respuesta con un término NP que representa interacción: (2.41) $Y = a_0 + a_1N + a_2P + a_3N^2 + a_4P^2 + a_5NP$.

Al igual que el caso anterior, el óptimo económico se determinará igualando los productos marginales de cada nutriente con las razones de precios. Pero a diferencia del anterior, en este caso el producto marginal de N es función de N y también del nivel de P e igual para el caso de P, como se muestra a continuación:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = a_1 - 2a_3N + a_5P = \frac{Pn}{Py}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = a_2 - 2a_4P + a_5N = \frac{Pp}{Py}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones en forma simultánea se encuentran los valores de N y P que representan el nivel óptimo de aplicación en función de las razones de precios:

$$N = \frac{a_5(a_2 - Pp/Py) - 2a_4(a_1 - Pn/Py)}{4a_3a_4 - a_5^2}$$

$$P = \frac{2a_3(a_1 - Pn/Py) - a_5(a_2 - Pp/Py)}{a_5^2 - 4a_3a_4}$$

Para calcular el rendimiento físico máximo, que será superior al óptimo aunque esta diferencia pudiera ser pequeña en algunos

casos, es necesario resolver el sistema de ecuaciones siguientes en que se iguala a cero los productos marginales y se resuelve también en forma simultánea para N y P:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = a_1 - 2a_3N + a_5P = 0 \quad N = \frac{a_2a_5 + 2a_1a_4}{4a_3a_4 - a_5^2}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = a_2 - 2a_4P + a_5N = 0 \quad P = \frac{a_1a_5 + 2a_3a_2}{4a_4a_3 - a_5^2}$$

Es posible obtener un nivel dado de rendimientos (Y) con diversas combinaciones de N y P lo que se representa en la curva isocuanta. El mínimo costo para lograr ese nivel Y se logra igualando la tasa de sustitución con la razón de precios. Una vez determinada la combinación de N y P de mínimo costo se soluciona la determinación del nivel o intensidad de aplicación.

En la realidad, se deben solucionar simultáneamente ambos óptimos, los de proporción y nivel de N y P, ya que la relación de sustitución entre estos nutrientes varía a diferentes niveles de rendimientos, lo que se verá a continuación.

Si (2.41) es la función de respuesta, se consigue la relación de sustitución entre N y P fijando un nivel de Y y calculando la derivada parcial de N con respecto a P, en que $\partial N/\partial P$ representa la tasa marginal de sustitución entre N y P:

A partir de (2.41) se transforma en:

$$a_0 + a_1N + a_3N^2 + a_4P^2 + P(a_2 + a_5N) - Y = 0$$

despejando para P:

$$P = \frac{-(a_2 + a_5N) \mp [(a_2 + a_5N)^2 - 4a_4(a_0 + a_1N + a_3N^2 - Y)]^{0.5}}{2a_4}$$

se obtiene la Tasa Marginal de Sustitución entre N y P:

$$TMS_{NP} = \pm \frac{\partial Y/\partial P}{\partial Y/\partial N} = \pm \frac{\partial N}{\partial P} \text{ en que } Y = Y +$$

$$TMS_{NP} = \pm \frac{a_2 + 2a_4P + a_5N}{[a_1 + 2a_3N + a_5P]}, \text{ y } TMS_{PN} \text{ es el recíproco}$$

del anterior.

Se utiliza esta relación de sustitución entre N y P para determinar la línea de expansión o isoquinas de menor costo; cada isoquina está definida para una relación de precios, la que se produce igualando TMS_{NP} con $P_p/P_n = k$:

$$\frac{\partial N}{\partial P} = \frac{a_2 + 2a_4P + a_5N}{a_1 + 2a_3N + a_5P} = P_p/P_n = k$$

Despejando para N se logra la ecuación de la línea de expansión o isoquina, que en el caso de una ecuación cuadrática es una recta:

$$N = \frac{a_2 - ka_1}{k2a_3 - a_5} + P \frac{2a_4 - ka_5}{k2a^3 - a_5},$$

en donde el primer término representa el punto de intersección en el eje N y en el segundo término representa la pendiente.

Una vez conocida la razón de precios, se determina así la isoquina que indica la cantidad de N y P de menor costo para diferentes niveles de Y.

2.5. Aplicación del modelo de optimización sin interacción utilizando resultados experimentales.

Experimento T_{18} en trigo, en la localidad de Calera de Tango, (Prov. de Santiago) realizado en 1964-65.

(2.51) Función cuadrática

$$Y = 33.2593 + 7.30029N + 2.669002P - 0.615849N^2 - 12.31227P^2 + 0.170024NP$$

(1.48366) (5.50123) (.156574)

(1.511645) (.52854)

$$R^2 = 0.585$$

(2.52) Función raíz cuadrada

$$Y = a_0 + 3.912014N + .91774P + 17.549185N^{.5} + 2.294389P^{.5} - .24619N^{.5}P^{.5}$$

(1.4828) (7.33251) (4.42772)

(9.33185) (.47262)

$$R^2 = .587$$

El valor de R^2 es prácticamente igual y luego se elige (2.51) por las razones expuestas anteriormente; el término P y NP se elimina

por no significación, de acuerdo al test t ya expuesto, lo que podría indicar la existencia de niveles relativamente altos de fósforo disponible en esos suelos. Se recalculó (2.51) esta vez solamente en función de N :

$$(2.53) \quad Y = 33.60255 + \frac{6.79003N}{(1.15106)} - \frac{.575424N^2}{(.1132330)}$$

$$R^2 = .572$$

Para obtener el nivel óptimo se despeja N en la igualdad:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = 6.79 - 1.150N = P_n/P_y$$

Se han elegido cuatro razones de precios que cubren aproximadamente el rango de variación en Chile entre 1960 y 1965, y los resultados se presentan en el Cuadro N° 1.

CUADRO N° 1

Niveles óptimos de aplicación y rendimientos físicos

P_n/P_y	Dosis de salitre (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.40	5.55	53.56
.65	5.33	53.45
.80	5.20	53.35
1.20	4.86	53.01

NOTA: La razón promedio en 1960-65, incluyendo bonificación fue .73. El rendimiento máximo alcanzable es de 53 qq/há y se obtiene con 5,9 qq/há de salitre, igualando dY/dN a 0 y despejando para N , sustituyendo este valor en (2.53).

Puede observarse en el Cuadro N° 1 la escasa variación de nivel óptimo de aplicación en este suelo aún para grandes variaciones en la razón de precios. Una disminución de 40% en el precio del salitre en relación al del trigo (equivale aproximadamente a aumentar en un 40% el precio del trigo y mantener el del salitre) se traduce en un incremento de la dosis óptima de 34 kilos por há. lo que produce un aumento en rendimiento de sólo .34 quintales de trigo por hectárea.

Pasar del nivel de fertilización más bajo contemplado en el Cuadro N° 1 significa aplicar 69 kilos adicionales por há. de salitre con un

costo de E^o 12 y obtener .55 qq adicionales de trigo con un beneficio de E^o 17,6 por há. ambos a precios aproximadamente iguales a los de 1965, lo que proporciona un beneficio neto igual a 147% del costo.

2.6. Aplicación del modelo de optimización con interacción utilizando resultados experimentales.

Experimento T₁ en trigo, en la localidad de Pirque (Prov. de Santiago), realizado en 1962-63: se aplicó salitre sódico y superfosfato triple, 144 observaciones. En este experimento, cada unidad de N corresponde a 150 kg. de salitre y cada unidad de P corresponde a 100 kg/há. de superfosfato.

(2.61) Función cuadrática

$$Y = 18.8465 + 7.58616N + 2.46969P - .655712N^2 - 3.97513P^2 + .211424NP$$

(2.62) Función raíz cuadrada

$$Y = 18.515614 + 9.76952N^{.5} + 2.633107P^{.5} - .427694N - .807055P + 1.345117N^{.5}P^{.5}$$

(2.63) Función de exponente 1.5

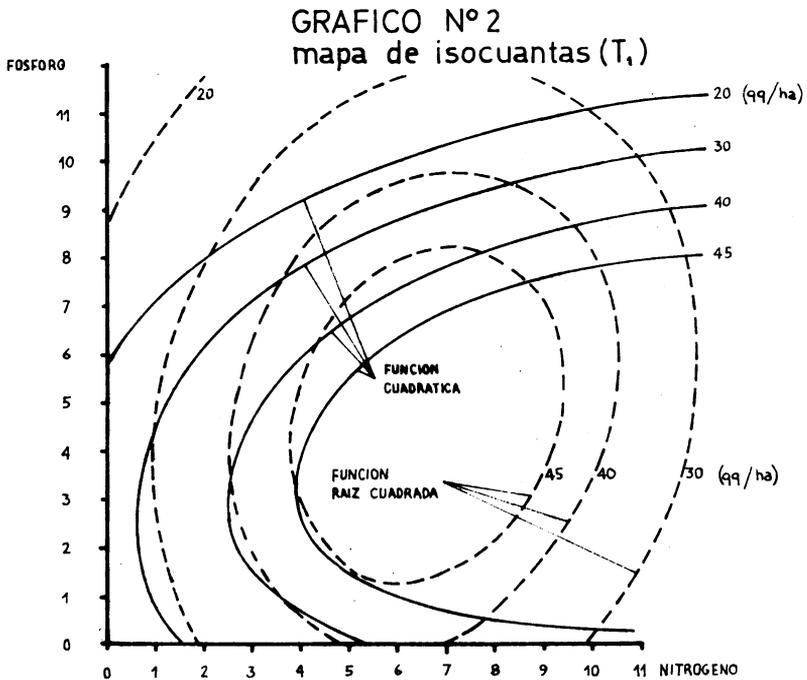
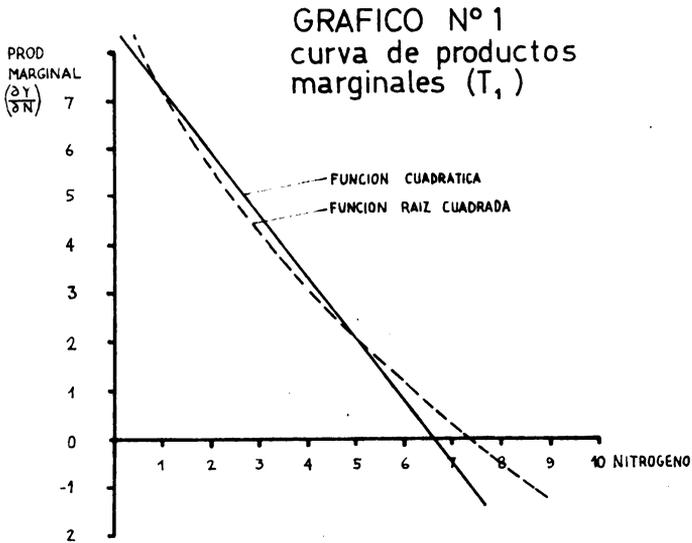
$$Y = 18.162081 + 10.93030N + 3.953079P - 2.949172N^{1.5} - 1.532448P^{1.5} + .211440NP$$

Un análisis de variancia indicó que no había diferencias significativas entre estas tres ecuaciones por lo que se eligió la función cuadrática por las razones expuestas anteriormente. El R² y variancias se presentan en el Cuadro N^o 2.

CUADRO N^o 2
R² y variancias de las regresiones 2.61 a 2.63 ⁸

Término	(2.61)	(2.62)	(2.63)
N	1.65191	13.03049	5.68551
P	2.90772	16.43242	7.99297
N	.02682	1.25502	.26777
P	.09055	2.24867	.59979
NP	.03679	1.57503	.34871
R ²	.508	.501	.506

(8) Una descripción completa de este ensayo se encuentra en "Análisis de eficiencia física y económica del uso de fertilizantes", R. Mujica, Memoria Agronomía Universidad Católica, 1965, Pgs 53-66.



La ecuación de producto marginal es la siguiente:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = 7.586167 - 1.311424N + .211424P$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = 2.469969 - .795026P + .211424N$$

Puede observarse en este caso con interacción que el producto marginal del nitrógeno depende del nivel de fósforo y viceversa para el fósforo. En el Gráfico N° 1 se observan las curvas del producto marginal para las funciones cuadrática y raíz cuadrada. La primera es lineal y decrece llegando a rendimientos negativos a dosis de salitre superior a 9,7 qq/há. (6,5uN); con la función raíz cuadrada el producto marginal del salitre cruza la curva de la función cuadrática a dosis de 7,5 qq/há (5u) y llega a rendimientos negativos a dosis de 11 qq/há. (7,4u).

Esto destaca la importancia y complejidad de la elección del tipo de función, ya que influirá bastante en los resultados. Creemos que el criterio de selección que se ha seguido es adecuado desde el punto de vista estadístico y no contraría el conocimiento disponible acerca del proceso de respuesta; sin embargo éste es también un área en que la colaboración del edafólogo con el economista es indispensable.

La función de isocuanta la obtenemos resolviendo para P la ecuación (2.61) en que $Y = Y^+$;

$$P = 3.10678 + .26593N \pm (57.06287 + 20.73648N - 1.57882N^2 - 2.515664)^{.5}$$

En la función cuadrática la isocuanta puede cortar los ejes N y P, lo que indica que es posible obtener algún rendimiento en base a solamente uno de los nutrientes. En el Gráfico N° 2 se representan las isocuantas en un plano bidimensional, y se han elegido las correspondientes a la función cuadrática y raíz cuadrada para ilustrar nuevamente el efecto de la selección del tipo de ecuación. Se observa que la Tasa Marginal de Sustitución, reflejada en los respectivos pendientes, es muy diferente para cada función, sin embargo a valores medios de N y P el rendimiento en trigo es similar; la gran diferencia en la predicción con una u otra función se aprecia en los valores extremos de N y P.

Examinando la isocuanta de la función cuadrática, puede obtenerse, por ejemplo, un nivel de 45 qq/há. de trigo con aproximadamente:

600 kilos de salitre y 260 kilos de superfosfato, o con
 700 kilos de salitre y 180 (y 500) kilos de superfosfato, o con
 1050 kilos de salitre y 50 (y 700) kilos de superfosfato, o con
 1500 kilos de salitre y 30 (y 780) kilos de superfosfato.

De acuerdo a los resultados del gráfico N° 2, para obtener un rendimiento de 45 qq/há., se necesita aplicar un mínimo de 600 kilos de salitre por Há. conjuntamente con 260 kilos de superfosfato, según la predicción de la función cuadrática. Con raíz cuadrada, se eleva el mínimo de fosfato.

La tasa de sustitución entre N y P varía considerablemente a diferentes proporciones de éstos. Por ejemplo, utilizando la función isocuanta cuadrática, se ve que para mantener un nivel de 45 qq/há. de trigo, si inicialmente se aplica 260 kilos de superfosfato y 600 kilos de salitre, es posible reducir en 80 kilos el superfosfato y se necesita agregar 105 kilos de salitre y seguir obteniendo 45 qq/há. de trigo. Pero si la aplicación inicial es de 180 kilos de superfosfato y 705 kilos de salitre, es posible reducir los mismos 80 kilos de superfosfato, pero esta vez se requiere aumentar 155 kilos de salitre para obtener 45 qq/há. de trigo. A medida que el fosfato es relativamente más escaso se necesita cada vez más nitrógeno para reponer una unidad de fosfato.

Para determinar las dosis óptimas resolver el sistema siguiente de ecuaciones:

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = 7.586167 - 1.311426N + .211423P = \frac{P_n}{P_y}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = 2.469969 - .795026P + .211423N = \frac{P_p}{P_y}$$

obteniéndose la ecuación de N y P en función de los parámetros de la regresión y las razones de precios.

En el Cuadro N° 3 se presentan las dosis de aplicación de N y P y los rendimientos determinados por la ecuación para cada razón de precios.

El Cuadro N° 3 permite sacar algunas conclusiones para este experimento acerca de la elasticidad o grado de respuesta en el uso óptimo del fertilizante ante cambios en los precios.

Para el nitrógeno se observa que dado un precio del trigo y del abono fosfatado, una reducción a un sexto del precio inicial del salitre, al nivel inicial de aplicación de 7.42 qq/há., tiene por efecto elevar la dosis óptima en 150 kilos de salitre lo que se traduce en un aumento de 1,28 qq/há. de trigo. En el caso del fósforo hay mayor

CUADRO N° 3

Dosis óptimas y rendimiento esperado

Pn/Py	Pp/Py	Dosis salitre (qq/há.)	Dosis S. Fosfato (qq/há.)	Rendimiento trigo (qq/há.)
1.5	2.0	7.42	1.91	45.59
1.5	1.5	7.58	2.56	46.90
1.5	1.0	7.74	3.22	47.88
1.0	2.0	8.02	2.01	46.30
1.0	1.5	8.18	2.67	47.55
1.0	1.0	8.34	3.33	48.48
.5	2.0	8.62	2.12	46.81
.5	1.5	8.78	2.78	48.01
.5	1.0	8.93	3.43	48.89

respuesta como puede verse para un nivel dado de pn/Py (1.5): cambiar de Pp/Py 2.0 a 1.0 incrementa la dosis de 1.91 a 3.22 qq. y los rendimientos desde 45.59 a 47.88 qq/há. de trigo.

Una conclusión que se desprende de este ensayo es que los niveles óptimos de aplicación varían relativamente poco para las razones de precios dentro de un rango razonable en el mercado chileno. Ajustar el nivel dentro del rango Pn/Py 1.5 a 0.5 es rentable si uno ignora el monto absoluto de la ganancia. Sin embargo, el costo de alterar frecuentemente las dosis debe disminuir la rentabilidad.

Los resultados de este experimento no son necesariamente generalizables; puede ser útil, sin embargo, destacar aquí que de repetirse esta situación para el mismo tipo de suelos podría concluirse que si bien el rango de variación de dosis óptimas es pequeña dado las razones de precios elegidas, siempre es conveniente comercialmente aplicar dosis de salitre iguales o superiores a 7.42 qq/há. y de superfosfato superiores a 1.91 qq/há. y que las dosis máximas serían de aproximadamente 8.90 qq. de salitre y 3.43 qq. de superfosfato.

**3. DOSIS OPTIMAS COMERCIALES POR CULTIVO
SIN INCORPORAR NIVELES INICIALES DE FERTILIDAD.
RENDIMIENTOS MAXIMOS Y CORRESPONDIENTES
A DOSIS OPTIMAS**

T R I G O

Dosis óptimas comerciales a diferentes relaciones de precios			Rendim. en trigo (qq/há)	Aplicación para máximo rendimiento físico	
P sal. P. trigo	P. S. fosf. P. trigo	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)		Rendim. (qq/há)	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)
<i>T₁ Pirque - 1962 - 63 — Fundo El Llano</i>					
1.5	2.0	7.42	1.91	45.59	
1.5	1.5	7.58	2.56	46.90	
1.5	1.0	7.74	3.22	47.88	
1.0	2.0	8.02	2.01	46.30	
1.0	1.5	8.18	2.67	47.55	
1.0	1.0	8.34	3.33	48.48	
.5	2.0	8.62	2.12	46.81	
.5	1.5	8.78	2.78	48.01	
.5	1.0	8.93	3.43	48.89	
					9.5 3.5
<i>T₂ Nuble - 1964 - 65 - S. Arrayán (Trumao) Fundo Altos Miraflores</i>					
1.20	2.40	7.61	.56	34.44	
1.20	1.60	8.27	2.45	57.88	
1.20	1.40	8.44	2.92	62.59	
1.20	1.00	8.78	3.87	72.16	
.80	2.40	9.20	.90	45.27	
.80	1.60	9.87	2.79	62.23	
.80	1.40	10.03	3.26	71.58	
.80	1.00	10.37	4.20	82.40	
.65	2.40	9.79	1.02	47.53	
.65	1.60	10.46	2.91	69.44	
.65	1.40	10.63	3.38	75.03	
.65	1.00	10.96	4.33	86.33	
.40	2.40	10.79	1.23	51.38	
.40	1.60	11.46	3.12	74.88	
.40	1.40	11.62	3.60	80.86	
.40	1.00	11.99	4.53	93.07	
					137.85 14.38 7.23

Dosis óptimas comerciales a diferentes relaciones de precios				Rendim. en trigo (qq/há)	Aplicación para máximo rendimiento físico		
P. sal. P. trigo	P. S. fosf. P. trigo	Dosis Salitre S fosf. (qq/há)			Rendim. (qq/há)	Dosis Salitre S fosf. (qq/há)	

T₉ Ñuble - 1964 - 65 S. Quella - Arrayán. Est. Exp. Chillán

—	1.0	—	5.37	43.12			
—	1.4	—	2.14	42.84			
—	1.6	—	5.02	42.67			
—	2.4	—	4.56	41.74			
					43.42	—	5.96

T₁₈ Calera de Tango. 1964 - 65

1.20	—	4.86	—	53.01			
.80	—	5.20	—	53.35			
.65	—	5.33	—	53.45			
.40	—	5.55	—	53.56			
					53.6	5.9	—

T₁₉ Calera de Tango 1964 - 65

1.20	—	4.28	—	50.64			
.80	—	4.66	—	51.02			
.65	—	4.80	—	51.12			
.40	—	5.03	—	51.24			
					51.3	5.4	—

T₂₀ Calera de Tango 1964 - 65

1.20	—	5.85	—	43.28			
.80	6.6	6.61	—	44.04			
.65	—	6.89	—	44.25			
.40	—	7.36	—	44.49			
					44.64	8.12	—

T₂₁ Calera de Tango 1964 - 65

—	1.0	—	2.47	58.92			
—	1.4	—	2.35	58.76			
—	1.6	—	2.29	58.86			
—	2.4	—	2.05	58.70			
					59.00	—	2.77

Dosis óptimas comerciales a diferentes relaciones de precios				Rendim. en trigo (qq/há)	Aplicación para máximo rendimiento		
P. sal. P. trigo	P. S. fosf. P. trigo	Dosis Salitre S fosf. (qq/há)	Rendim. (qq/há)		Dosis Salitre S fosf. (qq/há)		
T₁₀ Ñuble - 1964 - 65 - S. Mañil Fundo Vertientes							
1.20	1.0	10.49	5.81	42.35			
1.20	1.4	10.35	5.48	41.89			
1.20	1.6	10.28	5.31	41.01			
1.20	2.4	10.00	4.63	40.15			
.80	1.0	8.68	5.73	41.32			
.80	1.4	8.54	5.39	40.82			
.80	1.6	8.47	5.22	40.52			
.80	2.4	8.19	4.54	38.99			
.65	1.0	7.59	5.67	40.48			
.65	1.4	7.45	5.34	39.96			
.65	1.6	7.38	5.17	39.65			
.65	2.4	7.10	4.49	38.08			
.40	1.0	4.69	5.54	37.44			
.40	1.4	4.55	5.20	36.87			
.40	1.6	4.48	5.03	36.53			
.40	2.4	4.21	4.35	34.85			
					43.50	13.7	6.80
T₁₃ Ñuble - 1964 - 65 - S. Mirador. Fundo Las Nieves							
.33	1.0	9.25	3.06				
.66	1.5	7.06	2.28				
1.00	2.0	4.80	1.50				
						11.58	4.51
T₁₄ Ñuble - 1964 - 65 - S. Mirador. Fundo Cosmito							
—	1.0	—	2.46				
—	1.4	—	2.36				
—	1.6	—	2.32				
—	2.4	—	2.12				
						—	2.69
T₁₅ Chillán - 1964 - 65 - S. Chifén. Est. Exp. Chillán							
—	1.0	—	2.38	16.90			
—	1.4	—	2.34	16.89			
—	1.6	—	2.33	16.89			
—	2.4	—	2.25	16.86			
					16.92	—	2.47

DOSIS OPTIMAS COMERCIALES, RENDIMIENTOS Y PRODUCCION MAXIMA POR HECTAREA; SIN CONSIDERACION DE NIVELES INICIALES DE N Y P

M A I Z

Dosis óptimas comerciales a diferentes relaciones de precios				Rendim. en maíz (qq/há)	Aplicación para máximo rendimiento físico		
P sal. P. maíz	P. S. fosf. P. maíz	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)			Rendim. (qq/há)	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)	
M₂ Pirque 1963 - 64. Est. Exp. UC							
.4	—	5.30	—	62.51			
.6	—	4.97	—	60.43			
.8	—	4.64	—	59.34			
1.0	—	4.31	—	58.24			
					63.69	5.97	—
M₄ Pirque 1963 - 64. (El Llano)							
—	.011	—	4.38	46.36			
—	.013	—	4.31	46.35			
—	.015	—	4.23	46.34			
—	.020	—	4.05	46.32			
					46.41	—	4.79

**DOSIS OPTIMAS COMERCIALES SIN INCORPORAR NIVELES
INICIALES DE FERTILIDAD. RENDIMIENTOS MAXIMOS Y
CORRESPONDIENTES A DOSIS OPTIMAS**

P A P A S

Dosis óptimas comerciales a diferentes relaciones de precios				Rendim. en papas (qq/há)	Aplicación para máximo rendimiento físico		
P sal. P. papas	P. S. fosf. P. papas	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)			Rendim. (qq/há)	Dosis Salitre S. Fosf. (qq/há)	
P₁ Pirque 1963 - 64							
.15	—	20.54	—	299.6			
.10	—	21.08	—	300.3			
.05	—	21.63	—	300.7			
					300.83	22.17	—
P₄ Pirque 1963 - 64							
.5	—	10.29	—	373.89			
.7	—	9.02	—	366.26			
.9	—	7.75	—	356.11			
1.2	—	5.85	—	336.81			
					381.81	13.46	—
P₅ Pirque 1963 - 64							
.005	—	16.20	—	262.77			
.007	—	15.99	—	262.74			
.009	—	15.78	—	262.71			
.012	—	15.46	—	262.66			
					262.85	16.73	—
P₉ Pirque 1964 - 65							
.005	—	14.40	—	347.60			
.007	—	13.27	—	347.25			
.009	—	12.13	—	346.91			
.012	—	10.43	—	346.40			
					348.50	17.24	—

4. INCORPORACION DE NIVELES INICIALES DE FERTILIDAD

El análisis de respuesta expuesto anteriormente tiene, a juicio del autor, serias limitaciones a no ser que pueda formularse incluyendo los niveles iniciales de fertilidad del suelo. Este es un problema complejo y hasta el momento parece no estar solucionado empíricamente, especialmente tratándose de más de una variable independiente. Se podría definir cada función de respuesta para un tipo de suelo en una región relativamente homogénea y sin embargo para el mismo nivel de aplicación encontrar importantes diferencias en rendimientos entre diferentes potreros y años.

* Para ser de utilidad, la respuesta a fertilizantes debe relacionarse al nivel inicial medido con análisis de tierra.

La hipótesis formulada en este estudio es que el nivel inicial de fertilidad en el potrero en que se hará la aplicación varía de año a año, reflejando variaciones en condiciones climáticas, tipo de cultivos en la estación anterior y manejo en cuanto a aplicación de fertilizantes, para citar sólo algunos, y luego si se pudiera repetir el mismo experimento un número de años se encontraría una distribución de rendimientos para cada nivel de aplicación, la que probablemente no es "normal" como se expuso en el capítulo anterior; esto no es razón para invalidar la utilidad de una función "media" pero ocurre que con una función ajustada en base a uno o pocos experimentos no se sabe dónde está ubicada en relación a esta "media" y cuál es la dispersión de la población.

En el Cuadro N° 4 se presentan los resultados de ocho experimentos similares en papas en los que se midió el nivel inicial de nitrógeno. Cuatro experimentos realizados en la zona de Pirque en la misma serie de suelos, en terrenos considerados como adecuados para este cultivo, fueron repetidos en el mismo tipo de suelo al año siguiente. El diseño experimental y condiciones de manejo fueron iguales en los años 1963-64 y 1964-65; dentro de la rotación todos los experimentos fueron ubicados después de trébol. Se observa diferencias substanciales en el nivel inicial de NO_3 , siendo superior los niveles del segundo año y también los rendimientos físicos a niveles de aplicación de 800 y 1.200 kg./há.; pasado este último nivel, dosis superiores parecen no aumentar significativamente los rendimientos. A nivel cero de aplicación de fertilizantes se esperaría una relación positiva entre nivel inicial y rendimientos, sin embargo, como se observa a continuación, en que se han relacionado todas las observaciones a nivel cero (del Cuadro N° 4) es evidente que hay otras variables no incluidas afectando los rendimientos.

Si se elige el nivel de aplicación 800 kg./há. se observa una relación ascendente entre nivel inicial y rendimientos, pero ésta, al igual que con nivel cero, tampoco tiene una relación estable para otros niveles, como por ejemplo 1.200 kg./há. de salitre. La diferen-

Nivel inicial	79	79	94	121	133	134	138	141
Rendimiento (Y) a nivel cero de aplicación	34	42	26	27	36	35	40	30

cia en nivel inicial se atribuye en parte al efecto de condiciones climáticas; en el segundo año hubo escasa precipitación invernal en la época en que el terreno estaba ocupado por el trébol lo que influyó en que esta empastada absorbió relativamente poco nitrógeno y hubo también menor lavado de NO_3 de la capa arable, y luego después del corte previo a la siembra de papas en el terreno había disponible un alto nivel de NO_3 , el que sería utilizado por las papas.

Esta sería una explicación de la aparente correlación negativa entre rendimientos a través del tiempo; los años de rendimientos altos son a menudo seguidos de bajos rendimientos.

W. Fuller⁹ encontró algo similar para el maíz en experimentos realizados entre 1915 y 1953 en Iowa, y trató de explicar la interdependencia entre rendimientos y nivel residual de nitrógeno concluyendo que el rendimiento esperado para cualquier año es una función de rendimientos y aplicación de fertilizantes en años anteriores:

“If we assume that the plant is indifferent as to the source of its nitrogen, the effect of carryover is to move one to a different starting position upon the nitrogen response curve. That is, following a druth year the expected yield associated with zero application of nitrogen fertilizer will be higher and, further, the increment to yield associated with the application of a unit of fertilizer will be smaller.”

Algo similar a lo descrito en papas se encontró en trigo en la misma región de Pirque en los experimentos T_1 y T_3 , ubicados en la misma serie de suelo, ambos realizados en el mismo año. El nivel inicial para T_1 fue de 21 ppm de NO_3 mientras que en T_3 fue de 50 ppm, que expresado en salitre equivale a una diferencia inicial de aproximadamente 300-400 kilos/há. En estos suelos es corriente encontrar niveles iniciales de 20 a 30 ppm de NO_3 pero ocurre que el potrero donde se ubicó T_3 estuvo los cinco años previos con alfalfa en buenas condiciones y luego de barbechado, lo que explica el alto nivel inicial en ese ensayo y la baja respuesta a aplicaciones de salitre en ese año. Ambos darían una diferente función de respuesta.

(9) Stochastic Fertilizer Production Functions for Continuous Corn, *Journal of Farm Economics*, pg. 111-112, Feb. 1965.

Si la función de respuesta está muy condicionada por el nivel inicial, el campo de aplicación de dicha función es restringido. Interesaría poder estimar funciones generales en que se incluye una o más variables independientes adicionales que indiquen el nivel inicial, o en otras palabras, contar con una ecuación de rendimientos en función de disponibilidad total de los principales nutrientes.¹¹ Esto permitiría medir el nivel inicial en cada potrero y luego estimar la dosis óptima adicional de nutrientes dado los precios relativos con los que se ahorrarían considerables recursos al no tener que realizar ensayos de campo en cada predio e incluso potrero y tener que repetirlos tantos años.

Voss, Pesek,¹⁰ Brown, Jackson y Petersen¹⁰ especialmente Pesek,¹² han reconocido este problema y han contribuido a elaborar un modelo teórico de análisis que fue de gran utilidad para la formulación del que se planteó más adelante, pero todavía parece ser bastante limitado lo que se ha hecho a nivel empírico. Interesa en este estudio mostrar los resultados en un plano de información y consulta más que pretender haber logrado un método bien resuelto.

Aquí se propone un sistema que básicamente es una transformación del elaborado por Pesek y Voss, adaptado para aplicársele en Chile en la incorporación del nivel inicial de nitrógeno solamente, por razones que se expondrán.

Sea (3.1) la función de respuesta en donde X_1 representa la dosis de salitre:

$$(3.1) \quad Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_1^2$$

Esta función debe transformarse en una función "standard" o general incluyendo los niveles iniciales; suponiendo que la planta no distingue entre las dos fuentes de X, esto es, entre el nivel aportado inicialmente por el suelo y la aplicación del fertilizante, lo que permite expresar el nivel total disponible de X en la siguiente forma:

$$X_1 = NF + \alpha N_0$$

-
- (10) *Agronomy Journal*, pg. 339-341 y 152-154 respectivamente, Vol. 54, 1962.
 (11) "If all variables were known and measurable there would be one production function for each crop". E. Kehrberg, Ch 8 en *Economic Analysis of Fertilizer Use data*, edit. por Baum, Heady y Blackmore, Iowa S. U. Press. 1956.
 (12) Ver su contribución en "Economic Analysis of Fertilizer Use", opus cit. titulada *Agronomic Problems in Security Fertilizer Response Data Desirable for Economic Analysis*.
 (13) Si se usara una sal amónica, no podría estrictamente suponerse identidad con la forma usualmente "aprovechable" por las plantas (NO_3) excepto que se usara un coeficiente de proporcionalidad.

CUADRO N° 4

Comparación de niveles iniciales de fertilidad y respuesta al nitrógeno (salitre) en papas en base a 4 experimentos repetidos en 1963-64 y 1964-65 (Zona de Pirque)

Experimentos 1963-64:

Dosis aplicación (kg./há.)	P ₂		P ₃		P ₄		P ₀	
	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)
0	27	121	42	79	26	94	34	79
400	38	78	49	58	26	78	32	133
800	36	—	56	—	35	—	29	—
1.200	59	—	64	—	39	—	33	—
1.600	—	—	61	—	31	—	47	—

Y = rendimiento promedio de 2 repeticiones, total de 3 calidades; 78 observaciones. Nivel cero de fósforo.
(1) = Nivel de fertilidad medio en NO₃

Experimentos 1964-65:

Dosis aplicación (kg./há.)	P ₇		P ₈		P ₉		P ₁₁	
	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)	Y (ton./há.)	Nivel fertilidad (1) Inicial (ppm.)
0	36	133	40	138	35	134	30	141
800	46	—	47	—	41	—	41	—
1.200	51	—	50	—	61	—	37	—
1.600	53	—	46	—	58	—	39	—
2.000	46	—	41	—	60	—	38	—

(2) No se midió nivel de fertilidad durante el experimento.
Y igual al anterior.

NOTA: Una descripción detallada de la conducción de los experimentos P₂ al P₀ y la medición de niveles de fertilidad en la tierra y posteriormente en la hoja y su relación con rendimientos se encuentra en "Calibración de Análisis de tierra y planta para fertilización de papas", Mario Fajardo R. Memoria Agronomía, Universidad Católica, 1964.

en que N_f es el nivel de aplicación como fertilizante nítrico, $0,13 N_0$ es el nivel inicial medido en NO_3 y α es un coeficiente de proporcionalidad entre las dos fuentes de nitrógeno. Reemplazando X_1 en (3.1) se consigue:

$$Y = a_0 + a_1 (NF + \alpha N_0) + a_2 (NF + \alpha N_0)^2 \quad o$$

$$Y = a_0 + a_1 N_f + a_1 \alpha N_0 + a_2 N_f^2 + a_2 \alpha N_0^2 + 2a_2 N_f \alpha N_0.$$

Al igual que en la sección anterior, el nivel óptimo se obtiene igualando la derivada de Y respecto a N_f con la razón de precios.

$$\frac{\partial Y}{\partial N_f} = a_1 + 2a_2 N_f + 2a_2 \alpha N_0 = \frac{P_f}{P_y}$$

despejando N_f , que será el nivel óptimo de aplicación, el que queda en función de N_0 , los precios de Y y N_f y las constantes a_1 y a_2 :

$$N_f = \frac{P_f/P_y - 2a_2 \alpha N_0 - a_1}{2a_2}$$

Medición del nivel inicial:

El nivel de nitrógeno disponible para la planta es la suma del nivel inicial más el nitrógeno agregado en el fertilizante; el nitrógeno inicialmente disponible puede encontrarse en diversas formas. Sea el nivel total disponible igual a:

$$X = nN_f + a_1 N_0^{\text{no}_3} + a_2 N_0^{\text{org}} + a_3 N_0^{\text{nh}_4^+}$$

en que a_i son factores de proporcionalidad. Para los suelos "normales" de la zona central, aproximadamente hasta por lo menos la región de Curicó, los niveles de N_0^{org} y $N_0^{\text{nh}_4^+}$ representan una fracción muy pequeña como fuente utilizable en una sola temporada de cultivo y luego X está condicionado principalmente por los niveles de N_f y $N_0^{\text{no}_3}$.

Para expresar la medición del nivel inicial en unidades iguales a las de aplicación del fertilizante es necesario transformar las unidades de NO_3 en kilos de salitre. Para esto es necesario adoptar un valor relativamente arbitrario de profundidad del terreno de donde se abastece la planta, para obtener el peso de la tierra en una hectárea. Para el muestreo de tierra se eligió una capa de .30 m. de profundidad a la que se asignó una densidad media de 1.3, lo que da un peso total por há. de 3.900.000 kilos.

La medición de NO_3 expresada en ppm (o miligramos por kilo) multiplicada por el peso total nos da kilos de NO_3 por há. De acuerdo a antecedentes proporcionados por el Depto. de Edafología UC¹⁴ un kilo de N equivale aproximadamente a 4,42 kilos de NO_3 , lo que da una medición expresada en N, comparable a la del fertilizante.

Por ejemplo, en un suelo con nivel inicial (N_0) de 80 ppm (NO_3), hay disponible 320 kilos de NO_3 por há., lo que expresado en N, usando la conversión de 1:4,42, da un total de 72,39 kilos/há. Si el salitre tiene una ley de 16 % (N), en ese suelo se tiene un nivel inicial equivalente a 452 kilos de salitre por há.

En el Cuadro N° 5 se presenta una tabla de conversión entre NO_3 expresada en ppm y N expresado en ppm y en él se dan valores para suelos de contenido Alto, Medio y Bajo en tres cultivos en la región cercana a Santiago (Pirque y Calera de Tango).

CUADRO N° 5

Niveles altos, medios y bajos de NO_3 y N en trigo, maíz. y papas

	NO_3 (ppm)			N (ppm)		
	Trigo	Maíz	Papas	Trigo	Maíz	Papas
Alto	+ 80	+ 120	+ 180	18.1	27.0	40.6
Medio	50	80	130	11.3	18.0	29.3
Bajo	— 20	— 40	— 80	4.5	9.0	18.1

FUENTE: Depto. de Edafología. Universidad Católica.

Valor del factor alfa:

El factor de proporcionalidad entre la forma "aprovechable" del elemento presente en el suelo y la forma del elemento en el abono debe ser evaluada experimentalmente y ésta es una labor que se espera interese a algunos especialistas en el área de Edafología. El factor para el fósforo no fue determinado debido en parte a las dificultades de medición del nivel inicial y a la baja respuesta a este abono en esta zona, ya que diferentes procedimientos con igual base lógica dan resultados significativamente diferentes; las regresiones ajustadas para la ecuación $X_{11} = N_p + \alpha N_0$ fueron satisfactorias estadísticamente. Para el caso del nitrógeno el valor del factor alfa también plantea problemas serios pues no es la única fuente nitrogenada a disposi-

(14) En base a una proporcionalidad química definida en donde N tiene un peso molecular de 14 y NO_3 un peso molecular de 62. El análisis de tierra también podría expresarse en "N".

ción de las plantas, pero a juicio de algunos especialistas es razonable asignar un valor de alfa igual 1 cuando se analizan nitratos y se usan fertilizantes nítricos, para cultivos anuales, es decir, de desarrollo rápido en períodos cortos en suelos de bajo contenido de materia orgánica. El asignar valor 1 significa que el nitrato presente en el suelo es idéntico al nitrato agregado en el abono, desde el punto de vista de "aprovechabilidad" por las plantas.

Comparación de dosis óptima comercial incorporando y excluyendo niveles iniciales de fertilidad.

En base al método descrito anteriormente, se han calculado las dosis óptimas bajo cuatro razones de precios y cuatro niveles de nitrógeno disponible en el suelo y estas dosis se comparan con las obtenidas excluyendo los niveles iniciales en el modelo de optimización.

En los cuadros N° 8 al 12 se presentan los resultados completos para tres ensayos en trigo y dos en papas.

En los cuadros N° 6 y 7 se ha reorganizado esa información, eligiendo una razón de precios media y destacando el efecto de alterar el nivel inicial sobre la dosis óptima comercial. Para la razón de precios .80 en trigo se observa que las dosis óptima de 7.36 qq/há de salitre (T_{20}) sin incorporar el nivel inicial baja a 5.60 si el nivel inicial es de 1.000 qq N/há. Esta diferencia de casi 2 qq/há de salitre se reduce a 1 qq/há en el experimento T_{18} y a 1.38 qq/há en el experimento T_{19} .

Las dosis óptimas incorporando el nivel inicial son siempre menores y esto se desprende de la ecuación de nivel óptimo. El numerador de la ecuación en que se incorpora el nivel inicial es menor en $(2a_2 \alpha N_0)$.

CUADRO N° 6

Trigo

Nivel inicial (qq N/há)	Pn/Py (qq/qq)	T_{18}	Dosis óptima salitre T_{19}	(qq/há) T_{20}
—	.80	5.20	5.03	7.36
.1745	.80	5.03	4.48	6.43
.4407	.80	4.76	4.21	6.16
7.150	.80	4.49	3.94	5.58
1.000	.80	4.20	3.65	5.60

CUADRO N° 7

Papas

Nivel inicial (kg N/há)	Pn/Py (kg/qq)	Dosis óptima salitre (kg/há)	
		P ₅	P ₉
—	.009	1620.1	1673.2
71.5	.009	1506.2	1601.7
114.27	.009	1463.4	1558.9
158.34	.009	1419.3	1514.8
190.00	.009	1387.7	1483.2

CUADRO N° 8

Experimento T₁₈ - Trigo (Calera de Tango). Comparación de dosis óptimas comerciales incorporando y excluyendo niveles iniciales de fertilidad.

Pn/Py (qq/qq)	Nivel inicial (qq N/há.)	Dosis óptima (qq/há.)	Rendimiento físico Dosis
.40	.1755	5.37	5.72
.65	.1755	5.16	
.80	.1755	5.03	
1.20	.1755	4.63	
.40	.4407	5.11	5.46
.65	.4407	4.89	
.80	.4407	4.76	
1.20	.4407	4.41	
.40	.7150	4.84	5.18
.65	.7150	4.62	
.80	.7150	4.49	
1.20	.7150	4.14	
.40	1.000	4.55	4.90
.65	1.000	4.33	
.80	1.000	4.20	
1.20	1.000	3.86	
Sin considerar nivel inicial			
.40	—	5.55	5.90
.65	—	5.33	
.80	—	5.20	
1.20	—	4.86	

El problema planteado antes, esto es, el de lograr una función standard, queda todavía sin solución fácil. Se observa en el cuadro inicial medido en ppm de N, como también del rango de variación N° 6 y 7 que para un mismo nivel inicial y la misma razón de precios, la dosis óptima varía. Un análisis más detallado de las características del suelo de cada ensayo respecto a otras condiciones, además de nivel de los coeficientes de regresión y luego las dosis óptimas podría contribuir a aclararlo.

CUADRO N° 9

Experimento T₁₉ — Trigo (Calera de Tango)
Comparación de dosis óptimas comerciales incorporando y excluyendo niveles iniciales de fertilidad

Pn/Py (qq/qq)	Nivel inicial (qq N/há.)	Dosis óptima (qq/há)	Rendimiento físico Dosis
.40	.1755	4.86	5.24
.65	.1755	4.62	
.80	.1755	4.48	
1.20	.1755	4.10	
.40	.1755	4.59	4.97
.65	.4407	4.35	
.80	.4407	4.21	
1.20	.4407	3.83	
.40	.7150	4.32	4.70
.65	.7150	4.08	
.80	.7150	3.94	
1.20	.7150	3.56	
.40	1.0000	4.03	4.41
.65	1.0000	3.79	
.80	1.0000	3.65	
1.20	1.0000	3.27	
Sin considerar nivel inicial			
.40	—	5.03	5.41
.65	—	4.79	
.80	—	4.65	
1.20	—	4.27	

CUADRO N° 10

Experimento T₂₀ — Trigo (Calera de Tango)
 Comparación de dosis óptimas comerciales incorporando y excluyendo
 niveles iniciales de fertilidad

Pn/Py (qq/qq)	Nivel inicial (qq N/há.)	Dosis óptima (qq/há)	Rendimiento físico Dosis
.40	.1755	7.18	7.94
.65	.1755	6.71	
.80	.1755	6.43	
1.20	.1755	5.67	
.40	.4407	6.92	7.67
.65	.4407	6.45	
.80	.4407	6.16	
1.20	.4407	5.41	
.40	.7150	6.64	7.40
.65	.7150	6.17	
.80	.7150	5.89	
1.20	.7150	5.13	
.40	1.000	6.36	7.11
.65	1.000	5.89	
.80	1.000	5.60	
1.20	1.000	4.85	
Sin considerar nivel inicial			
.40	—	7.36	8.12
.65	—	6.89	
1.20	—	5.85	
.80	—	6.61	

CUADRO N° 11.

Experimento P₆ — Papas (Pirque, Isla de Pirque)
 Comparación de dosis óptimas comerciales incorporando y excluyendo
 niveles iniciales de fertilidad

COSECHA TOTAL			CALIDAD I			
P _n /P _y (kg/qq)	Nivel Inicial (kg/há.)	Dosis Óptima (kg/há)	Rend. Físico máximo		Dosis óptima (kg/há)	Rend. Físico máximo dosis
			Dosis	Rend.		
.005	71.5	1548.6	1601.6	391.60	1533.9	1584.2
.007	71.5	1527.4			1513.8	
.009	71.5	1506.2			1493.7	
.012	71.5	1474.3			1463.6	
.005	114.27	1505.8	1558.8	391.01	1491.1	1541.4
.007	114.27	1484.6			1471.0	
.009	114.27	1463.4			1451.0	
.012	114.27	1431.6			1420.8	
.012	114.27	1431.6			1420.8	
.005	158.34	1461.7	1514.8	390.21	1447.1	1497.3
.007	158.34	1440.5			1427.0	
.009	158.34	1419.3			1406.9	
.012	158.34	1387.5			1376.7	
.005	190.0	1430.1	1483.1	389.53	1415.4	1465.7
.007	190.0	1408.9			1395.3	
.009	190.0	1387.7			1375.2	
.012	190.0	1355.8		387.56	1345.1	

Sin considerar nivel inicial

.005	—	1620.1	1673.1	392.21	1605.4	1655.7
.007	—	1598.9			1585.3	
.009	—	1577.7			1565.2	
.012	—	1545.8			1535.1	

$$Y_T = 260.228 + .157777N - .0000471N^2$$

(.04305) (.0000258)

$$R^2 = .4612$$

$$Y_I = 152.093 + .164791N - .0000497N^2$$

(.042461) (.0000254)

$$R^2 = .4856$$

Y_T = Cosecha total,qq
 Y_I = Cosecha Calidad I
 N = kg. salitre

CUADRO N° 12

Experimento P₉ Papas (Pirque, Lo Arcaya)
 Comparación de dosis óptimas comerciales incorporando y
 excluyendo niveles de fertilidad

Pn/Py (kg/qq)	Nivel inicial (kg N/há)	Dosis óptima (kg/há)	Rendimiento físico Dosis	máximo Rendimiento
.005	71.5	1624.4	1652.8	604.29
.007	71.5	1613.0		
.009	71.5	1601.7		
.012	71.5	1584.6		
.005	114.27	1581.6	1610.0	603.36
.007	114.27	1570.3		
.009	114.27	1558.9		
.012	114.27	1541.9		
.005	158.34	1537.6	1565.9	602.08
.007	158.34	1526.2		
.009	158.34	1514.8		
.012	158.34	1497.8		
.005	190.00	1505.9	1534.3	600.95
.007	190.00	1494.5		
.009	190.00	1483.2		
.012	190.00	1466.1		599.27
Sin incorporar nivel inicial				
.005	—	1695.9	1724.3	605.11
.007	—	1684.5		
.009	—	1673.2		
.012	—	1656.1		

$$Y_T = 343.245 + .30365N - .000088N^2$$

(.08148) (.000034)

$$R^2 = .4236$$

Y_T = cosecha total

N = kilos salitre por há.

A P E N D I C E
FICHA DE LOS EXPERIMENTOS

Experimento T₁ — Trigo (variedad Raco)

Localidad: Pirque, Prov. Santiago

Año exp.: 1962-63 Fundo El Llano

Depto. Edafología UC

Diseño experimental: Bloques completos al azar en disposición factorial de 48 tratamientos con 3 repeticiones; n = 144 observaciones. Niveles de salitre: 0 a 1050 kg/há (17% N); niveles de superfosfato triple: 0 a 500 kg. 46-47% P₂O₅). Se ajustó regresión utilizando unidades de 150 kg. de salitre y 100 kg. de superfosfato, en que 2N = 300 kg/há y 3P = 300 kg/há.

1. Cuadrática

$$Y = 18.846517 + 7.586167N + 2.469969P - .655713N^2$$

(1.651918) (2.907721) (.026829)

$$- .397513P^2 + .211423NP$$

(.090551) (.036796)

$$R^2 = .508$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 18.515614 + 9.769520N^{\frac{1}{2}} + 2.633107P^{\frac{1}{2}} - .42769N$$

$$- 807055P + 1.345117N^{\frac{1}{2}}P^{\frac{1}{2}}$$

$$R^2 = .501$$

El rendimiento físico máximo se logra con 9,5 qq/há. de salitre y 3,5 qq/há. de superfosfato.

Descripción del suelo: Suelo joven, desarrollado sobre material aluvial del río Maipo, relieve casi plano; texturas medias de color pardo, moderadamente profundo, de buen drenaje, permeable, de regular plasticidad y cohesión. Reacción moderadamente alcalina, re-

Dosis óptima de aplicación y rendimiento esperado a diferentes niveles de precios en N y P. (Función cuadrática)

Pn/Py	Pp/Py	Salitre (qq/há)	Superfosfato T. (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
1.5	2.0	7.42	1.91	45.59
1.5	1.5	7.58	2.56	46.90
1.5	1.0	7.74	3.22	47.88
1.0	2.0	8.02	2.01	46.30
1.0	1.5	8.18	2.67	47.55
1.0	1.0	8.34	3.33	48.48
.5	2.0	8.62	2.12	46.81
.5	1.5	8.78	2.78	48.01
.5	1.0	8.93	3.43	48.89

gular contenido de materia orgánica, moderadamente pobre en fósforo y con abundante potasio, calcio, magnesio y azufre. Se ha seguido rotación de maíz trigo con trébol— trébol, con aplicaciones de nitrógeno y fósforo en regular cantidad.

Experimento T_s — Trigo (variedad Capelle Desprez)

Localidad: Chillán, prov. Ñuble

Año: 1964-65. Fundo Altos de Miraflores.

Ensayo realizado por el Inst. de Inv. Agropecuarias. Estac. Exp. Chillán.

Diseño experimental: Factorial 7×7 NP incompletos, con 25 tratamientos en bloques completos al azar, en parcelas de $7 \times 1,6$ m. con 3 repeticiones; $n = 75$ obser. suelos regados. Fósforo se aplicó como superfosfato triple (48% P₂O₅) en la siembra, localizado bajo la semilla. El nitrógeno se aplicó como salitre sódico (16% N) al voleo, 1/3 con la siembra, 1/3 a los 70 días y 1/3 a los 100 días desde la siembra. Se aplicó herbicida. N y P en kg/há.

Descripción del suelo: Trumaos, serie Arrayán, textura franco arcillosa, 13,1% materia orgánica; pH (H₂O 1:2.5) = 5.6. P método Olsen = 4.8 ppm de P, hasta 0.20 m. de profundidad. Cultivo anterior: pasto natural por varios años.

1. Cuadrática

$$Y = 17.71692 + 3.2146226N + 1.9253140P - .13593799N^2$$

(.300775)
(.865855)
(.178921)

$$- .2289436P^2 + .9626431NP$$

$$(.1030580) \quad (.0354527)$$

$$R^2 = .7783$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 14.87534 - 1.6395607N - 1.8181290P + 11.077228N^5$$

$$(.31929086) \quad (.766325) \quad (1.2981514)$$

$$+ 6.01874P^5 + .096263NP$$

$$(2.011149) \quad (.032602)$$

$$R^2 = .8125$$

Dosis óptima de aplicación y rendimiento esperado a diferentes razones de precios.

P _n /P _y	P _p /P _y	Salitre (qq/há)	Fosfato (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.40	1.00	11.988	4.534	93.07
.40	1.40	11.624	3.591	80.86
.40	1.60	11.457	3.119	74.88
.40	2.40	10.788	1.231	51.38
.65	1.00	10.964	4.326	86.33
.65	1.40	10.630	3.382	75.03
.65	1.60	10.463	2.910	69.44
.65	2.40	9.795	1.022	47.53
.80	1.00	10.368	4.200	82.40
.80	1.40	10.034	3.256	71.58
.80	1.60	9.867	2.784	62.23
.80	2.40	9.199	.897	45.27
1.20	1.00	8.779	3.866	72.16
1.20	1.40	8.444	2.922	62.59
1.20	1.60	8.277	2.450	57.88
1.20	2.40	7.609	.563	39.44

Rendimiento físico máximo: 137.85 qq/há con 14.38 qq/há de salitre y 7.228 qq/há fosfato. (Se empleó función cuadrática).

Experimento T, — Trigo (Variedad Capelle Desprez)

Localidad: Chillán

Año: 1964-65

Ensayo Est. Exp. Chillán Instituto Inv. Agropecuarias

Diseño experimental: Factorial 7 x 7 NP incompletos, con 25 tratamientos en bloques completos al azar, en parcelas de 7 x 1.6 m. con 3 repeticiones; n = 75 obs. suelos regados. Fósforo se aplicó como superfosfato triple (48% P₂O₅) en la siembra, localizado bajo la semilla. El nitrógeno se aplicó como salitre sódico (16% N) al voleo, 1/3 con la siembra, 1/3 a los 70 días y 1/3 a los 100 días desde la siembra. Se aplicó herbicida. N y P en kg/há.

Descripción del suelo: Serie Quella - Arrayán. Textura arcilla poco densa, color gris, mal drenaje, materia orgánica 3,4%, pH (H₂O, 1:2,5) = 5,8; contenido de fósforo método Olsen = 21,5 ppm. de P. Cultivo anterior: semillero de ballica por 6 años.

1. Cuadrática

$$Y = 9.002826 + .50682370N + 11.01300P - .0052568N^2$$

$$\begin{array}{cccc}
 & (.40033396) & (.97024) & (.019828) \\
 - .858755P^2 - .08673204NP & & & \\
 & (.1148299) & (.039465) &
 \end{array}$$

$$R^2 = .8080$$

2. Raíz Cuadrada

$$Y = 7.27260 - .75638N - .65000P + 4.73245N^5 + 10.50356P^5$$

$$\begin{array}{cccc}
 & (.30178) & (.72431) & (1.2269) & (1.90089) \\
 + .058046 & & & & \\
 & (.03081) & & &
 \end{array}$$

$$R^2 = .8521$$

Se procesó la regresión eliminando la variable Nitrógeno:

$$Y = 12.96259 + 10.22401P - .858103P^2.$$

$$\begin{array}{cc}
 & (.9108728) & (.1163624)
 \end{array}$$

$$R^2 = .7925$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con 4 razones de precios:

Pp/Py	Dosis Superfosfato (qq/há)	Rendimiento trigo (qq/há)
1.00	5.3746	43.12
1.40	5.1415	42.84
1.60	5.0250	42.67
2.40	4.5588	41.74

Rendimiento máximo físico: 43.42 qq/há (trigo) con 5.957 qq/há de fertilizante fosfatado.

Experimento T₁₀ — Trigo (Variedad Capele Desprez)

Localidad: Chillán (prov. Ñuble)

Año: 1964-65 Fundo Vertientes

Inst. Invest. Agropecuarias Est. Exp. Chillán

Diseño experimental: Factorial 7 x 7 NP incompletos, con 25 tratamientos en bloques completos al azar, en parcelas de 7 x 1.6 m. con 3 repeticiones; n = 75 obs. suelos regados. Fósforo se aplicó como superfosfato triple (48% P₂O₅) en la siembra, localizado bajo la semilla. El nitrógeno se aplicó como salitre sódico (17% N) al voleo, 1/3 con la siembra, 1/3 a los 70 días y 1/3 a los 100 días desde la siembra. Se aplicó herbicida. N y P en kg/há.

Descripción del suelo: Trumaos, serie Mañil, textura franco arenoso, materia orgánica 7,2%; pH (H₂O, 1:2.5) = 5,9, contenido de P método Olsen = 7.0 ppm hasta .20 m de profundidad. Cultivo anterior: lentejas.

1. Cuadrática

$$Y = 7.70983 + 1.5398379N + 7.4179360P - .0704316N^2$$

$$\begin{array}{ccc}
 (.26477364) & (.635454) & (.013131067)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cc}
 - .604217P^2 + .0580458NP \\
 (.0756345) & (.0260188)
 \end{array}$$

$$R^2 = .8945$$

2. Raíz Cuadrada

$$Y = 7.272604 - .75638910N - .6500010P + 4.732458N^5$$

$$\begin{array}{ccc}
 (.3017863) & (.7243138) & (1.2269829)
 \end{array}$$

$$+ 10.50356P^5 + .0580460N^5P^5$$

(1.90089) (.030815)

$$R^2 = .8520$$

Dosis óptimas de aplicación y rendimientos esperados a diferentes niveles de precios

Pn/Py	Pp/Py	Salitre (qq/há)	Fosfato (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.40	1.00	10.487	5.814	42.35
.40	1.40	10.348	5.477	41.89
.40	1.60	10.279	5.308	41.01
.40	2.40	10.000	4.632	40.15
.65	1.00	8.677	5.727	41.32
.65	1.40	8.538	5.390	40.82
.65	1.60	8.468	5.221	40.52
.65	2.40	8.190	4.545	38.99
.80	1.00	7.590	5.675	40.48
.80	1.40	7.451	5.337	39.96
.80	1.60	7.382	5.169	39.65
.80	2.40	7.103	4.493	38.08
1.20	1.00	4.693	5.536	37.44
1.20	1.40	4.554	5.198	36.87
1.20	1.60	4.485	5.029	36.53
1.20	2.40	4.206	4.354	34.85

Rendimiento máximo: 43.50 qq/há trigo con 13.732 qq/há salitre y 6.798 qq de fosfato.

Experimento T₁₅ — Trigo (Variedad Chifén - primavera)

Localidad: Chillén, Prov. Ñuble

Año 1964-65

Ensayo Est. Exp. Chillén, Inst. Inv. Agrop.

Diseño experimental: Factorial 7 x 7 NP incompletos, con 25 tratamientos en bloques completos al azar, en parcelas de 7 x 1.6 m. con 3 repeticiones; n = 75 obs. suelos regados. Fósforo se aplicó como superfosfato triple (48% P₂O₅) en la siembra, localizado bajo la semilla. El nitrógeno se aplicó como salitre sódico (16% N) al voleo, 1/3 con la siembra, 1/3 a los 70 días y 1/3 a los 100 días desde la siembra. Se aplicó herbicida. N y P en kg/há.

Descripción del suelo: Suelo serie Quellá - Arrayán (Quellá es arcilloso mal drenaje); textura arcillo-arenosa, 3,8% materia orgánica; pH (H₂O 1:2,5) = 6.1; contenido de P método Olsen = 18,5 ppm hasta .20 m. profundidad; cultivo anterior: por 6 años semillero de ballica.

1. Cuadrática

$$Y = 15.74095 - .281771N + 12.96407P + .024967N^2$$

(.35156) (.843742) (.017435)

$$- 1.249395P^2 - .0124526NP$$

(.100425) (.034547)

$$R^2 = .8558$$

2. Raíz Cuadrada

$$Y = 14.18345 + .608854N - 4.841441P - 2.030269N^5$$

(.376707) (.904131) (1.53159)

$$+ 25.0535P^5 - .012452U^5P^5$$

(2.37280) (.038465)

Regresión cuadrática recalculada eliminando la variable N:

$$Y = 16.26916 + .265542P - .00053614P^2$$

(.01637) (.0000436)

$$R^2 = .8475$$

Dosis óptima de aplicación y rendimientos esperado a diferentes razones de precios:

Pp/Py	Dosis Superfosfato (qq/há)	Rendimiento trigo (qq/há)
1.0	2.38	16.90
1.4	2.34	16.89
1.6	2.33	16.89
2.4	2.25	16.86

Rendimiento físico máximo: 16.92 qq/há empleando 2,47 qq/há de fosfato.

Experimento T₁₈ — Trigo (Variedad Orofén 60)

Localidad: Calera de Tango, Stgo.

Año exp.: 1964-65

(Algarrobo) Depto. Edafología UC

Diseño experimental: Bloques completos al azar, cuatro repeticiones. Dosis siembra 160 kg/há a .25 m. entre hileras. Aplicación fertilizante al voleo. n = 32 observaciones.

Descripción del suelo: Suelo poco evolucionado, desarrollado sobre estratificaciones aluviales del Río Maipo, relieve ligeramente ondulado y moderadamente profundo. Texturas moderadamente finas, de color pardo a pardo rojizo en profundidad. Buen drenaje, permeable, capacidad de retención hídrica moderadamente alta; algo plástico y adhesivo, débilmente estructurado. Neutro a ligeramente alcalino, con material calcáreo en horizonte superficial, bajo contenido de materia orgánica y N orgánico. Regular contenido de fósforo y moderado de potasio y alto en calcio y azufre. Rotación previa: maíz — trigo — maíz — trigo, con aplicaciones de guano de ave, salitre y ocasionalmente de fosfato.

1. Cuadrática

$$Y = 33.25935 + 7.300294N - 2.66900P - .615859N^2$$

(1.483666) (5.50123) (.156574)

$$+ .231227P^2 + .170024NP$$

(1.5116459) (.52854)

$$R^2 = .5850$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 32.70113 - 3.912014N + .091774P + 17.54919N^5$$

(1.482871) (7.332516) (4.427722)

$$+ 2.29438P^5 - .246190N^5P^5$$

(9.331854) (.472628)

$$R^2 = .5874$$

Se recomputó la regresión cuadrática eliminando el término P:

$$Y = 33.60255 + 6.79003N - .575424N^2$$

(1.151062) (.113230)

$$R^2 = .5721$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con diferentes razones de precios:

Pp/Py	Dosis Superfosfato (qq/há)	Rendimiento trigo (qq/há)
.40	5.55	53.56
.65	5.33	53.46
.80	5.20	53.35
1.20	.86	43.01

Rendimiento físico máximo: 53.63 qq/há aplicando 5.90 qq/há de salitre.

Experimento T₁₉ — Trigo (Variedad Orofén 60)

Localidad: Calera de Tango

Año exp.: 1964-65

(Sta. Margarita) Depto. Edafología UC.

Diseño experimental: Bloques completos al azar, cuatro repeticiones. Dosis siembra 160 kg/há a .25 m. entre hileras. Aplicación fertilizante al voleo. n = 32 observaciones.

Descripción del suelo: Suelo poco evolucionado, desarrollado sobre estratificaciones aluviales del río Maipo, relieve ligeramente ondulado y moderadamente profundo. Texturas finas, de color pardo a pardo rojizo en profundidad. Buen drenaje, permeable, capacidad de retención hídrica moderadamente alta; algo plástico y adhesivo, débilmente estructurado. Neutro a ligeramente alcalino, con material calcáreo en horizonte superficial, bajo contenido de materia orgánica y N orgánico. Alto contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Rotación previa; maíz - trigo - maíz - trigo con aplicaciones de regular cantidad de abonos nitrogenados y abundantes de fósforo.

1. Cuadrática

$$Y = 35.6950 + 6.148327N - 3.23415P - .593054N^2$$

(1.174716) (4.34706) (.125083)

$$+ .69944P^2 + .217221NP$$

(1.17870) (.411065)

$$R^2 = .6003$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 35.5590 - 4.43892N + 2.73550P + 16.20797N^{.5}$$

(1.28107) (5.97251) (3.80323)

$$- .742040P^{.5} - .211256N^{.5}P^{.5}$$

$$(7.63727) \quad (.38522)$$

$$R^2 = .5612$$

Se computó la regresión cuadrática eliminando el término P.

$$Y = 35.87937 + 5.70222N - .52629N^2$$

$$(.900596) \quad (.088523)$$

$$R^2 = .5813$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con diferentes razones de precios

Pn/Py	Dosis Salitre (qq/há)	Rendimiento trigo (qq/há)
.40	5.03	51.24
.65	4.80	51.12
.80	4.66	51.02
1.20	4.28	50.64

El rendimiento físico máximo es de 51.3 qq/há y se logra con 5.42 qq/há de salitre.

Experimento T₂₀ — Trigo (Variedad Orofén 60)

Localidad: Calera de Tango

Año exp.: 1964-65 (San Alfonso) Depto. Edafología

Diseño experimental: Bloques completos al azar, 4 repeticiones. Dosis siembra 160 kg/há a .25 m. entre hileras. Aplicación fertilizante al voleo. n = 32 observaciones.

Descripción del suelo: Suelo derivado de antiguos sedimentos del río Maipo que descansan sobre rodados fluviales, con relieve ligeramente ondulado a casi plano. Textura moderadamente finas en superficie y fina en el subsuelo. Color pardo a pardo amarillento oscuro, profundo; buen drenaje, alta capacidad retención de agua, permeabilidad algo lenta, plástico, adhesivo, débilmente estructurado. Reacción neutra a levemente alcalina, con algo de material calcáreo en capa superficial. Regular contenido de materia orgánica, bajo en nitrógeno total y fósforo, moderado nivel de potasio y abundante calcio, magnesio y azufre. Rotación previa: maíz - trigo - maíz - trigo con regulares cantidades de abonos orgánicos y minerales.

1. Cuadrática

$$Y = 27.2262 + 4.292077N + 1.105428P - .284027N^2$$

$$(1.05530) \quad (3.905169) \quad (.1123679)$$

$$- .776943P^2 + .22347NP$$

$$(1.05888) \quad (.369278)$$

$$R^2 = .7107$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 26.7777 - 1.146172N - 3.63432P + 8.89781N^{.5}$$

$$(1.07585) \quad (5.01574) \quad (3.193969)$$

$$+ 6.36683P^{.5} + .71343N^{.5}P^{.5}$$

$$(6.41382) \quad (.32351)$$

Se computó la regresión cuadrática eliminando la variable P.

$$Y = 27.17406 + 4.30529N - .26523 N^2$$

$$(.811845) \quad (.07980)$$

$$R^2 = .6949$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con diferentes razones de precios

Pn/Py	Dosis Salitre (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.40	7.36	44.49
.65	6.89	44.25
.80	6.61	44.04
1.20	5.85	43.28

El rendimiento físico máximo es 44.64 qq/há y se logra con 8.12 qq/há de salitre.

Experimento T₂₁ — Trigo (variedad Orofén 60)

Localidad: Calera de Tango, Stgo.

Año exp.: 1964-65 (Nogalal) Depto. Edafología UC

Diseño experimental: Bloques completos al azar, 4 repeticiones. Dosis siembra 160 kg/há a .25 m. entre hileras. Aplicación fertilizante al voleo. n = 32 observaciones.

Descripción del suelo: Suelo joven, poco evolucionado sedimentario, ligeramente ondulado, que descansa sobre substrato aluvial, permeable, texturas moderadamente finas en suelo y fina en subsuelo.

Perfil profundo, color pardo a pardo rojizo, buen drenaje, permeable, alta retención hídrica, plástico, adhesivo. Reacción moderadamente alcalina, algo de material calcáreo en capas superficiales. Bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno total. Moderado nivel de fósforo y potasio y alto de calcio, azufre y magnesio. Rotación: trébol - trigo - maíz.

1. Cuadrática

$$Y = 41.4469 + 2.399219N + 8.587921P - .192836N^2$$

(1.237278) (3.18542) (.141394)

$$- 1.475788P^2 - 7.417235NP$$

(.309780) (.477293)

$$R^2 = .7222$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 41.32157 - .722628N - 8.775749 + 44.41034N^{.5}$$

(1.37213) (4.77112) (3.85298)

$$+ 22.8643P^{.5} - .15206N^{.5}P^{.5}$$

(4.51479) (.39772)

$$R^2 = .7380$$

Se computó la regresión cuadrática eliminando el término N:

$$Y = 46.14467 + 9.33537P - 1.686189P^2$$

(1.26668) (.25225)

$$R^2 = .6520$$

Dosis óptima de fosfato y rendimiento esperado con diferentes razones de precios:

Pp/Py	Dosis Fosfato (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
1.0	2.47	58.92
1.4	2.35	58.76
1.6	2.29	58.68
2.4	2.05	58.20

El rendimiento físico máximo es de 59 qq/há y se obtiene con 2.77 qq/há de fosfato.

Experimento P₁ — Papas (variedad Ackersegen)

Localidad: Pirque

Año exp.: 1963-64 (Manzano grande) Depto. Edafología UC

Diseño experimental: Bloques completos al azar, con 8 repeticiones. Salitre sódico de 0 a 1600 kg/há combinado con 5 niveles de superfosfato y sulfato de potasio. n = 26 observaciones. Aproximadamente 50.000 plantas por há. Aplicación previa a la siembra, al voleo, rastrillado.

Descripción del suelo: Suelo poco evolucionado, desarrollado sobre estratificaciones aluviales mixtas de los ríos Maipo y Clarillo, Relieve casi plano. Textura moderadamente fina. Buen drenaje, permeable, buena retención de humedad, algo plástico y adhesivo, débilmente estructurado. Reacción moderadamente alcalina, regular contenido de materia orgánica y bajo de nitrógeno; alto en fósforo y potasio, calcio, magnesio y azufre. Rotación previa al ensayo: chacra - trigo asociado con leguminosa - pasto 2 años.

1. Cuadrática

$$Y = 22.3860 + 1.971981N + .599096P - .087915N^2$$

(.81918) (1.91210) (.05019)

$$- 5.100000P^2 + 2.00000NP$$

(395.073) (148.152)

$$R^2 = .6475$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 25.28084 - .014109N + 6.49366P + 2.46300N^{.5}$$

(1.0498) (9.8928) (4.24625)

$$- 5.78824P^{.5} - .20455N^{.5}P^{.5}$$

(13.0910) (.311654)

$$R^2 = .4563$$

Se recalculó la regresión cuadrática eliminando el término P:

$$Y = 23.9002 + 2.12175N - .078808N^2$$

(.809279) (.04401)

$$Y = \text{Ton/há, total calidades}$$

$$R^2 = .4002$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con diferentes razones de precios

Pn/Py	Dosis Salitre (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.5	10.29	373.89
.7	9.02	366.26
.9	7.75	356.11
1.2	5.85	336.16

El máximo rendimiento físico es 381.81 qq/há y se logra con 13.46 qq/há de salitre.

Experimento P_s — Papas (variedad Ackersergen)

Localidad: Pirque

Año exp.: 1963-64

(San Pablo) Depto. Edafología UC

Diseño experimental: Bloques completos al azar, con 8 repeticiones. Salitre sódico de 0 a 1600 kg/há combinado con 5 niveles de superfosfato triple. n = 60 observaciones. Aproximadamente 50.000 plantas por há. Aplicación previa a la siembra, al voleo, rastrillado.

Descripción del suelo: Suelo poco evolucionado sobre estratificaciones aluviales mixtas de los rías Maipo y Clarillo, de relieve casi plano, moderadamente profundo, textura media que se hacen progresivamente más gruesas en profundidad hasta alcanzar una estrata de arena gruesa. Suelo de buen drenaje, buena retención de humedad, algo plástico y adhesivo. Reacción moderadamente alcalina, regular contenido de materia orgánica y bajo en nitrógeno; alto en fósforo, potasio, calcio y azufre. Rotación anterior: chacra - trigo c/pasto - pasto - pasto.

1. Cuadrática

$$\bar{Y}_T = 243.48951 + 133.1931N + 127.0333P - 47.15007N^2$$

(38.78625) (92.9543) (21.9583)

$$- 142.4723P^2 + 81.9479NP$$

(138.568) (42.4276)

$$R^2 = .6303$$

2. Raíz cuadrada

$$\bar{Y}_T = 236.512 - 34.5258N - 61.8319P + 123.4088N^{.5}$$

(37.0963) (106.123) (44.7413)

$$+ 80.1408P^{.5} + 81.9479N^{.5}P^{.5}$$

$$(76.0248) \quad (41.3826)$$

$$R^2 = .648$$

Se recalculó la regresión cuadrática eliminando el término P:

$$Y_T = 260.2297 + .15777N - .000047N^2$$

$$(.04305) \quad (.000026)$$

$$R^2 = .4612$$

Dosis óptima y rendimiento esperado

Pn/Py (kg/qq)	Dosis salitre (qq/há)	Rendimiento (qq/há) (Total calidades)
.005	16.20	262.77
.007	15.99	262.74
.009	15.78	262.71
.012	15.46	262.66

El máximo rendimiento físico es 262.85 qq/há y se logra con 16.73 qq/há de salitre.

Y_T = incluye total calidades.

$$Y_I = 152.0930 + .16478N - .000050N^2$$

$$(.04246) \quad (.000025)$$

$$R^2 = .4857$$

Experimento P₉ - Papas (variedad Ackersergen)

Localidad: Pirque, Santiago.

Año exp.: 1964-65.

Fundo Lo Arcaya (Nogal).

Depto. Edafología UC.

Diseño experimental: Bloques completos al azar, con 8 repeticiones. Salitre sódico de 0 a 1600 kg/há combinado con 5 niveles de superfosfato y sulfato de potasio. n = 39 observaciones. Aproximadamente 50.000 plantas por há. Aplicación previa a la siembra, al voleo, rastrillado.

Descripción del suelo: Suelo poco evolucionado, desarrollado sobre estratificaciones aluviales mixtas de los ríos Maipo y Clarillo. Re-

lieve casi plano. Textura moderadamente finas. Buen drenaje, permeable, buena retención de humedad, algo plástico y adhesivo, débilmente estructurado. Reacción moderadamente alcalina; regular contenido de materia orgánica y bajo de nitrógeno; alto en fósforo y potasio, calcio, magnesio y azufre. Rotación previa al ensayo: chacra — trigo asociado con leguminosa — pasto 2 años.

1. Cuadrática

$$Y = 34.35963 + 25.8933N + 15.29031P$$

(7.5366) (21.39584)

$$- 9.00475N^2 - 33.3698P^2 + 16.8399NP$$

(3.5235) (26.7436) (9.8874)

$$R^2 = .6457$$

2. Raíz cuadrada

$$Y = 34.344963 - 11.5767N - 28.99681P + 28.3062N^{.5}$$

(9.12111) (25.2246) (12.8667)

$$+ 18.75899P^{.5} + 16.8827N^{.5}P^{.5}$$

(15.3978) (10.5633)

$$R^2 = .6298$$

Se recalculó la regresión cuadrática eliminando el término P:

$$Y = 34.3245 + .030365N - .000088N^2$$

(.008148) (.00000345) Y = ton/há

$$R^2 = .4235$$

Dosis óptima y rendimiento esperado con diferentes razones de precios:

Pn/Py	Dosis salitre (qq/há)	Rendimiento (qq/há)
.005	14.40	347.60
.007	13.27	347.25
.009	12.13	346.91
.012	10.43	346.40

El máximo rendimiento físico es 348.50 qq/há y se logra con 17.24 qq/há de salitre.

3. ANALISIS ECONOMICO

DE LA APLICACION DE FERTILIZANTES

AL CULTIVO DE LA PAPA EN LA SIERRA (*)

Richard C. Manning (**)

Introducción.

Este informe contiene los resultados de un análisis económico de la aplicación de fertilizantes en el cultivo de papa en la Sierra del Perú. El artículo consiste de una descripción del modelo agrónomo usado para estudiar las respuestas al uso del fertilizante (o función de producción) y una descripción de las fuentes de información. Luego se ha derivado la función del ingreso neto versus fertilizante aplicado y se presentan valores de aplicación del fertilizante que maximizan la utilidad para diversas situaciones de precio. Después de una explicación de las tasas de retorno promedio y retorno marginal, éstas son analizadas para diversas situaciones de precio, y finalmente se hacen las recomendaciones para el uso de fertilizantes junto con algunas notas sobre investigación adicional.

La Fuente de Producción.

La función de producción usada en este estudio, resulta de un análisis de regresión estadística de datos experimentales obtenidos por SIPA. Su derivación es descrita por Valverde *et al*¹. Su forma es como sigue:

$$Y = 5248 + 72.06N - .22 N^2 + 26.70 P - .15 P^2$$

(7.08) (.023) (11.3) (.064)

(*) Tal como se indica en el texto de este artículo, las informaciones básicas fueron proporcionadas y analizadas por el personal de SIPA destacado en la Estación Experimental de La Molina. Damos a ellos nuestro agradecimiento por su colaboración al darnos la oportunidad de tener acceso a los resultados de sus investigaciones, los cuales son la base del análisis económico que sigue.

(**) Profesor Visitante, Facultad de CC. SS., Universidad Agraria, Proyecto de la Universidad del Estado de Carolina del Norte.

(1) Carlos Valverde S., Félix Quevedo y Robert McCollum, "Respuesta de las papas al nitrógeno, fósforo y potasio en los Suelos de la Sierra Peruana". Anales del 1er. Congreso Panamericano de Conservación del Suelo. São Paulo, Brasil, Abril, 1966. En prensa.

$$\begin{array}{cccccc}
 + 40.40 K & - .28 K^2 & + .16 NP & + .079NK & + .12PK \\
 (11.2) & (.064) & (.040) & (.038) & (.052)
 \end{array}$$

Esta regresión estimada (tomando en cuenta otras variables de tiempo y ubicación), tenía un coeficiente de determinación múltiple (R^2) de C.47. Y representa los kilos de papa por hectárea y N, P y K los kilos de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea respectivamente². Los números entre paréntesis, son los errores standard del estimado.

Esta ecuación está en relación con las recomendaciones generales de Mason³ y se ajustó al método de los mínimos cuadrados. Las informaciones consistieron en 982 datos provenientes de 58 experimentos de tres factores (N, P, K) a dos o tres niveles. Los experimentos fueron conducidos por SIPA en cinco regiones de la Sierra Peruana. Casi todas las aplicaciones de los nutrientes fertilizadores fueron a niveles de 0,80 y 160 kilos, habiendo sólo 8 experimentos con N a nivel de 300 kilos. Desde que el objetivo de este informe es proporcionar recomendaciones generales sobre el nivel más provechoso de uso de fertilizantes se han tomado las cinco regiones de estudio como si fuesen homogéneas. Esto se hace principalmente por la falta de medios para conocer exactamente las diferencias de suelos y clima. Estas diferencias tienen influencia sobre el valor de las variables de ubicación y tiempo ya mencionadas⁴.

Las variedades incluídas en los experimentos fueron: Renacimiento, Casa Blanca y Mantaro. Todas son variedades mejoradas con potenciales de producción similares.

Derivación de la Función de Ingreso Neto.

Un nivel de aplicación del fertilizante será llamado óptimo si maximiza el ingreso neto bajo unas condiciones dadas de precio y costos.

- (2) A través del texto, "P" y "fósforo" se refieren al compuesto químico P_2O_5 y "K" y "potasio" se refieren a K_2O .
- (3) C 5 de E. L. Baum, E. O. Heady y John Backmore, *Procedimientos metodológicos en el Análisis Económico de los datos del Uso de Fertilizantes*. Iowa State College Press, Ames 1965.
- (4) Las variables de tiempo y ubicación fueron dadas de modo de elevar las constantes de acuerdo a cada año y región de donde proceden los datos. Así, para Huancayo en 1964 la constante es 5248 en la función de producción. Las diferencias constantes por región y por año son como sigue:

Regiones		Años
Puno	+ 6,106.84 (1,049.49)	1961 + 5,109.34 (629.84)
Cuzco	+ 3,880.64 (484.99)	1962 + 1,524.51 (500.87)
Huaraz	+ 2,133.74 (540.19)	1963 + 1,257.96 (506.33)
Otuzco	+ 14,396.57 (1,362.22)	Errores comunes en paréntesis

De manera general, el ingreso neto (IN) está dado por:

$$(1) \quad IN - IT - CT$$

donde IT es el ingreso total y CT el costo total. Además, el ingreso total puede expresarse como el producto del rendimiento por hectárea por el precio del producto al salir de la zona de producción:

$$(2) \quad IT = Y.Py$$

El costo total puede ser convenientemente descompuesto en aquellos costos fijos inevitables y que no varían con el nivel de fertilizantes (CF) y aquellos costos variables que dependen del nivel de fertilización (CV).

$$(3) \quad CT = CF + CV$$

Los costos variables son:

- i) El costo del fertilizante (C_f)
- ii) El costo de aplicación del fertilizante (C_a)
- iii) El costo de cosecha del incremento de producción (C_c)
- iv) El costo por el préstamo del capital necesario para financiar estos costos adicionales (CP)

Para los fines de este estudio se han tomado estos costos inevitables iguales a los hallados por Coffey para granjas de la Sierra en el Departamento del Cuzco bajo condiciones culturales que él describe como "tradicionales"⁵.

Estos costos y requerimientos están basados en prácticas hechas sin el uso de fertilizantes y teniendo una producción promedio de 5,300 Kg/ha. Esta situación está de acuerdo con las implicaciones de la presente función de producción que indican una producción de 5,248 Kg. por Há., sin uso de fertilizantes.

Aplicando un costo por hora de S/. 3.— por mano de obra y S/. 15.— por hora/yunta de bueyes, el costo de producción cambia a S/. 6,330.— por Há. Si la campaña de producción es de 7 meses y el costo del uso del capital es de 1 % mensual, esto aumenta el costo a S/. 6,773/Há.

Estos costos fijos, no tendrán importancia en la determinación del nivel de fertilización óptimo sino solamente en la estimación del ingreso. Es de notarse que con esta estructura de costos, los métodos tradicionales serán aceptables solamente a un precio de la papa (en la granja) de S/ 1.35 por kilo o más.

(5) Joseph D. Coffey. Estimated Costs, Yield and Resources Requirements for Crops and livestock for the Cuzco Sierra Region of Peru, North Carolina State University, Universidad Agraria. Review Draft (Mimeo) 1965.

Luego tenemos la especificación funcional de los costos variables. De acuerdo a las informaciones proporcionadas por el personal del SIPA de la Estación Experimental de La Molina, los precios en Lima para los componentes del fertilizante (N, P, K) son de S/. 10, S/. 7 y S/. 5 respectivamente. Sin embargo en el Cuadro 1 se dan 3 variaciones de esta situación de precios. Estas variaciones se obtienen por un alza o baja en los precio del 20 %.

CUADRO I
Tres variaciones en el precio de los componentes

Componentes	Precios (Soles por Kilo)		
	Bajo	Normal	Alto
N	8	10	12
P	5.6	7	8.4
K	4.8	5	6

De acuerdo con los precios actuales y su rango de variación según el tipo de papa, será útil examinar las implicaciones de esta variación de precios entre S/. 1.00 y S/. 1.50. Utilizando el punto medio como un tercer nivel adecuado, nosotros tenemos 9 situaciones de precios: cada uno de los tres precios de la papa en combinación con las tres situaciones de precio de los insumos del Cuadro 1. Usando P_x para representar un precio asumido del componente X nosotros tenemos:

$$(4) \quad C_f - NP_n + PP_p + KP_k$$

Los costos de aplicación del fertilizante se han obtenido del estudio de Coffey para el Cuzco. El asumió que tomaría 8 horas a un hombre para aplicar sobre una hectárea una mezcla de fertilizante consistente de 50 Kg. de N, 50 Kg. de P, y 40 Kg. de K. No tomando en cuenta las diferencias entre las relaciones de nutrientes a peso del material (potencia nutritiva), para cada uno de los componentes del fertilizante, nosotros podemos usar la relación de 140 Kg. de nutriente esparcido en 8 horas como una guía. Con costos de trabajo de S/. 3.— por hora, esto da lugar a:

$$(5) \quad C_a = \frac{(3) \quad (8) \quad (N + P + K)}{140}$$

$$= .1714 (N + P + K)$$

Los costos de cosecha aumentan de dos maneras. Primeramente un gran aumento en el rendimiento de papas por planta requerirá más tiempo para cavar, recoger, seleccionar y transportar. En segundo lugar, sacos adicionales serán necesarios para empaquetar el incremento de producción. Los detalles pertinentes los obtenemos una vez más de Coffey. Un hombre puede cosechar 34 Kgs. de papas por hora y un saco con capacidad para 80 kilos cuesta S/. 14.— Como el costo de trabajo es S/. 3.— por hora, tenemos:

$$(6) \quad Cc = \frac{3 (Y - 5,248)}{34} + \frac{14 (Y - 5,248)}{80}$$

$$Cc = .263 (Y - 5,248)$$

El valor 5,248 es el término constante en la función de producción.

El último costo adicional que se ha considerado es el del préstamo de capital necesario para cubrir los gastos extras. El Plan Costa ha sido el prototipo de programa de crédito para el Perú y puede anticiparse que el capital estará disponible en el Plan Siera bajo más o menos las mismas condiciones. Al inicio de la estación de cultivos se hace un adelanto de todos los gastos y éstos son pagados en la época de cosecha. Sobre esta base y considerando un cobro de interés del 1 % mensual, necesitamos aumentar todos los gastos adicionales en un 7 % para cubrir los intereses.

Luego podemos reexpresar (3) de esta manera:

$$(7) \quad CT = CF + 1.07 (Cf + Ca + Cc)$$

Podemos ahora deducir la función del ingreso neto maximizado:

$$\begin{aligned} (8) \quad IN &= IT - CT \\ &= YPy - 6773 - 1.07 N.Pn + P.Pp \\ &\quad + .1714 (N + P + K) - .263 (Y - 5,248) \\ &= Y (Py - .281) - N 1.07 (Pn + .1714) - 5,298 \\ &\quad - P 1.07 (Pp + .1714) \\ &\quad - K 1.07 (Pk + .1714) \end{aligned}$$

Para obtener un valor máximo en (8), son necesarias las siguientes condiciones:

$$(9) \quad \frac{\partial IN}{\partial N} = \frac{\partial IN}{\partial P} = \frac{\partial IN}{\partial K} = 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = \frac{1.07 (P_n + .1714)}{(P_y - .281)}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = \frac{1.07 (P_p + .1714)}{(P_y - .281)}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = \frac{1.07 (P_k + .281)}{(P_y - .281)}$$

Lo cual nos da ecuaciones en tres variables N, P y K en cada juego de precios.

Resolviendo estas ecuaciones, obtenemos las soluciones indicadas en el Cuadro 2. La similitud entre las cantidades indicadas para nitrógeno y fósforo sugieren una simplificación apreciable de las prácticas recomendadas. La relación entre las necesidades de potasio y nitrógeno (o fósforo) es 0.58. En vista de que hay poca dispersión alrededor de este valor, nos parece útil establecer lo siguiente:

Bajo un amplio rango de precios de insumos y productos, el ingreso neto será maximizado con un fertilizante NPK con la proporción:

1.0 : 1.0 : 0.6 para N, P, K.

Asumiendo estas proporciones constantes para los insumos N, P y K, podemos ahora simplificar la función de producción como sigue:

$$(10) \quad Y = 5248 + 123N - .1914 N^2$$

donde todos los nutrientes son expresados como proporción de N. La ecuación (10) proporciona valores del nivel de nitrógeno necesario para alcanzar un rendimiento por hectárea dado. Asociado a cada kilogramo de nitrógeno debe haber 1 kg. de fósforo y 600 gramos de potasio.

Tasas Relativas de Retorno.

Con el objeto de tener una base para la comparación del fertilizante adicional con alternativas en la producción (alquiler de más tierra, ampliación de la irrigación, cambio de cultivos, etc.), será útil examinar los retornos marginales causados por mejoras en la administración o por insumos residuales.

Estos retornos representan un aumento en el ingreso neto. Con el objeto de hacer éstos más fácilmente comparables con los retornos

CUADRO 2

Niveles de fertilización para el máximo ingreso neto esperado, kilos por hectárea

Precio del fertilizante Soles por kilo	Precios bajos de fertilizante			Precios normales de fertilizante			Precios altos de fertilizante		
	$P_n = 8$	$P_p = 5.6$	$P_k = 4.8$	$P_n = 10$	$P_p = 5.6$	$P_k = 4.8$	$P_n = 12$	$P_p = 8.4$	$P_k = 6$
Precio de las papas	1.0	1.25	1.5	1.0	1.25	1.5	1.0	1.25	1.5
Soles por kilo	256.75	272.96	282.52	242.77	262.58	274.25	241.78	261.85	273.67
Optimo N	257.43	277.46	289.26	240.59	264.96	279.31	257.63	277.61	289.36
Optimo P	150.32	160.31	166.19	144.20	155.70	162.58	141.87	154.04	161.20

obtenidos por otras alternativas, los retornos pueden ser expresados como un porcentaje de los costos involucrados. Sin embargo, los productores deben estar interesados no solamente con el porcentaje de retorno promedio, sino también con los retornos marginales.

Ellos necesitan observar la tasa de retorno por cada sol gastado en fertilizante. Ellos necesitan detener el gasto en fertilizante tan pronto como este retorno marginal sea menor que el retorno marginal del primer sol gastado en cualquiera otra alternativa en la granja.

En la construcción de la función de costo total, se incluyó solamente el costo vigente de interés. Dada la naturaleza de los nuevos gastos, uno puede desear añadir un retorno necesario para cubrir los riesgos y la administración adicional adjunta al programa de fertilización. Así es posible que un retorno neto de menos del 15 % puede ser inaceptable (10 % por administración y 5 % por riesgos). No hay un método simple para tasar un nivel real para estos retornos pero este concepto no debería ser perdido de vista en el proceso de determinación de recomendaciones para fertilización. La ecuación (11) proporcionará la derivación del retorno marginal que será utilizado en este estudio:

$$(11) \quad r_m = \frac{dY \cdot P_y}{dCV} - 1$$

donde dY es la diferencial de Y en la ecuación (10); r_m se obtiene como un decimal, así, si se obtiene un valor de $r_m = 0.25$ esto significa 25 % de retorno.

En forma similar, los retornos promedios se definen en (12) como r_p :

$$(12) \quad r_p = \frac{IT}{CT} - 1$$

La sustitución de la función de producción simplificada (10) en las ecuaciones (11) y (12) da lugar a las relaciones indicadas en el Cuadro 3 para los principales precios de productos y precios de insumos, que tienen lugar en Lima. El precio del producto cambia sustancialmente el retorno, pero las diferencias en el precio de los insumos tienen escasa importancia. Se verá además, que el precio del producto tiene un efecto pequeño en las recomendaciones finales.

El Cuadro 3 indica que para todos los precios del producto, el máximo retorno promedio se obtendrá cuando se aplica alrededor de 200 kg. de nitrógeno. Si bien es cierto que el retorno neto esperado tendrá un máximo para $r_m = 0$, también es importante tomar en cuenta que variaciones de clima y fluctuación en el precio pueden

añadir un elemento de riesgo a la empresa. La figura 1 ilustra las relaciones del Cuadro 3 para un precio de la papa de S/. 1. Entre los valores de 160 y 220 kilos de nitrógeno, el retorno neto total aumenta a 855 soles por hectárea, la tasa promedio de retorno sobre los costos permanece más o menos constante y el retorno sobre el último sol gastado desciende de 57 % a 18 %.

Parece improbable que hubiera otra alternativa que proporcione retornos del 57 %. Así este retorno, deducidos todos los costos, aparecería como un retorno muy provechoso a la administración y aun permitiría un amplio margen para riesgos.

Como se puede ver en el Cuadro 3, las mismas conclusiones se aplican con precios de la papa más elevados, excepto que las tasas de retorno son más altas cuando el precio es más alto. Sin embargo, la ubicación del rango de costo mínimo no es afectada.

CUADRO 3

Retorno promedio y marginal al uso de la mezcla de fertilizante consistente en 1 kilo de nitrógeno y fósforo y .6 kilos de potasio

		PRECIOS DE LA PAPA					
N	Costos agregados/Há. (b) Soles	S/. 1		S/. 1.25		S/. 1.50	
		r_m	r_a	r_m	r_a	r_m	r_a
20	1,108	1.12	(c)	1.65	.21	2.18	.45
40	2,174	1.06	.10	1.58	.38	2.09	.65
60	3,196	1.00	.20	1.50	.50	2.00	.80
80	4,175	.93	.27	1.41	.58	1.90	.90
100	5,111	.85	.32	1.31	.64	1.78	.97
120	6,003	.77	.35	1.21	.69	1.66	1.03
140	6,854	.68	.37	1.10	.72	1.52	1.06
160	7,660	.57	.39	.96	.73	1.35	1.08
180	8,424	.46	.39	.83	.74	1.19	1.09
200	9,144	.33	.39	.67	.74	1.00	1.09
220	9,821	.18	.39	.48	.74	.77	1.08
240	10,455	.02	.37	.28	.72	.53	1.07
260	11,046	(c)	.36	.03	.70	.24	1.04
270	11,325	(c)	.35	(c)	.69	.07	1.03

(a) N = 100 implica P=100, K=60, etc., en donde éstos son kilos por hectárea.

(b) Los retornos han sido computados con los siguientes precios básicos: N a S/. 10; P a S/. 7; K a S/. 5.

(c) Negativo.

Aplicaciones Recomendadas.

Conservadorismos y una relativa falta de confianza en los alcances de la función de producción (debido a la existencia de relativamente pocas observaciones) conducirían a la recomendación básica que los productores de papa en la Sierra deberían usar por lo menos 160 kg. de nitrógeno, 160 kg. de fósforo y 96 kg. de potasio por hectárea. El capital extra que necesitaría ser prestado para cubrir todos los costos sería S/. 7,159 por hectárea y el retorno adicional sobre cultivos sin fertilizante sería S/. 7,1200 por hectárea, después de pagarse todos los gastos incluyendo el interés sobre el capital adicional.

Donde el crédito es limitado, una combinación del fertilizante de 1.0:1.0 : 0.6 debería ser aplicada al límite del crédito disponible, mientras subsistan por lo menos 30:30:18 tasa por hectárea. El caso de producción sin uso de fertilizantes no parece que sea provechoso, al menos que sea un precio de S/. 1,35 para el producto y que los costos del trabajo sean computados por debajo de S/. 3 la hora.

Investigación Posterior

El siguiente paso en la investigación desde un punto de vista agronómico debe ser la experimentación con altas tasas de aplicación sobre una base más amplia. Algunos ensayos comparativos con diferentes tipos de semilla, proporcionaría un puente desde este trabajo a las respuestas asociadas con variedades.

Con tal evidencia a favor de la aplicación de fertilizante, se han dado algunas hipótesis para explicar su poco uso. Hasta cierto punto, son pertinentes el amplio alcance de las comunmente aceptadas barreras sociológicas al uso de un insumo relativamente nuevo (para la Sierra). Más tangible es la falta actual de un programa de crédito

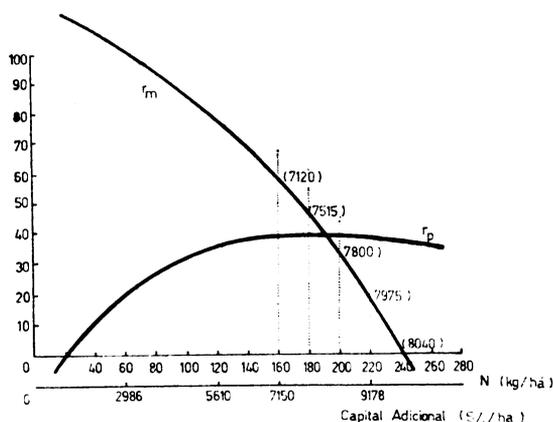


FIG. 1.—Gráfico del cuadro 3 para precio de papas de S/. 1. Figuras en paréntesis son ingresos netos adicionales.

agrícola similar al Plan Costa bajo el cual el uso del fertilizante ha florecido en la Costa Peruana. Desde el punto de vista de preferencias del consumidor, aún no hay evidencia que indique que las papas fertilizadas son inferiores a las otras. Sin embargo, las pruebas de fertilizante se hicieron en variedades mejoradas, las cuales son, generalmente más grandes que los tipos nativos. Las informaciones agronómicas preliminares⁶ indican que la fertilización produce más papas de todos los tamaños y no aumenta significativamente la proporción de papas grandes.

Debido a la tradición de consumir papas pequeñas, una parte de la variedad mejorada puede estar encarando una demanda muy elástica. Esta investigación debe ser confirmada por investigaciones posteriores y establecerse un precio conservador para la papa. El precio de S/. 1 por kilo parece ser una medida bastante adecuada para esta posibilidad.

(6) Datos de experimentación sin publicar, midiendo los porcentajes de las papas de Grado 1. Estación Experimental Agrícola, SIPA, La Molina, Lima.

4. ANÁLISE SUSCINTA DE UM GRUPO DE EXPERIMENTOS DE ADUBAÇÃO DE FEIJOEIRO

Eng. Agr. Armando Conagin ()*

INTRODUÇÃO

O feijão e o arroz são dois dos alimentos tradicionais consumidos com maior constância pelo povo brasileiro.

A produtividade da cultura do feijão tem decrescido constantemente no Estado de São Paulo a área plantada, entretanto, tem aumentado. Os dados mostram que, de 186.000 hectares cultivados em média, no quinquênio 1942/43 - 1946/47 (exibindo uma produtividade de 14,4 sacas de 60 kg. por hectare), chegou-se depois de quinze anos a uma área média cultivada no quinquênio 1957/58 - 1961/62, de 319.000 hectares, a produtividade tendo decrescido para 6,8 sacas por hectare; esse valor é muito baixo em relação ao de outros países, sendo menos da metade da produtividade antiga, a mesma pode, entretanto, ser bem melhorada pela utilização seja de melhores variedades, de práticas culturais adequadas, através de melhoria das condições de fertilidade dos solos pela prática da adubação e calagem 9 (que garantem uma nutrição adequada às plantas), pelo plantio de sementes sadias de feijão, pelo plantio em áreas ecológicamente adequadas, etc. (B).

Dos vários estudos conduzidos no Instituto Agrônomo de Campinas, os estudos de adubação, calagem, época e modo de aplicação dos fertilizantes, podem ter, desde já, aplicação em grande escala.

A escassês de feijão à mesa os preços altos atingidos em certas épocas, como sucedeu há pouco (há pouco mais de um mês o feijão era vendido a Cr\$ 900 o quilo para os consumidores), representam, sem dúvida, fatores emocionais que contribuem para a intraquilidade social.

Vão ser relatados, por isso, alguns resultados que mostram o que se pode conseguir no setor de aumento da produtividade pelo uso adequado e econômico da adubação, na cultura do feijoeiro.

Material e Método — Durante os anos de 1960/61 e 1961/62 foram executados nos diferentes solos do Estado de São Paulo experimentos

(*) Director de Divisão de Agronomia, Instituto Agrônomo de Campinas, S. P., Brasil.

fatoriais 3x3x3 em que as dosagens de N foram 0,30 e 60 kg/há, as de P₂O₅ de 0,60 e 120 kg/há e as de K₂O de 0,45 e 90 kg/há. Além dos 27 tratamentos foram incluídos alguns tratamentos extras para avaliar o efeito de micronutrientes.

Foram executados 7 experimentos com o feijoeiro em arenito Bauru, 24 experimentos em solos terra roxa, 22 experimentos em solos glacial, 12 experimentos em solos massapé - salmourão e 2 experimentos em terra turfosa.

Os resultados médios para os grandes grupos de solos em kg/há para os níveis de N, P₂O₅ e K₂O foram os seguintes: (B)

Tratamentos	Arenito de Bauru kg/há	Terra r \hat{o} xa mist. kg/há	Glacial kg/há	Massapé-salmourão kg/há	Terra turfosa kg/há
N ₀	795	897	760	1111	1183
N ₁	972	987	803	1144	1239
N ₂	1007	1143	840	1161	1155
P ₀	612	781	688	983	848
P ₁	976	1111	830	1166	1322
P ₂	1186	1135	890	1314	1413
K ₀	945	1026	791	1145	1257
K ₁	940	976	795	1160	1183
K ₂	889	985	814	1100	1139
OOO	439	693	51	879	720
N ₂ P ₂ K ₂	1231	1222	943	1409	1320
N ₂ P ₂ K ₂ + Enx + Mi	1253	1106	931	1449	1600

Como primeira aproximação para a solução do problema da adubação que torne possível sua adoção (com lucro para o agricultor e elevação da produção), foi calculada uma função do segundo grau passando pelos pontos médios correspondentes às doses N₀, N₁, N₂ nas condições médias dos outros fatores o mesmo foi feito para P e K.

De posse da função foi possível determinar-se a dosagem mais econômica (consideradas as particularidades do momento). O modelo adotado nessa primeira aproximação admite a não existência de interações entre os vários fatores, sendo, por isso útil nos casos em que as interações são de pequena monta.

Grupos de experimentos tem sido analisados em outros países através do uso de polinômios do segundo grau. "O exame de um grande grupo de dados experimentais na Índia (Abraham e Rao, 1964) mostraram que polinômios do segundo grau proporcionam soluções bastante satisfatórias para a relação entre a resposta obtida e os níveis de nutrientes empregados." (C).

Os estudos da resposta para nitrogênio e fósforo em centenas de experimentos simples com a cultura do arroz, foram efetuados e os resultados (agrupados por Estados), publicados. Os experimentos depois de analisados tiveram as respostas expressas em bases comuns (no mesmo nível para cada fator) visando propiciar recomendações que tornassem máximos os aumentos a serem esperados quando o maior número possível de lavradores, utilizassem as fórmulas preconizadas.

Essas fórmulas foram calculadas de forma a servirem de base para programações do uso de fertilizantes em escala nacional, e representavam em média dosagens inferiores às que, em certos casos, proporcionariam o lucro máximo: as mesmas visam propiciar maior produção global à Nação (face à limitação da quantidade de fertilizante disponível e à necessidade de produzir a maior quantidade possível de alimentos) (C).

No presente estudo procurou-se agrupar os resultados obtidos de acôrdo com os grandes grupos de solos, pois as variações climáticas existentes no Estado se harmonizam razoavelmente com os mesmos no futuro, estudos mais detalhados deverão ser efetuados, nos quais serão pesquisadas as relações entre os resultados das análises de solo e as respostas obtidas com os fertilizantes empregando modelos mais completos (incluindo interações entre dois fatores).

É evidente que as conclusões obtidas através da análise econômica efetuada com os resultados médios proporcionarão em média boas estimativas; o processo tem a vantagem de ser simples e rápido; é por isso mesmo, menos preciso.

Admite-se a passagem de um polinômio de tipo

$Y^* = c + sx + tx^2$ onde, pela equidistância entre as doses:

$$Y^*_0 = c$$

$$Y^*_1 = c + s + t$$

$$Y^*_2 = c + 2s + 4t$$

A solução do problema leva à obtenção das estimativas:

$$C = Y^*_0$$

$$t = x \frac{1}{x(1-x)} [Y^*_0 (1-x) + Y^*_1 x - Y^*_2]$$

$$s = -t + Y^*_1 - Y^*_0$$

Determinados os coeficientes, deve-se calcular a dosagem que proporciona o lucro máximo, pela fórmula:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = 2tx + s = \frac{PX}{PY} = r$$

O valor que satisfaz a equação representa a dosagem que proporciona o maior lucro.

$$X_m = \frac{r - s}{2t} \quad (A)$$

Análise dos resultados. — Estimando que o saco de 60 quilos de feijão venha a ser vendido pelo lavrador por Cr\$ 15.000 (situação atual) e que o preço dos fertilizantes a serem aplicados venha a ser de Cr\$ 140.000 e de Cr\$ 150.000 a tonelada de cloreto de potássio, teremos:

Série Arenito de Bauru

Para Nitrogênio

$$Y_0 = 795 = c; \quad X = 0, 1, 2$$

$$t = \frac{1}{2(1-2)} \quad [795(1-2) + 792(2) - 1.007] = -71$$

$$s = -(-71) + 972 - 795 = 248$$

$$Y^*_1 = 795 + 248 X_1 - 71 X_1^2$$

$$r = \frac{PX_1}{PY_1} = \frac{150 \times 140}{\text{Cr\$ } 15.000 + 60} = 84$$

$$\frac{\partial Y_1}{\partial X_1} - 248 - 142 X_1 = 84 \quad \therefore X_M = 1.15$$

Para Fósforo

$$Y^*_0 = 612 = c$$

$$t = \frac{1}{2(1-2)} [612(1-2) + 976(2) - 1186] = -77$$

$$s = -(-77) + 976 - 612 = 44$$

$$Y^*_2 = 612 + 441 X_2 - 77 X_2^2$$

$$r = \frac{PX_2}{PY_2} = \frac{300 \times 100}{\text{Cr\$ } 15.000 + 60} = 120$$

$$\frac{r}{\partial X_2} = \frac{\partial Y_2}{\partial X_2} = 441 - 154 X_2 = 120 \therefore X_m = 2.08$$

Para Potássio

$$Y^*_0 = 945 = c$$

$$t = \frac{1}{2(1-2)} [945(1-2) + 940(2) - 889] = -23$$

$$s = -(-23) + 940 - 945 = 18$$

$$Y^*_3 = 945 + 18 X_3 - 23 X_3^2$$

$$r = \frac{PX_3}{PY_3} = \frac{90 \times 150}{\text{Cr\$ } 150.000 + 60} = 54$$

$$\frac{r}{\partial X_3} = \frac{\partial Y_3}{\partial X_3} = 18 - 46 X_3 = 54$$

$$\partial X_3$$

$$\boxed{X_3 = -0.78}$$

De forma semelhante foram calculados os polinômios e determinadas as dosagens que proporcionam lucro máximo.

Um resumo dos resultados é o que segue:

	Arenito de Bauru	Terra r6xa mist.	Glacial	Massap6-salmour6o	Terra turfosa
N	1.15	0,40	-6,3*	-2.68*	0,30
P ₂ O ₅	2.08	1,18	0,77	2.30	1,42
K ₂ O	-0,78	1,84	3,83*	-0.02*	-3.76*

Nota: Os valores com asterisco (*) n6o v6o ser considerados na f6rmula da aduba76o por representarem solu76o fora do campo real ou ainda representarem prejuizo em vez de lucro

Admitindo rela76es para $\frac{PN}{PY}$ de 124, 104, 84, 64, 44 para $\frac{PP}{PY}$

160, 140, 120, 100, 80 e considerando que o pot6ssio n6o reagiu ou foi deficit6rio, ter-se-iam as seguintes f6rmulas, as quais s6o apropriadas para uma amplitude bem larga de valores para a rela76o $PX \div PY$ que cobrem boa parte das situa76es poss6veis, no futuro:

	PX \div PY	Arenito de Bauru	Terra r6xa mist.	Glacial	Massap6-salmour6o	Terra turfosa
N	124	0,87	1,02	—	—	0,01
	104	1,01	0,71	—	—	0,16
	84	1,15	0,40	—	—	0,30
	64	1,30	0,11	—	—	0,44
	44	1,44	—	—	—	0,59
P ₂ O ₅	160	1,82	1,06	0,28	1,15	1,32
	140	1,95	1,12	0,52	1,72	1,37
	120	2,08	1,18	0,77	2,30	1,42
	100	2,21	1,25	1,01	2,87	1,48
	80	2,34	1,31	1,26	3,40	1,53

C6lculo do Lucro Obtido atrav6s das Aduba76es — O quadro a seguir possibilita avaliar-se o lucro o a rentabilidade do capital utilizado.

	Arenito de Bauru	Terra r6xa mist.	Glacial	Massap6-salmour6o	Terra turfosa
Dose do adubo	1,5 N + 2,08P ₂ O ₅	0,40 N + 1,18 P ₂ O ₅	0 N + 0,77P ₂ O ₅	0 N + 2,30 P ₂ O ₅	0,3 N + 1,42 P ₂ O ₅
Aumento de produ76o kg/h6	77,5	385,0	116,6	368,4	589,7
Valor Cr\$	193.875	96.250	29.150	92.100	147.425
Despesas Cr\$	87.000	43.800	23.100	69.000	48.900
Lucro Cr\$	106.875	52.450	6.050	23.100	98.525
Rentabilidade do Capital	122,8%	119,7%	26,2%	33,5%	201,5%
Dose 2 dos adubos	2,0 N + 2,0 P ₂ O ₅	2,0 N + 2,0 P ₂ O ₅	2,0 N + 2,0 P ₂ O ₅	2,0 N + 2,0 P ₂ O ₅	2,0 N + 2,0 P ₂ O ₅
Aumento de produ76o kg/h6	786,0	600,0	282,0	381,0	536,0
Valor Cr\$	196.500	150.000	70.500	95.250	134.000
Despesas Cr\$	102.000	102.000	102.000	102.000	102.000
Lucro Cr\$	94.500	48.000	-31.500	-6.750	32.000
Rentabilidade de Capital	92,6%	47,1%			31,4%

Nota: Cada d6lar vale Cr\$ 2.200 (dois mil e duzentos cruzeiros).

Essa avalia76o foi obtida atrav6s do c6lculo do aumento da produ76o correspondente 6 aduba76o adotada a qual pode ser calculada pela f6rmula:

$$\text{aumento pela aduba76o} = s' x_1 + t' x_1^2 + s'' x_2 + t'' x_2^2$$

No caso da aduba76o 1,15 N + 2,08 P₂O₅ considerada como a produtora do maior lucro para o arenito, nas presentes condi76es (correspondente a 35 kg N/h6 e 125 kg P₂O₅/h6 ou 175 kg sulfato de am6nio e 625 kg de superfosfato simples), o aumento a ser esperado seria:

$$\begin{aligned} \text{aumento} &= 248(1,15) - 71(1,15)^2 + 441(2,08) - 77(2,08)^2 \\ &= 775,5 \text{ kg/h6.} \end{aligned}$$

Calculado o aumento e sabendo-se o pre76o atual do feij6o e as despesas com adubo, os demais c6lculos s6o bastante simples, os resultados encontrando-se no quadro supra referido.

Considerou-se no c6lculo a f6rmula que proporcionaria o maior lucro por capital empregado (em fertilizante) e ainda um caso de

adubação forte em N e P, no nível 2; não foram analisados os casos sem adubação pois o interesse agrônomo é conseguir uma evolução da cultura de forma a garantir maiores abastecimentos do produto (face à sua importância social). No caso dos valores se alterarem, a tabela possibilita a obtenção das fórmulas que levam às soluções desejadas.

CONCLUSÕES

De acordo com os preços atuais as adubações deveriam, aproximadamente, ser de 35 kg N/há e 125 kg P_2O_5 /há para os solos do arenito, 12 kg N/há e 71 kg P_2O_5 /há para os solos de terra rixa misturada, de 46 kg P_2O_5 /há, exclusivamente, em solo glacial, de 138,0 kg P_2O_5 /há para os solos massapé-salmourão e 9 kg N/há e 85 kg/há de P_2O_5 para solos turfosos.

Os resultados obtidos com as restrições devidas ao agrupamento único efetuado no grande grupo de solos do Estado de São Paulo e pelo uso do modelo estatístico simplificado (que não considera as interações, homogeneidade das variâncias etc.) pode ser aceito como uma primeira aproximação para adoção de uma política de adubação, até que se obtenham agrupamentos de experimentos dentro dos grupos de solos, mais de acordo com os índices de fertilidade (ainda a serem obtidos para a cultura).

A utilização da análise química do solo poderá esclarecer certas discrepâncias e levar à necessidade de efetuar-se agrupamentos mais homogêneos que possibilitarão inferir-se no futuro pelo tipo de solo a que pertencem e pela análise química, a provável resposta a ser obtida, possibilitando, ainda, a adoção da adubação adequada, racional e econômica.

LITERATURA CONSULTADA

- A. Malicornet, H. et Lacaille, R. — *Interprétations économiques des essais d'engrais* — Services Agronomiques de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace.
- B. Miyasaka Shiro — *Clima e Solo para o Feijoeiro* — Mimeografado — Instituto Agrônomo de Campinas.
- C. Statistics Advisory Committee — *Statistics of Crop Responses to Fertilizers* FAO, Second Session — Rome, Italy. 1965

5. INTERPRETAÇÃO ECONÔMICA DE UM GRUPO DE 32 ENSAIOS FATORIAIS 3 × 3 × 3 DE MILHO EM QUE SE COMPARAM ESPAÇAMENTOS, VARIEDADES E EDUBAÇÕES

Eng. Agr. Armando Conagin ()*

INTRODUÇÃO

Os resultados experimentais, para serem levados aos lavradores em grande escala, necessitam que as normas técnicas obtidas através da experimentação sejam aplicáveis e redundem em aumento de produtividade, devendo, ainda, proporcionar maior lucro ao agricultor.

Discute-se, no caso, a análise conjunta de 32 ensaios fatoriais realizados em diferentes localidades do Estado de São Paulo - Brasil, no ano 1959/60, em que 3 espaçamentos (40, 30 e 20 cm. entre plantas na linha), 3 variedades (Cateto - variedade primitiva, Asteca - variedade em distribuição e H 6999 - híbrido em distribuição) são comparadas nos níveis, 0, 1 e 2 de adubação (25 — 68 — 22,5 de N.P₂O₅ e K₂O, para a primeira dose).

MATERIAL E MÉTODO

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial por proporcionar o estudo de vários fatores em vários níveis, o qual possibilita avaliar os efeitos principais, as interações e sua significância estatística o mesmo possibilita ainda, a obtenção de uma função polinomial que representa a superfície da resposta aos tratamentos empregados. Torna-se então possível efetuar-se uma interpretação econômica dos resultados experimentais em função dos preços dos fatores de produção (inputs) e do preço do produto agrícola (output) (B).

RESULTADOS OBTIDOS

Os 32 experimentos cobriram, praticamente, as áreas mais importantes de cultivo do milho no Estado de São Paulo. (D)

(*) Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, Brasil.

As produções médias em quilos por hectare, de grãos para os 27 tratamentos, foram as seguintes:

Cultivares	40 x 100			30 x 100			20 x 100		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Cateto	2158	3049	3359	2354	3050	3575	2451	3526	3613
Asteca	2622	3297	3590	2942	3719	3953	3298	4091	4633
H 6999	2880	4090	4331	3194	4407	4429	3577	4690	5395

Fonte: *Bragantia* - Vol. 22, Nº 18, 1963, Pg. 230.

Os resultados representam uma média de 12 ensaios em solos do granito Bauru, 8 em Terra Rôxa, 8 em Massapé e Salmourão e 4 em solos do Terciário e do Glacial.

O modelo matemático utilizado foi o seguinte:

$$Y = B_0X_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3$$

Para facilitar a obtenção de estimativas independentes usou-se a transformação:

$$Y = B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + B_{12}x_1x_2 + B_{13}x_1x_3 + B_{23}x_2x_3 + \eta_0x_0 + B_{11}(x_1^2 - 2/3) + B_{22}(x_2^2 - 2/3) + B_{33}(x_3^2 - 2/3)$$

como sugerido por Davies (A).

A equação obtida pelo método dos quadrados mínimos foi:

$$(1) Y^* = 3.733,889 + 564,333 x_1 + 327,667 x_2 + 650,111 x_3 + 111,417 x_1x_2 + 101,667 x_1x_3 + 57,917 x_2x_3 + 7,667 x_1^2 + 44,667 x_2^2 - 288,000 x_3^2$$

Admitindo que o preço a ser pago pelos fertilizantes venha a ser de Cr\$ 140.000 a tonelada de sulfato de amônio, de Cr\$ 100.000 a tonelada de superfosfato e de Cr\$ 150.000 a tonelada de cloreto de potássio, a adubação utilizada na dose 1 vem a custar Cr\$ 57.500; esta é uma situação válida para o momento, podendo vir a ser alterada no futuro. O preço do milho recebido pelo lavrador é, atualmente, de Cr\$ 60 o quilo. O preço das sementes de milho a serem vendidas pela Secretaria no próximo ano, é de Cr\$ 13.500 por saca de 50 quilos para o híbrido, Cr\$ 8.500 para a variedade e Cr\$ 3.500

para o Cateto. A quantidade de sementes gastas é de 10 quilos/hectare para o espaçamento de 40 cm., 15 para o de 30 o 20 quilos/hectare para o espaçamento de 20 cm.

O custo de substituição pelo lavrador da semente de Cateto pela Asteca é de $(\text{Cr\$ } 8.500 - \text{Cr\$ } 3.500 \div 2,42) = \text{Cr\$ } 2.000$, o mesmo sucedendo, para a mudança da Asteca pelo Híbrido.

A mudança de espaçamento de 40 para 30 centímetros necessita de 5 quilos de sementes a qual, para o híbrido, custará 15-10 $(\text{Cr\$ } 13.500 \div 50) = \text{Cr\$ } 1.350$; êsse preço será de Cr\$ 850 para a Asteca e de Cr\$ 350 para a Cateto. Lembramos que o dólar americano custa no momento dois mil e duzentos cruzeiros (Cr\$ 2.200).

A mesma equação apresentada em (1) em termos de desvios da média x_1 , pode ser convertida na variável original, fazendo-se $x_1 = x_1 - 1$.

A equação (1) nas variáveis originais torna-se então:

$$(2) \quad Y^* = 2.227.113 + 335.915 X_1 + 68.999 X_2 + 1.066.527 X_3 \\ + 111.417 X_1 X_2 + 101.667 X_1 X_3 + 57.917 X_2 X_3 + 7.607 X_1^2 \\ \pm 44.667 X_2^2 - 288.000 X_3^2$$

Análise na variedade Cateto.

A passagem do espaçamento mais largo para o mais denso custa 2(350) ou 700 cruzeiros.

O custo das sementes necessárias ao adensamento do plantio é irrisório em relação ao aumento de produção as análises vão ser efetuadas por isso, sempre nas melhores condições de espaçamento, e serão efetuadas para cada variedade (interação x espaçamento).

Fazendo-se $X_1 = 0$, $X_2 = 2$, tem-se

$$(3) \quad Y^* = 2.543.779 + 1.182.361 X_3 - 288.000 X_3^2 \\ Y^*_{020} = 2.543.779 \quad Y^*_{021} = 3.438.140 \quad Y^*_{022} = 3.756.501$$

O cálculo da dosagem que proporciona o maior lucro é obtido através de

$$\frac{\partial Y^*}{\partial X_3} = \frac{PX_3}{PY}$$

(B) onde PX_3 é o preço do fertilizante e PY o preço do produto agrícola (milho)

$$\frac{\partial Y^*}{\partial X_3} = 1.182.361 - 576.000 X_3 = \frac{PX_3}{PY} = \frac{57.500}{60} = 958.333$$

$$X_3 = 0.39$$

Então, substituindo-se (3), X_3 por 0,39 ter-se-á:

$$Y^* = 2.961,1$$

Aumento de Produção = $2.961,1 - 2.227,1 = 734,0$

Valor aumento = $(734,0 \div 60) \times \text{Cr\$ } 3.600 = \text{Cr\$ } 44.040$

Despesas = $\text{Cr\$ } 700 + 0,39 (\text{Cr\$ } 57.000) = \text{Cr\$ } 23.125$

Lucro = $\text{Cr\$ } 44.040 - \text{Cr\$ } 23.125 = \text{Cr\$ } 20.915$

A rentabilidade do Capital empregado a mais na adoção desses "inputs" será:

Rentabilidade = $\text{Cr\$ } 20.915 \div \text{Cr\$ } 23.125 = 90,4\%$

Os resultados mostrados a seguir, representam um resumo da situação para as duas variedades e para o híbrido nas condições de adubação que proporciona o maior lucro e, também, para outras situações.

Cateto - Espaçamento denso				
Adubação				
	nível	ótima	nível	nível
Dosagem	0	0.39	1	2
Produção kg/ha.	2.543.8	2.961.1	3.438.2	3.756.6
Aumento (2.227,1)	316.7	734.0	1.240.6	1.529.5
Valor Cr\$	12.002	44.040	72.666	91.770
Despesas Cr\$	700	23.125	61.075	115.700
Lucro	18.302	20.915	11.591	-23.930
Rentabilidade de Capital %	2.617%	90.4%	19%	prejuízo

Asteca - Espaçamento denso				
Adubação				
	nível	ótima	nível	nível
Dosagem	0	0.57	1	2
Produção kg/ha.	3.110.2	3.748.5	4.106.2	4.526.2
Aumento (2.570,7)	539.5	1.177.8	1.535.5	1.955.5
Valor Cr\$	32.370	70.668	92.130	117.330
Despesas Cr\$	1.700	34.475	59.200	116.700
Lucro Cr\$	30.670	36.193	32.930	630
Rentabilidade de Capital %	1.804%	105%	56%	0.6%

	Híbrido - Espaçamento denso				máximo produção
	nível	Adubação ótima	nível	nível	
Dosagem	0	0.74	1	2	2.41
Produção kg/ha.	3.691.9	4.559.6	4.789.6	5.311.3	5.358.7
Aumento (3.029,6)	662.3	1.530.0	1.760	2.281.7	2.329.1
Valor Cr\$	39.738	91.800	106.600	136.902	139.746
Despesas Cr\$	2.700	45.250	60.200	117.700	141.275
Lucro Cr\$	37.038	46.550	45.400	19.202	— 1.529
Rentabilidade de					
Capital %	1.372%	103%	75%	16%	prejuízo

Mudanças em decorrência de alterações nos valores dos preços dos “inputs” (fertilizantes) e de “outputs” (preço do milho)

Admitindo-se que o preço do milho melhorasse em 30%, isto é, passasse a custar Cr 4.800 e o do fertilizante barateasse em 20%, isto é, passasse a custar Cr. 46.000 por hectare para a dose 1, então a dosagem que proporcionaria maior lucro global seria a dosagem 1,41.

Vimos que:

$$Y^* = 3.691,9 + 1.385,7 - 288,0 X_3^2$$

$$\frac{6Y^*}{6X_3} = 1.385,7 - 576,0 X_3 = \frac{46.000}{80} = 575,0$$

$$X_3 = 1,41 \quad \therefore \quad Y^* = 5.073,1$$

$$\text{Aumento de Produção} = 5.073,1 - 3.029,6 = 2.043,5$$

$$\text{Valor aumento} = 163.480 \quad \text{despesas} = 67.560 \quad \text{Lucro} = 95.920$$

$$\text{Rentabilidade} = 95.920 \div 67.560 = 141 \%$$

Admitindo relações de 1.100, 900, 700, 500 e 300, as dosagens que proporcionariam o maior lucro seriam nas condições iniciais do problema:

$$\frac{PX_3}{PY} = \frac{6 Y^*}{6X_3} = \frac{PX_3}{PY}$$

Valor de X_3 de
máximo lucro

1.100	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 1.100$	$X_3 = 0,50$
958,3	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 958,3$	$X_3 = 0,74$
900	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 900$	$X_3 = 0,84$
700	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 700$	$X_3 = 1,19$
575	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 575$	$X_3 = 1,41$
500	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 500$	$X_3 = 1,53$
300	1.385,7 — 576,0	$X_3 = 300$	$X_3 = 1,88$

Determinação das Doses que proporcionam o maior retorno por cruzeiro invertido

Se o polinômio for do tipo $Y = c + s x + t x^2$, se o aumento de produção puder ser expresso na forma de uma equação quadrática do tipo $\Delta Y = sX + tX^2$ (onde X representa a dose do fertilizante e s e t são os coeficientes linear e quadrático), e se o custo total do fertilizante incluindo os custos fixos (de aplicação) puder ser expresso em termos do produto agrícola por uma equação do tipo $F = m + r X$, então, $i = (\Delta Y - F) + F$ representa a rentabilidade.

A mesma será máxima quando:

$$\frac{\partial i}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{\Delta Y}{F} - 1 \right) = 0$$

A solução ótima é dada por um dos dois valores:

$$X = \frac{mt - \pm \sqrt{m^2 t^2 - rtms}}{rt} \quad (6)$$

Análise do Grupo de Experimentos de milho

Admitindo que o custo fixo da aplicação da mistura de fertilizantes por hectare é de Cr\$5.000, o custo da dose um do fertilizante seja de Cr\$57.500 e o quilo do milho vendido pelo lavrador seja de sessenta cruzeiros e a cultura seja de milho híbrido H 6999, tem-se:

$$m = \frac{\text{Cr\$5.000}}{\text{Cr\$60}} = 83,3 \quad r = \frac{\text{Cr\$57.500}}{\text{Cr\$60}} = 958,3$$

$$F = 83,3 + 958,3 X$$

$$Y^* = 3.691,9 + 1.385,7 X - 288,0 X^2$$

$$Y^* = 3.691,9$$

$$\Delta Y = Y^* - Y_0 = 1.385,7 X - 288 X^2 = sX + tX^2$$

$$s = 1.385,7 \quad t = -288,0$$

$$X = \frac{-83,3 (-288,0) \pm \sqrt{(83,3)^2 (-288,0)^2 - 958,3 (-288,0) 83,3 (1.385,7)}}{958,3 (-288,0)}$$

$$X = \frac{23.990,4 \pm 180.091,1}{-275.990,4}$$

A solução que nos interessa é a dada por

$$X'' = \frac{-156.100,7}{-275.990,4} = 0,57$$

$$X_m = 0,74$$

$$X'' = 0,57$$

Produção kg/há.	4.559,6	4.388,1
Aumento de produção kg/há. (3.691,9)	867,7	696,2
Valor Cr\$	52.062	41.772
Custo Cr\$	47.550	37.775
Lucro Cr\$	4.512	3.997
Rentabilidade % $i = 9,5\%$		10,6%

Lembremos que o custo é dado por $F = m - rX$, isto é, será dado por Cr\$5.000 — 0,57 (57.500) = 37.775.

Então, se em uma análise econômica se levasse em consideração o custo total da adoção da prática (custos de aplicação do fertilizante, inclusive) a maior rentabilidade pelo uso da adubação (nas condições de uso de sementes híbridas e do espaçamento mais denso), seria a dada pela dose 0,57 e não a dose 0,74 da mistura.

CONCLUSÕES

A situação dos preços nos últimos anos se tem caracterizado no Brasil, por elevações substanciais dos fatores da produção (fertilizantes, defensivos, tratores, maquinária agrícola, combustível) em relação ao preço dos produtos agrícolas. Devido à inflação, o custo do dinheiro tem-se elevado bastante. Nos empréstimos agrícolas oficiais é, no momento, ao redor de 12% ao ano, nos Bancos particulares é de cerca de 3% ao mês.

O lavrador podia há uns poucos anos adubar mais intensamente. Pode-se admitir que eram mais frequentes há uns poucos anos, relações — entre 700 e 900.

PY

No momento, face aos altos custos, as adubações preconizadas deveriam ser, mesmo quando financiadas pelos Bancos Oficiais, inferiores a $X_3 = 0,74$.

LITERATURA CONSULTADA

- (A) Davies, Owen L. — *The Design and Analysis of Industrial Experiments* — Oliver and Boyd, London 1954 — First edition, 636 pp.
- (B) Heady, Earl O — *Methodological Problems in Fertilizer Use*. In “*Methodological Procedures in the Economic Analysis of Fertilizer Use Data*” — Edited by E. L. Baum, Earl O. Heady and John Blackmore — The Iowa State College Press — Ames, Iowa, U.S.A. 1956.
- (C) Pesek, John and Heady, Earl O — *Derivation and Application of a Method for Determining Minimum Recommended Rates of Fertilization* — Soil Science Society of America Proceedings — Vol. 22, N° 5, September - October 1958, pages 419-423.
- (D) Viegas, G. P., Andrade Sobrinho, J. e Venturini, W. R. — *Comportamento dos milhos H 6999, Asteca e Cateto em três níveis de adubação e três espaçamentos, em São Paulo* — *Bragantia*, Vol. 22, n° 18 — 1963.

6. EL EFECTO RESIDUAL EN LOS CALCULOS DE RENTABILIDAD DE LOS FERTILIZANTES

Eliás Letelier Almeyda ()*

Los fertilizantes fosfatados, potásicos y los abonos orgánicos tienen un efecto residual de bastante importancia, el que debería ser tomado en cuenta en los cálculos de rentabilidad de la aplicación de abonos. En realidad este hecho es reconocido en la legislación de algunos países, como Inglaterra, donde el arrendatario es compensado económicamente por los fertilizantes que aplica. En Europa es corriente considerar la aplicación de fertilizantes más bien como una enmienda, cuyo objeto es construir una fertilidad permanente en el suelo de tal modo que posteriormente sea solamente necesario adicionar las dosis de nutrientes consumidas por las cosechas, dosis que como es sabido, son bastante reducidas.

Desde el punto de vista de la experimentación en fertilizantes, el efecto residual y acumulativo de los fertilizantes señala la necesidad de que por lo menos cierta proporción de los ensayos realizados sean a largo plazo, para proporcionar información sobre esta materia a los economistas agrarios.

En Chile, los ensayos a largo plazo han sido escasos. Sin embargo, los que hay, indican, que también en nuestras condiciones el efecto residual de los abonos fosfatados es de importancia y debe ser tomado en cuenta en los cálculos económicos.

Como ejemplo, en el Cuadro N° 1 promedian los resultados de 8 ensayos efectuados por IANSA, en los que se aprecian claramente el efecto residual del fertilizante fosfatado aplicado a la remolacha y al trigo. Es interesante hacer notar que 6 de estos 8 ensayos se efectuaron en trumaos, suelos de gran capacidad de fijación fosfórica. También es interesante el hecho de que el abono aplicado a la remolacha disminuye su efecto más rápidamente que el aplicado al trigo. Esto puede atribuirse a la pérdida del efecto de localización que se verifica al trabajar el suelo después de la remolacha.

(*) Ingeniero Agrónomo. Coordinador del Programa de Suelos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

CUADRO N° 1

Efectos directos y residuales de la aplicación de superfosfato triple
 en una rotación remolacha-trigo-trébol rosado
 Promedio de 8 ensayos

Abono aplicado	Remolacha	Trigo	Trébol 1er. año	Trébol 2º año
Testigo	100	100	100	100
300 Kgs. P ₂ O ₅ a la re- molacha	417	** 132	** 137	** 107
150 Kgs. P ₂ O ₅ al trigo	—	171	** 168	** 122
300 Kgs. P ₂ O ₅ a la re- molacha + 150 Kgs. P ₂ O ₅ al trigo	—	* 190	** 203	** 127

Sin asterisco Efecto directo
 ** Efecto residual
 * Efecto mixto

7. ECONOMIA DE LA APLICACION DE ABONOS FOSFATADOS A LA REMOLACHA SEGUN RESULTADOS DE 38 ENSAYOS EFECTUADOS POR IANSA

Elías Letelier Almeyda ()*

Los efectos de los fertilizantes suelen ser bastante variables, de modo que los resultados de un solo ensayo, por meticulosamente que haya sido ejecutado y analizado no puede generalizarse. Muchas veces las curvas de respuesta varían también de un año a otro debido a condiciones climáticas. Debido a esta variabilidad, es necesario tener un buen número de ensayos para juzgar sobre la economía de la aplicación de fertilizantes en una región y esto obliga generalmente, a efectuar ensayos sencillos. Por otra parte, al agricultor le interesa más conocer qué probabilidades tiene de obtener determinada utilidad con el uso de un fertilizante que conocer la utilidad media en su zona.

Considerando los planteamientos del párrafo anterior, el Departamento Agrícola de IANSA ejecutó y analizó 38 ensayos de dosis de aplicación de superfosfato triple en remolacha en las provincias de Linares y Bío-Bío durante las temporadas 1960/61 y 1961/62. Los resultados de estos ensayos se presentan en los cuadros N^{os}. 1 y 2 en forma de probabilidades de niveles de utilidad para las diversas dosis de aplicación. Esta probabilidad se ha deducido directamente del número de casos con utilidad en ese nivel de fertilización con respecto al número total de casos en que esa dosis fue ensayada.

El Cuadro N^o 1 se refiere al total de ensayos. Puede observarse que la probabilidad de obtener utilidades altas es mayor en las dosis intermedias de 150 y 300 Kgs. de P₂O₅ por hectárea.

En el Cuadro N^o 2, estos mismos ensayos se han reagrupado en 2 grupos. En el primero se incluyen aquellos ensayos en que el análisis del suelo acusaba una alta probabilidad de respuesta y en el otro grupo, aquellos ensayos en que dicha probabilidad era media o baja. Puede observarse que las zonas de respuestas económicas se ha polarizado en el grupo de respuestas probables "altas" hacia las dosis

(*) Ingeniero Agrónomo. Coordinador del Programa de Suelos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

elevadas (300 y 600 Kgs. por Há.); en cambio, en el grupo de respuestas probables "medias y bajas", las mayores probabilidades de respuestas económicas se encuentran en las dosis de 150 y 300 Kgs. de P₂O₅ por Há. Este resultado valoriza el análisis de suelos e indica que su uso permite recomendar la dosis de abono más apropiada para

CUADRO N° 1

Probabilidad de obtener diversos niveles de utilidad en remolacha usando dosis crecientes de superfosfato triple, según los resultados de 38 ensayos efectuados por IANSA en las provincias de Linares y Bío-Bío

Dosis P ₂ O ₅ /Há.	Utilidad, E°/Há.			N° de Casos
	Sin utilidad	Hasta E° 300	+ de E° 300	
50	11%	60%	29%	38
150	8%	42%	50%	38
300	5%	42%	53%	38
600	16%	32%	52%	19

CUADRO N° 2

Probabilidad de obtener diversos niveles de utilidad, tomando en cuenta los datos proporcionados por el análisis del suelo (reagrupamiento de los mismos ensayos del cuadro anterior)

Respuesta probable según análisis. Dosis P ₂ O ₅ /Há.	Utilidad, E°/Há.			N° de Casos	
	Sin utilidad	Hasta E° 300	+ de E° 300		
Alta	50	11%	50%	39%	18
	150	6%	32%	62%	18
	300	0%	28%	72%	18
	60	0%	25%	75%	12
Media y Baja	50	10%	70%	20%	20
	150				
	300	10%	50%	40%	20
	600	16%	55%	35%	20
		43%	43%	14%	7

cada nivel de fósforo aprovechable del suelo. Por otra parte, señala que esta utilidad debe expresarse en términos de probabilidades y que es posible obtener cierto número de casos con respuestas elevadas en suelos en que el análisis señala un elevado nivel de fósforo aprovechable en el suelo y viceversa.

DATOS SUPLEMENTARIOS RESPECTO A ESTOS ENSAYOS

- Todos los tratamientos recibieron aplicación de abonos nitrogenados.
- El superfosfato se aplicó al voleo y se enterró. La experimentación posterior prueba que es posible ahorrar fertilizantes mediante una adecuada localización.
- Los precios considerados para calcular la utilidad por Há. se refieren, tanto al abono fosfatado como para la remolacha a los de la temporada 1961/62.
- La probabilidad de respuesta está referida conjuntamente a 2 métodos analíticos: el P_2O_5 aprovechable según el método de Olsen y el poder de absorción de aniones del suelo determinado según el método de Demelón. Los índices son los siguientes:

Respuesta probable	P_2O_5 no absorbido Kg/Há.	P_2O_5 aprovechable Kg/Há.
Alta	0 — 1000	0 — 50
	+ 1000	0 — 25
	0 — 1000	+ de 50
Media y Baja	+ de 1000	25 — 50

8. FUNCIONES DE PRODUCCION PARA FORMULAR RECOMENDACIONES PARA EL USO DE FERTILIZANTES

Ernst E. Reynaert ()*

Todos los que trabajan en fertilidad de suelos y en la aplicación de fertilizantes en cultivos o pasturas, se dan cuenta, que es lo que el economista agrícola necesita y desea obtener de ellos para facilitar su trabajo en los cálculos de rentabilidad en el uso de los fertilizantes.

Una función de producción, una expresión matemática de las relaciones entre factores, o en este caso específicamente fertilizantes que se aplican y la producción de grano, azúcar, aceite o materia seca producida por la planta.

Con esta función el economista podría ajustar rápidamente la óptima inversión en fertilizantes de acuerdo a los precios de productos y fertilizantes.

A continuación se expondrán algunos de los diversos aspectos relaciones con una función de producción:

1. Uso de la función para recomendaciones a agricultores.

Para que sea de utilidad la función tiene que ser *generalizable* a una superficie de producción importante, surge entonces la pregunta ¿hasta qué punto es posible generalizarla?

Suelos: para empezar con el punto más importante.

De lo que se sabe de trabajos hechos en los Estados Unidos (1) habría que limitarse a una unidad de mapeo o de clasificación bastante baja, por ejemplo, *el tipo de suelos* sobre todo cuando se trabaja con más de un nutriente. Para cada tipo de suelos entonces se establecerá una función de producción. Naturalmente, esto requiere un mapa de suelos bastante detallado.

Fertilidad variable dentro de cada tipo de suelo:

Es sabido que aún dentro de cada tipo de suelo pueden existir diferencias grandes de fertilidad, causadas por diferencia en el manejo

(*) Especialista en Fertilidad de Suelos del Centro de Investigación y Enseñanza para la Zona Templada, Colonia, Uruguay.

anterior, es decir los cultivos anteriores y la fertilización anterior. En otras palabras se está señalando un problema que ha sido objeto de estudio y es el de la influencia del nivel de fertilidad inicial. Voss y Pesek (2) ilustran sobre este problema. Estos investigadores realizaron un ensayo en macetas en un invernáculo. El cultivo de prueba era Avena que fue cosechado antes del espigazón. Se trabajó con un tipo de suelo pero con 30 distintos niveles iniciales de fertilidad.

Cuando trataron de ajustar una función cuadrática de producción generalizada, resultó ser imposible en cuanto que ello implicaba extrapolación para encontrar las contribuciones del suelo en estos nutrientes.

Recién cuando integraban los datos del análisis de suelos en la función y facilitando así la expresión de las interacciones entre nutriente del suelo y nutriente aplicada, lograron algo más aceptable.

Los análisis de suelo utilizados fueron para Nitrógeno: el Nitrógeno nitrificable (inclubación a 35°C durante 2 semanas) y para Fósforo: el Fósforo asimilable determinado por el método de Bray I. El modelo de función fue:

$$E(y) = B_0 B_1 N_f + B_2 n + B_3 P_f + B_4 P B_5 N_f^2 + B_6 2n N_f + B_7 n^2 + B_8 P_f^2 + B_9 2p P_f + B_{10} p B_{11} N_f P_f + B_{12} N_f p + B_{13} P_f n + B_{14} np$$

$E(y)$ = producción estimada

N_f = Nitrógeno aplicado con fertilizante $R^2 = 0.92$

P_f = Fósforo aplicado con fertilizante

n = Nitrógeno disponible en el suelo (N-nitrificable)

p = Fósforo disponible en el suelo (P-Bray I)

Considerando este resultado no hay que olvidar que se trabajó en el experimento con:

- un solo tipo de suelo
- humedad controlada
- suelos de un mismo cultivo anterior
- una sola variedad
- y lo que es importante, con métodos de análisis de suelo que ya habían sido probados y calibrados suficientemente.

Todo esto hace pensar en las limitaciones que pueden tener las funciones de producción cuando no se reúnen las condiciones mencionadas.

- cuando el mapeo de suelos no ha sido realizado con suficiente detalle
- cuando no se disponen todavía de métodos de análisis de suelos correlacionados con las producciones
- cuando se tiene que trabajar con diferentes variedades del cultivo
- cuando se trata de suelos con distinto manejo anterior.

La dificultad se presenta sobre todo cuando se trata de una generalización de la superficie de respuesta para dos o más nutrientes.

Los investigadores en Ioway e.o. Hanway citado por Voss² aparentemente no encontraron tanta dificultad para ajustar una curva de respuesta generalizada para la aplicación de Nitrógeno en maíz.

Es por esta razón que el Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas en el Uruguay aparte de ciertos experimentos exploratorios⁵ ha encarado también un estudio sobre la función de producción de Trigo con Nitrógeno como único variable y el Fósforo aplicado como fertilización basal.

En este estudio se trata a la vez de establecer correlaciones con distintos métodos de análisis de suelo para Nitrógeno disponible. (ver gráficas de 4 suelos).

La curva fue bastante generalizable dentro de cada grupo de suelos.

El interés especial por Nitrógeno como factor en la función de producción es evidente, teniendo en cuenta que la respuesta al Nitrógeno es mucho más variable que la respuesta al Fósforo y que el Nitrógeno contrario al Fósforo no tiene efecto residual de importancia. Además el Nitrógeno por unidad es mucho más caro que el Fósforo.

2. Estudios previos a la determinación de la superficie de respuesta.

La función de producción o superficie de respuesta es la expresión final de las relaciones entre fertilizantes y producción que se busca para el estudio económico.

Para llegar a esta expresión son necesarios estudios previos en relación con: el efecto de los distintos nutrientes sobre la producción.

Este efecto se puede conocer mediante estudios exploratorios en los cuales simplemente se determina si y en qué grado influyen los nutrientes N, P, K y a veces Ca u otro elemento sobre la producción.

Es común utilizar para este tipo de estudios de exploración experimentos factoriales que permiten además estimar interacciones entre los nutrientes.

A veces cuando se trabaja en escala mayor, es el caso de muchos ensayos en chacras de agricultores, se limita a ensayos escalonados.

Ejemplo del primero son factoriales del tipo:

2^3 ó 3^3 (a veces con algunos tratamientos extras)

Ejemplo del segundo tipo de diseños:

Control sin fertilizante:

P

N

NP

NPK

NPK Ca

De esta manera se puede por ejemplo descartar uno o dos nutrientes, lo que simplifica los diseños a seguir. Si se trata de diseños factoriales, es además posible de obtener una estimación anticipada de la contribución que se va a tener de los nutrientes y sus combinaciones en una función de producción. (ver tabla Ensayos Factoriales NPK 4x3x3 con trigo realizados en el año 1963).

En esta tabla se ven resumidos resultados de 5 ensayos factoriales con trigo.

Como se puede apreciar la mayor contribución en la variancia debido a tratamientos proviene en estos suelos de

$$N_{\text{lineal}} = N_{\text{cuadrático}}, \quad P_{\text{lineal}} \text{ y } P_{\text{cuadrático}}$$

Los coeficientes de determinación múltiple han sido calculados para estos componentes (R^2) y son bastante altos excepto en el Exp. 3 donde tuvimos algún problema con el vuelco del trigo.

La ausencia de contribución de P_L y P_Q en Exp. N° 1 se debió a un efecto residual de Fósforo aplicado dos años anteriormente.

Los resultados de estos ensayos así como los de 1964, llevó a realizar en 1965 un ensayo para explorar la superficie de respuesta en un suelo a nivel de serie perteneciendo al grupo de Suelos Pardos de Pradera derivado de un material loessico denominado Pampeano o Arazati en el cual se exploró una región de la superficie de respuesta en la cual se esperaba podría estar situado el máximo respuesta a Nitrógeno y Fósforo.

Potasio se había descartado en vista de que experiencias de los años anteriores no indicaron respuesta a este nutriente.

Los resultados están presentados en un trabajo de W. Couto⁵ que mostró lo siguiente:

En un ensayo se ajustó bien una función cuadrática del tipo $Y = B_0 + B_1N + B_2 + B_3N^2 + B_4P^2 + B_5NP$ con un coeficiente de determinación múltiple $R^2 = 0.74$

Para otros dos ensayos este coeficiente era mucho más bajo respectivamente $R^2 = 0.39$ y $R^2 = 0.50$

Es evidente que aquí se encuentra un problema para la generalización de la función de producción. Hay que destacar que este tipo de ensayos recién se inició en 1965 y se va a continuar sobre un mismo suelo con un diseño compuesto rotatorio central, considerando que este diseño es el más eficiente para estimaciones de superficies cuadráticas de respuesta (4, 1a).

Esto para explicar cómo se llegó a la superficie de respuesta presentada.

Acompañando todos los estudios previos se realizaron estudios sobre métodos de fertilización, en el surco o al voleo, distintas fuentes (carriers) de nutrientes, la mejor manera de preparación de suelos, época de aplicación de nutrientes.

**CUADRADOS MEDIOS DE LOS EFECTOS EN UN ENSAYO
4 × 3 × 3 FACTORIAL NPK — TRIGO ***

<i>Mat. Madre Pampeano</i>	<i>Basalto</i>		<i>F. Bentos Cretácico</i>		<i>Pampeado</i>					
<i>Suelo Prad. Parda</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>					
Tratamiento	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5					
NL	520.38	++	166.78	++	0.16	31.63	++	43.69	++	
NQ	3.96		0.01		14.96	+	1.14		0.20	
NC	2.18		0.00		17.57	+	4.25		0.41	
PL	2.84		67.86	++	90.00	++	385.49	++	30.55	++
PQ	4.08		54.10	++	0.55		57.45	++	2.10	
KL	0.27		26.65	++	3.29		12.33		1.97	
KQ	1.82		0.56		0.16		1.10		1.45	
NLxPL	0.54		6.32		2.26		0.04		4.25	
NLxPQ	0.95		1.83		0.40		3.84		1.30	
NQxPL	1.90		0.13		14.13		2.88		0.45	
NQxPQ	0.12		1.03		2.73		4.17		0.95	
NCxPL	2.97		3.19		10.51		6.45		0.32	
NCxPQ	0.32		5.28		1.05		3.58		0.00	
NLxKL	0.02		0.14		0.00		0.05		0.23	
NLxKQ	0.18		0.25		0.64		11.08		1.34	
NQxKL	2.49		0.08		0.01		0.11		0.09	
NQxKQ	1.13		0.39		12.64		2.94		0.95	
NCxKL	18.41	++	0.77		1.47		11.52		0.19	
NCxKQ	2.66		0.04		0.01		0.12		0.16	
PLxKL	3.52		0.59		5.27		0.65		1.65	
PQxKL	0.97		9.46		0.55		3.87		0.13	
PLxKQ	0.69		0.03		0.17		4.77		2.13	
PQxKQ	1.61		5.45		19.81		9.78		0.02	
NLxPLxK1	4.82		0.08		4.03		2.02		0.02	
NLxPQxKL	0.01		0.63		3.77		0.13		0.06	
NLxPLxKQ	0.07		0.28		0.63		0.61		0.01	
NQxPLxKL	1.27		1.24		0.88		7.21		0.20	
NQxPQxKL	0.97		7.70		0.03		3.93		0.20	
NQxPLxKQ	2.89		4.59		12.19		0.81		2.38	
NQxPQxKQ	2.80		0.17		3.47		0.33		2.43	
NCxPLxKL	11.27	++	0.27		7.11		5.70		0.62	

<i>Mat. Madre Pampeano</i>	<i>Basalto</i>	<i>F. Bentos Cretácico</i>	<i>Pampeado</i>		
<i>Suelo Prad. Parda</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>	<i>P. Negra</i>		
Tratamiento	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5
NCxPQxKL 0.77		1.52	1.63	0.81	1.47
NCxPLxKQ 0.11		0.30	15.58 +	0.01	0.20
NCxPQxKQ 0.90		2.21	17.30 +	0.06	1.73
C.M.Tra. 600.93		372.38	264.75	580.99	103.87
+ R ²	0.88	0.77	0.40	0.82	0.74

+ Para NL, NQ, PL y PQ.

* Resultados de Ensayos Factoriales realizados por el Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger 1963. (J. L. Castro y E. E. Reynaert).

	0	1	2	3
N	—	20	40	60
P ₂ O ₅	—	40	80	
K ₂ O	—	40	80	

Estos estudios tienen que realizarse necesariamente previo a la determinación de la superficie de respuesta.

Finalmente surgen algunas preguntas que es posible que un técnico en fertilidad de suelos se plantee:

¿En toda la experimentación para determinar la superficie de respuesta, no se quedará atrás de la situación real?

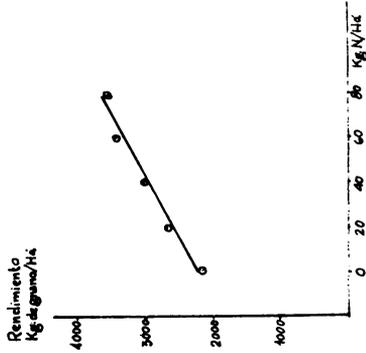
Siempre se observa el complejo suelo, planta y la tecnología del hombre como un conjunto dinámico que cambia de acuerdo al manejo de suelo, el estado de mejoramiento de variedades y el desarrollo de mejores técnicas y enmiendas por parte del hombre.

El tiempo que necesariamente transcurre para determinar una función de producción generalizada, no le quita actualidad al resultado obtenido?

Y otra pregunta: ¿en las recomendaciones económicas del uso de fertilizantes se tiene en cuenta el aspecto de conservación de la fertilidad del suelo?

Respuesta del trigo al N. en 1964. 4 grupos de suelos.

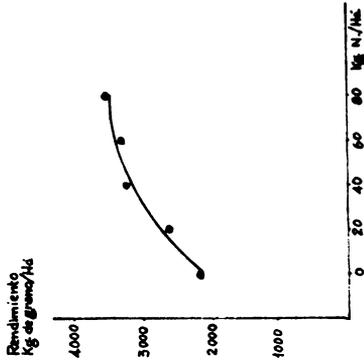
1. Pradera parda sobre Pampeano.



$$\hat{Y} = 22.92 + 16.216^{\circ}x$$

$$R^2 = 0.97$$

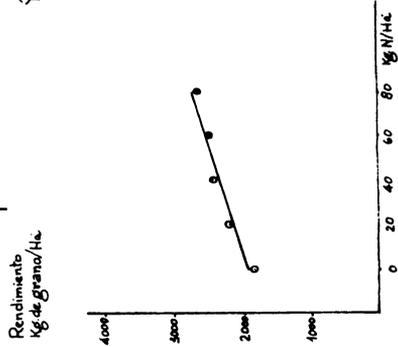
2. Pradera negra sobre Pampeano.



$$\hat{Y} = 2115 + 33^{\circ}x - 0.20^{\circ}x^2$$

$$R^2 = 0.80$$

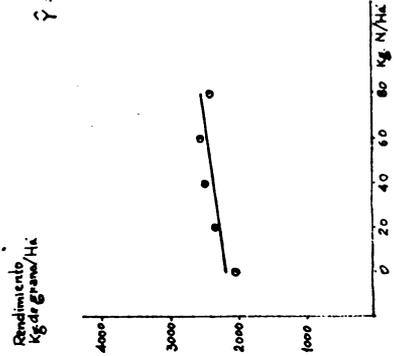
3. Pradera parda sobre C. de Fray Bentos.



$$\hat{Y} = 1987 + 8.66^{\circ}x$$

$$R^2 = 0.95$$

4. Pradera negra sobre Fray Bentos.



$$\hat{Y} = 22.14 + 4.21^{\circ}x$$

$$R^2 = 0.75$$

REFERENCIAS DE LITERATURA

- 1) "Economic and Technical Analysis of Fertiliser Innovations and Resource Use".
Iowa State College Press 1957.
 - a) Hurst, D. C. and Mason, D. D.
"Some statistical aspects of the TVA-N. Caroline cooperative Projects on determination of yield response surfaces for corn".
 - b) Baum, E. L. and Heady, Earl O.
All economic considerations in fertiliser use".
 - c) Robertson, L. S. et. col.
"Problems involved in the integration of agronomic and economic methodologies in economic optima experiments".
- 2) Voss, R. and John Pesek. 1962.
Agronom. I. 54 (3): p. 267-71.
"Generalization of yield equations in two variables.
III Application of yield data from 30 initial fertility levels".
- 3) Munson, R. D. and J. P. Doll, Advances in Agron. XI. 1959.
"The Economics of Fertiliser use in crop production".
- 4) Cochran, W. G. and Cox, G. M.
"Experimental Design", J. Wiley & Sons, New York 2nd edition, 1962.
- 5) W. Couto y E. Gilles
"Funciones de producción de trigo con varios niveles de Nitrógeno y Fósforo en Praderas Pardas derivadas de Arasati (Pampeano), 1966, Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger.

9. EVALUACION DE ALGUNOS ASPECTOS DE LA METODOLOGIA PARA DETERMINAR FUNCIONES DE RESPUESTA A LA FERTILIZACION Y SU UTILIZACION ECONOMICA

Hernán Tejada Sanhueza ()*

Introducción.

El estudio cuantitativo de las relaciones fertilización-rendimientos y su descripción por medio de expresiones matemáticas está recibiendo progresivamente la atención que le corresponde entre las investigaciones agronómicas. Mitscherlich (1909) es generalmente considerado como el progenitor de la metodología, y desde su época hasta nuestros días, diversos investigadores han contribuido a su desarrollo (National Academy of Sciences - National Research Council, 1961). Sin embargo, los mayores progresos han ocurrido sólo en los últimos quince años, debido posiblemente, y entre otras causas, a un incremento en la aplicación de la teoría de la producción a la planificación de la producción a nivel del predio agrícola, como también al desarrollo paralelo de la estadística y computación electrónica.

La utilidad de esta rama relativamente nueva de la agronomía se expresa principalmente en dos aspectos. La descripción matemática de la relación fertilización - rendimiento permite obtener la información necesaria para ajustar la producción a niveles económicamente adecuados (Pesek, ca. 1964). También el uso de modelos permite progresar en el conocimiento de los mecanismos biológicos (Batschelet, 1966), en particular el mecanismo transformador de factores en cosecha (Pesek, ca. 1964).

El objetivo del presente trabajo es revisar brevemente las bases teóricas de la metodología y luego discutir algunos problemas derivados de su utilización. En particular se analizará la determinación de una ecuación de respuesta del trigo a la fertilización fosfatada y a la concentración de fósforo asimilable del suelo, en donde un probable efecto de factores de producción no incluidos en el experimento dificulta la determinación. Luego se discutirán algunos resultados referentes al efecto que sobre la dosis económicamente óptima tienen el diseño experimental y la forma algebraica del modelo matemático.

(*) Ingeniero Agrónomo de la Sección Fertilidad de Suelos de la Estación Experimental Chillán, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.

Bases teóricas de la metodología.

La producción de una cosecha puede ser considerada como un proceso de transformación de factores en producto (Heady, 1952). El proceso de transformación puede ser representado esquemáticamente por medio del modelo:

$$Y = f(F_1, F_2, \dots, F_k, X_1, X_2, \dots, X_m, Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (1)$$

Y representa el rendimiento, F_1, F_2, \dots, F_k representan los diferentes nutrientes agregados como fertilizantes, X_1, X_2, \dots, X_m representan aquellos factores que pueden ser controlados por el operador agrícola pero que permanecen constantes durante un ciclo de cultivo, tales como fertilidad inicial del suelo, variedad de semilla, prácticas culturales, etc., y Z_1, Z_2, \dots, Z_n representa factores que, para fines prácticos, no pueden ser controlados por el operador, tales como clima, profundidad de suelo, etc. (Heady, 1956).

El problema fundamental de la metodología puede definirse como la determinación de la función de producción representada por el modelo (1), lo que implica dos aspectos básicos: (a) conocer la familia de funciones matemáticas a que pertenece, y (b) conocer el valor numérico de sus parámetros (Huttom, 1955).

Haciendo abstracción de la naturaleza de los factores de producción, la literatura revisada sugiere que por lo menos dos criterios han sido propuestos para resolver el problema planteado (Tejeda, 1966). Un grupo de investigadores, entre los que se incluyen Mitscherlich, Spillman, Bamujkand y otros, ha tratado de determinar la función por medio de una derivación analítica, asumiendo ciertas propiedades del mecanismo transformador e iniciando la derivación a partir de esos postulados. Por ejemplo, Mitscherlich asumió una cierta ecuación diferencial para expresar la variación de rendimiento atribuible a la variación del suministro de nutriente, y determinó la función de producción integrando la ecuación diferencial. Este tipo de funciones, obtenidas por derivaciones analíticas ha recibido, entre otros, el nombre de "modelo funcional" (Mood y Graybill, 1963).

Sin embargo, hoy día la mayoría de los investigadores admiten de que no se dispone de una base teórica bien fundamentada que permita la derivación de un modelo funcional legítimo (National Academy of Sciences — National Research Council, 1961). Por lo tanto, se acepta el método alternativo usado por Pesek, Heady y otros (Heady y Dillon, 1961), que propone emplear funciones que aproximen la verdadera función factor-rendimiento cuya expresión propia se desconoce. Este tipo de funciones aproximativas se ha denominado "modelos de regresión" (Mood y Graybill, 1963).

En el caso del modelo funcional, tanto la familia de funciones a que pertenece como el valor de los parámetros quedan determinados

por la ecuación diferencial básica y alguna otra propiedad del sistema. Para el modelo de regresión, la familia de funciones se determina por consideraciones agronómicas, estadísticas y económicas; el valor de los parámetros se determina generalmente por el método de regresión multivariada a partir de datos experimentales (Heady y Dillon, 1961).

Función de respuesta a fertilizantes y otros factores de producción.

La determinación de la función de respuesta a fertilizantes para un ensayo de campo individual, realizado con el objeto de reunir información para recomendar prácticas de fertilización en toda una área, pareciera de dudosa utilidad. Teóricamente, la función de producción así obtenida sólo podría proporcionar información aplicable a condiciones ecológicas muy similares, sino idénticas, a las del lugar donde se realizó el ensayo. Una solución a esta limitación consiste en obtener los datos experimentales necesarios para evaluar los parámetros correspondientes al resto de los factores de producción, sino para todos, por lo menos para aquellos cuya incidencia en la respuesta es digna de consideración. Esto supone una evaluación preliminar de la magnitud del efecto relativo estos factores (Voss y Pesek, 1965). Este tipo de estudio ha sido emprendido con éxito por diferentes investigadores, y una conclusión que podría obtenerse de sus trabajos es que no existe un conjunto definido de factores determinantes del rendimiento para todas las situaciones estudiadas, sino que en cada caso se presenta un conjunto particular. Así por ejemplo, Parks y Knetsch (1959) han explicado la mayor parte de la variación del rendimiento en sus ensayos considerando la fertilización nitrogenada y la disponibilidad de agua para la planta. Engelstad y Doll (1961) han logrado resultados similares considerando la fertilización fosfatada y la precipitación. Voss (1962), en el trabajo posiblemente más completo realizado, ha explicado la variación de rendimiento considerando el efecto simultáneo de fertilizantes nitrogenado y fosfatado, concentración de fósforo y nitrógeno del suelo, pH del suelo, índice de disponibilidad de humedad durante el ciclo de cultivo, época de siembra y densidad de siembra.

En nuestro caso, se ha tratado de correlacionar el rendimiento del trigo con la aplicación de dosis variables de fertilizante fosfatado y concentración de fósforo asimilable del suelo. Se usaron datos provenientes de 23 ensayos factoriales NP realizados durante tres años en cuatro de las principales series de suelo de la provincia de Ñuble. Se utilizó sólo parte de los resultados experimentales, aquellos correspondientes a la respuesta a dosis de fósforo a un nivel constante de nitrógeno (96 kilos de nitrógeno elemental por hectárea).

En el laboratorio se usó el método de Olsen (Olsen *et al*, 1954) para determinar el fósforo asimilable del suelo, método que previamente presentó la más alta correlación con el porcentaje de aumento de respuesta a una dosis fija de fertilizante fosfatado.

Como modelo de regresión se empleó la ecuación:

$$Y = b_0 + b_1P + b_2P + b_3P^2 + b_4p^2 + b_5P_p. \quad (2)$$

Y representa el rendimiento del trigo en unidades de 100 kg/há. (quintaes métricos por hectárea), P es el fertilizante fosfatado expresado en kilos de P_2O_5 por hectárea y p es la concentración de fósforo asimilable del suelo expresado en partes por millón de fósforo elemental. El modelo (2) implica que tanto el abono fosfatado como el fósforo del suelo ejercen un efecto similar sobre los rendimientos, es decir un efecto creciente a bajos niveles y un efecto decreciente a niveles altos.

Los coeficientes de regresión y el coeficiente de determinación múltiple resultantes se incluyen en la tabla N° 1.

TABLA N° 1
Coeficientes de regresión y coeficiente
de determinación múltiple para el modelo (2)

Variable	Coeficiente de regresión	Error Standard
	b_0	29,4381
p	b_1	5,1802
p	b_2	0,6568
P^2	b_3	-0,1936
P^2	b_4	-0,1910
P_p	b_5	-0,0079
$R^2 = 0,076$		4,8354
		3,4388
		0,6122
		0,1214
		0,9015
		0,0168

Ninguno de los coeficientes de regresión resultó significativo al nivel de 5% de probabilidad, y el valor de R^2 es bastante bajo, por lo cual se descartó este modelo.

Asumiendo que gran parte de la variación no explicada pudiera tener su origen no sólo en el modelo sino en la variación del rendimiento de la parcela testigo, se decidió usar un modelo alternativo que considerase como variable independiente sólo el aumento de rendimiento debido a la aplicación de fertilizante fosfatado. La forma del modelo es la siguiente:

$$Z = b_0 + b_1P + b_2P^2 + b_3P_p + b_4P^2p. \quad (3)$$

Z representa el aumento de rendimiento debido a la aplicación de fertilizante fosfatado; el resto de los términos conserva el significado definido previamente. Se asume que el factor fósforo del suelo p no contribuye directamente a aumentar los rendimientos sino que a modificar el aumento de respuesta al fertilizante fosfatado. Esto se puede apreciar reagrupando los términos del modelo (3):

$$Z = b_0 + (b_1 + b_3p)P + (b_2 + b_4p)P^2, (4)$$

y haciendo:

$$(b_1 + b_3p) = B_1 \quad (5)$$

$$(b_2 + b_4p) = B_2$$

resulta:

$$Z = b_0 + B_1P + B_2P^2. (6)$$

En la ecuación (6) puede apreciarse que la respuesta al fertilizante se expresa por medio de los coeficientes B_1 y B_2 cuyos valores dependen de la concentración p de fósforo del suelo modificada por los coeficientes b_3 y b_4 , de acuerdo a las ecuaciones (5). Los coeficientes de regresión y coeficiente de determinación múltiple resultantes se incluyen en la tabla N° 2.

TABLA N° 2

Coefficientes de regresión y coeficiente de determinación múltiple para el modelo (3)

Variable	Coefficiente de regresión	Error Standard
	b_0	3,8941
P	b_1	5,8231
P^2	b_2	-0,8823
P_p	b_3	-0,3835 ++
P^2p	b_4	0,0562 ++
$R^2 = 0,301$		

++: significativo al 1%.

Aun cuando el valor de R^2 para el modelo (3) es bastante superior que para el modelo (2), la variación explicada por el modelo (3) todavía es relativamente modesta. Sin embargo los resultados incluidos en la tabla parecerían sugerir que este modelo se acerca más a la realidad que el utilizado anteriormente. Llama la

atención la alta significación de los coeficientes b_3 y b_4 , lo que reflejaría la modificación del efecto del fertilizante debida a la concentración de fósforo del suelo. Además, los signos de estos coeficientes, negativo y positivo respectivamente, concuerdan con la hipótesis que un aumento de la concentración del fósforo del suelo decrece el efecto lineal positivo e incrementa el efecto cuadrático negativo del fertilizante. En otras palabras, a mayor concentración de fósforo en el suelo corresponde un incremento menor de rendimiento debido al fertilizante. Finalmente, el alto error standard del término libre b_0 pudiera sugerir su eliminación del modelo (3). Teóricamente, el coeficiente b_0 debiera haber resultado con un valor numéricamente igual a cero, por cuanto se partió del supuesto que el aumento de rendimiento Z se debía exclusivamente al efecto del fertilizante fosfatado, siendo la magnitud de este efecto modificada por la concentración de fósforo del suelo. Sin embargo el hecho de que resulte distinto de cero estaría indicando que parte del aumento se debe a factores diferentes del fósforo no evaluados en el experimento y que sería necesario considerar en estudios futuros.

Efecto del diseño experimental sobre la dosis económicamente óptima.

La mayoría de los diseños experimentales adecuados para la determinación de funciones de producción han sido desarrollados para estudios industriales (Tramel, 1957). En general en el desarrollo de diseños adecuados para la agricultura han primado consideraciones estadísticas y agronómicas. Sin embargo no se ha encontrado en la literatura estudios referentes al efecto del diseño experimental sobre la dosis económicamente óptima y otras cantidades económicas calculadas de las funciones obtenidas a partir de su utilización. Con este objetivo específico, se ha desarrollado el estudio preliminar que se discute a continuación.

Se utilizaron los resultados de cuatro ensayos factoriales NP en trigo. Cada ensayo incluye las mismas 25 combinaciones de cinco niveles de nitrógeno y cinco niveles de fósforo, dispuestas en el terreno en bloques al azar con cuatro repeticiones. Con los resultados de cada ensayo se determinó separadamente una función de producción, usando el modelo cuadrático.

$$Y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP. \quad (7)$$

Y representa el rendimiento del trigo en unidades de 100 kilos (quintales métricos) por hectárea; N y P representan nitrógeno elemental y anhídrido fosfórico expresados en kilos por hectárea.

A continuación, de cada ensayo se tomaron los rendimientos correspondientes a cada combinación factorial subsiguiente, y con estos

datos se determinó una nueva función de producción para cada uno empleando el mismo modelo (7). Por motivos de simplificación, el diseño que incluye las 25 combinaciones se denominará "diseño A", y aquel que incluye sólo las trece combinaciones subsiguientes se denominará "diseño B". En la tabla N° 3 se indican las combinaciones incluídas en cada diseño.

TABLA N° 3

Combinaciones NP considerados para los diseños A y B

P205 (Kg/Há.)	N (Kg/Há.)				
	0	48	96	144	192
0	x ^a	x	x	x	x
	-		-		-
60	x	x	x	x	x
		-		-	
120	x	x	x	x	x
	-		-		-
180	x	x	x	x	x
		-		-	
240	x	x	x	x	x
	-		-		-

a: El diseño A incluye las 25 combinaciones NP.
El diseño B incluye las 13 combinaciones NP indicadas con x subrayada.

Todos los ensayos resultaron con un cuadrado medio para tratamientos significativo al 1% y con coeficientes de variación de 11,6%, 13,6%, 18,5% y 12,4% respectivamente.

En la tabla N° 4 se incluyen los coeficientes de regresión y R² de las funciones determinadas para cada ensayo, utilizando los rendimientos de los diseños A y B.

TABLA N° 4

Coefficientes de regresión y coeficiente de determinación múltiple para los diseños A y B

Serie	Variable	Coeficiente	Diseño		Diseño	
			A	B	A	B
Mirador			Ensayo 63-1		Ensayo 63-3	
		b_0	43,910	43,131	52,367	54,954
	N	b_1	4,585**	4,462**	3,451**	2,311**
	P	b_2	0,7035*	0,8509	0,936*	1,670**
	N^2	b_3	-0,6321*	-0,2935	-1,071**	-0,9319*
	P^2	b_4	-0,306	-0,3935	-0,6214	-1,583**
	NP	b_5	-0,0858	0,0114	-0,3285	-0,2302
	R^2		0,666	0,685	0,481	0,615
Mañil			Ensayo 63-2		Ensayo 63-11	
		b_0	43,091	43,574	55,302	55,113
	N	b_1	3,992**	3,793**	2,520**	2,992**
	P	b_2	-0,206	-0,7169	6,844**	7,012**
	N^2	b_3	-0,1511	-0,9927	-0,6214	-0,618
	P^2	b_4	-1,662**	-1,0661	-2,3668**	-2,496**
	NP	b_5	0,4267	0,405	0,638*	0,8628*
	R^2		0,432	0,462	0,772	0,848

* : significativo al 5%.

** : significativo al 1%.

Aun cuando se observa cierta discrepancia en el valor y nivel de significación de los coeficientes de regresión, los valores de R^2 son más bien similares para ambos diseños, exceptuando el ensayo 63-3. A pesar de estas diferencias, en la Tabla N° 5 se observa que ambos modelos de regresión producen prácticamente los mismos valores para los rendimientos estimados en cada ensayo, independiente del hecho de que para su determinación se hubieran utilizado los resultados del diseño A o B.

TABLA N° 5

**Efecto del diseño experimental
sobre el rendimiento estimado del trigo**

Serie	Ensayo N°	Dosis P205 (Kg/Há)	Diseño	Rendimiento estimado (qqm/Há)		
				N(0)	N(96)	N(192)
Mirador	63-1	0	A	29,2	41,3	48,3
			B	29,7	39,9	47,6
		120	A	32,2	43,9	50,6
			B	33,0	43,1	50,9
		240	A	32,7	44,1	50,4
			B	33,1	43,3	51,1
Mirador	63-3	0	A	35,5	48,0	51,9
			B	36,0	45,3	47,1
		120	A	41,2	52,4	55,0
			B	46,6	55,0	55,8
		240	A	41,9	51,8	53,0
			B	44,5	52,0	51,9
Mañil	63-2	0	A	30,0	36,9	42,5
			B	30,8	40,7	45,9
		120	A	34,5	43,1	50,5
			B	32,0	43,6	47,2
		240	A	25,8	36,0	45,1
			B	24,7	37,8	43,1
Mañil	63-11	0	A	27,2	32,2	32,2
			B	26,1	31,1	31,2
		120	A	47,8	55,3	57,9
			B	46,7	55,1	58,6
		240	A	49,4	59,5	64,6
			B	47,2	59,2	66,11

a: Kilos de N por hectárea.

De estos resultados se pudiera concluir que el uso del diseño B, que incluye sólo 13 combinaciones por repetición, es tan adecuado como el diseño A, que incluye 25 combinaciones por repetición, cuando se pretende obtener estimaciones de rendimiento, con la simplificación consiguiente del trabajo experimental.

Sin embargo, las dosis óptimas calculadas para cada ensayo presentan diferencias dignas de consideración, según se calculan en base a la ecuación determinada con los rendimientos del diseño A o B. Estas diferencias pueden apreciarse en la Tabla N° 6.

TABLA N° 6
Efecto del diseño experimental
sobre el valor de la dosis óptima de nutriente^a

Serie	Ensayo N°	Nutriente	Dosis óptima (Kg/Há)		Diferencia	
			Diseño A	Diseño B	Kg/Há.	Porcentaje ^b
Mirador	63-1	N	266	458	÷ 192	÷ 72
		P205	156	190	÷ 34	÷ 22
	63-3	N	170	151	— 19	— 11
		P205	139	146	÷ 7	÷ 5
Mañil	63-2	N	760	187	— 573	— 75
		P205	222	120	— 102	— 46
	63-11	N	237	280	÷ 43	÷ 18
		P205	230	253	÷ 23	÷ 10

- a: Razones de precios: Precio 1 Kg. de N/100 Kg de trigo = 0,040
 Precio 1 Kg de P205/100 Kg de trigo = 0.0255
 Fuente: Consejo de Coordinación de Estadísticas Agropecuarias Continuas.
 N° 29, Enero 1966.
- b: Dosis óptima para diseño A igual a 100.

Sólo un ensayo presenta diferencias de importancia relativamente pequeña, el número 63-3, y en todos los casos las diferencias son menores para el fertilizante fosfatado que para el nitrogenado.

Se plantea aquí la interrogante de que siendo ambos diseños igualmente adecuados, en el sentido que generan modelos de regresión que producen rendimientos estimados y valores de R² similares, no se comportan de la misma manera en relación al cálculo de las dosis óptimas. Pudiera ocurrir que variando las relaciones de precio las diferencias disminuyeran, aun cuando no se puede descartar la posibilidad de que aumentasen.

Efecto del modelo de regresión sobre la dosis económicamente óptima.

Un problema similar al planteado en los párrafos anteriores se observa al revisar la literatura referente al efecto de la forma matemática del modelo de regresión sobre la dosis óptima calculada para los resultados de un ensayo Johnson (1953) calculó dosis óptimas de 5430, 230 y 164 libras por acre de nitrógeno para maíz utilizando respectivamente el modelo de Cobb-Douglas, el de Spillman y el cuadrático. Anderson (1957) calculó dosis óptimas de 147, 264 y 184 libras de nitrógeno por acre al utilizar respectivamente el modelo de Cobb-Douglas, el de Mitscherlich y el cuadrático, observando diferencias relativamente pequeñas en los rendimientos estimados, exceptuando el caso de los valores extremos de las dosis de fertilizante. El autor también ha llegado a resultados similares utilizando el modelo cuadrático y un modelo fracción racional propuesto recientemente por Nelder (Nelder, 1963), empleando resultados de ensayos de invernadero y suponiendo una relación de precios ficticia para el efecto de poder desarrollar el cálculo de la dosis óptima (Tejeda, 1966).

Importancia de la pendiente del modelo de regresión en el cálculo de dosis óptimas.

Lo expuesto en los párrafos anteriores estaría indicando que la variación de diseño o modelo no tendría un efecto de mucha importancia cuando se trata de obtener estimaciones de rendimiento, pero sí la tendría cuando se trata de determinar dosis óptimas.

La explicación que se pretende sugerir para este comportamiento reside en la naturaleza del modelo de regresión y su forma de utilización. Por definición, los parámetros del modelo de regresión se determinan aplicando la condición de minimizar la suma de cuadrados de las diferencias entre los valores estimados y los valores observados de la variable dependiente (método de los cuadrados mínimos). Lo anterior constituye hasta cierto punto una garantía que al obtenerse un R^2 adecuado, los valores estimados se asemejarán a los observados, independiente de diseño y modelo. Sin embargo, en la determinación de dosis óptimas y otras cantidades económicas, se utiliza principalmente la pendiente del modelo de regresión, la que está dada por la primera derivada del mismo. Y en la selección del diseño o la determinación del modelo no se impone ninguna condición que garantice que la pendiente de la curva resulte similar, en todo el rango de las observaciones experimentales, a la pendiente presentada por los datos. Esta última se puede evaluar en forma discreta por medio del cociente entre cada incremento observado de rendimiento y el correspondiente incremento de fertilizante.

Resumen y conclusiones

En el presente trabajo se ha pretendido revisar brevemente los aspectos básicos de la teoría del método para determinar funciones de producción para fertilizantes, y algunos problemas derivados de su utilización práctica.

En base a antecedentes proporcionados por la literatura y experiencias realizadas por el autor, se ha querido sugerir la importancia que tiene la consideración de otros factores de producción cuando se trata de obtener funciones útiles para recomendar prácticas de fertilización. Parte de la variación de los rendimientos no explicada por el efecto de los fertilizantes puede deberse a estos factores, cuya importancia relativa difiere para los distintos ambientes ecológicos.

Estudiando el efecto de diseños experimentales y modelos de regresión, se observa que la variación de éstos no influye considerablemente en el valor de las estimaciones de rendimiento, pero sí influye en el valor de las dosis óptimas calculadas. Este comportamiento pudiera atribuirse a la naturaleza y forma de utilización de la función de producción. El modelo de regresión se determina de tal manera que la suma de cuadrados de las diferencias entre rendimientos observados y rendimientos estimados sea mínima. En el cálculo de las dosis óptimas no se utilizan las estimaciones de rendimiento, sino la pendiente de la función de producción, es decir, su primera derivada. Y en la determinación de la función, no se impone ninguna condición en relación al grado de similitud que debe existir entre la pendiente estimada con la función y la pendiente que presentan los resultados experimentales.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anderson, R. L. 1957. Some statistical problems in the analysis of fertilizer response data. In Baum, E. L., Heady, E. O., Psek, J. T. and Hildreth, C. G., eds. Fertilizer innovations and resource use. pp. 187-206. Ames, Iowa, The Iowa State College Press, Inc.
- Batschelet, E. 1966 The application of mathematic sto biological problems. Bioscience 16, N° 1: 22-24.
- Engelstad, O. P. y Doll, E. C. 1961. Corn yield response to applied phosphorus as affected by rainfall and temperature variables *Agronomy Journal* 53: 389-392.
- Heady, E. O. 1952. Economics of agricultural production and resource use. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc.
- Heady, E. O. 1956 Methodological problems in fertilizer use. In Baum, E. L., Heady, E. O. and Blackmore, J., eds. Methodological procedures in the economic analysis of fertilizer use data. Ames, Iowa, The Iowa State College Press, Inc.
- Heady, E. O. y Dillon, J. L. 1961. Agricultural production functions. Ames, Iowa, The Iowa State University Press.
- Hutton, R. F. 1955. An appraisal of research on the economics of fertilizer use. Tennessee Valey Authority, Division of Agriculture Relations, Agricultural Economics Branch Report N° T-55-1: 30.

- Johnson, P. R. 1953. Alternative functions for analysing a fertilizer-yield relationship. *Journal of Farm Economics* 35: 519-529.
- Mitscherlich, E. A. 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des Abnehmende Bodenertrages. *Landwirtschaftliches Jahrbuch*, 38: 537-552.
- Mood, A. M. y Graybill, F. A. 1963. *Introduction to the theory of statistics*. 2nd ed. New York, N. Y., McGraw-Hill Book Co., Inc
- National Academy of Sciences-National Research Council. 1961. Status and methods of research in economic and agronomic aspects of fertilizer response and use. Publication 918 Washington, D. C., author.
- Nelder, J. A. 1963. The use of response surfaces in the interpretation of groups of experiments. *International Biometric Conference*, Cambridge, England. 5: VII-VIII.
- Olsen, S., Watanabe, F. y Dean, L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonata. USDA, Circular N° 939.
- Parks, W. L. y Knetsche, J. L. 1959. Corn yield as influenced by nitrogen level and drouth intensity *Agronomy Journal* 51: 363-364.
- Pesek, J. T. ca. 1964. Some considerations for production function research. Mimeographed. Ames, Iowa, Agronomy Department, Iowa State University of Science and Technology.
- Tejeda, H. 1966. Comparison of a rational fraction model with a polynomial to describe a factor-yield relationship. Unpublished M.Sc. thesis. Ames, Iowa, Library, Iowa State University of Science and Technology
- Tramel, T. E. 1957. A suggested procedure for agronomic economic fertilizer experiment. In Baum, E. L., and others, eds *Economic and technical analysis of fertilizer innovations and resource use*. Ames, Iowa, The Iowa State College Press, Inc.
- Voss, R. D. 1962. Yield and foliar composition of corn as affected by fertilizer rates and environmental factors. Unpublished Ph. D. thesis. Ames, Iowa, Library, Iowa State University of Science and Technology.
- Voss R. D. y Pesek, J. T. 1965. Geometrical determination of uncontrolled-controlled factor relationships affecting crop yield. *Agronomy Journal* 57: 460-463.

10. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL PLANTEL AVICOLA PARA LA PRODUCCION DE HUEVOS O CARNE

Manuel F. Bonino ()*

Las conquistas alcanzadas en el mejoramiento genético de los cereales y de ciertas especies animales y su correcta evaluación representan uno de los desarrollos más dinámicos de la economía mundial.

La mayor eficiencia obtenida en la producción agrícola y ganjera durante las dos últimas décadas, constituye sin duda la verdadera base del aumento del standard de vida del mundo occidental.

En nuestro país, como sucede con casi todo el resto del mundo, el mejoramiento genético de la producción ganadera está todavía en manos de criadores de pedigree. La gran excepción la constituyen los criaderos de aves que primero en E.U.A., luego en Europa y ahora en Argentina, han formado grandes empresas capaces de desarrollar y poner en práctica verdaderos programas de mejoramiento genético. La selección para ellos dejó de ser un arte para transformarse en ciencia aplicada (hay empresas norteamericanas que invierten anualmente en sus programas de mejoramiento genético más de medio millón de dólares).

El resultado es asombroso, hoy venden pollitos BB parrilleros y pollitas BB para postura de elevada capacidad de producción y tan eficientes que transforman 2 Kg. de alimento balanceado en 1 Kg. de carne o una docena de huevos.

Sin duda alguna la eficiencia no se debe exclusivamente a la constitución genética sino que es la conjunción de otros factores: manejo, alimentación y sanidad que paralelamente han evolucionado a un ritmo semejante.

En este capítulo tomaremos en consideración la constitución genética y los métodos para su evaluación.

(*) Ingeniero Agrónomo. Especialista en Avicultura (M.S.). Coordinador del Programa de Producción Avícola del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Pergamino, Argentina.

1) RAZAS, LINEAS o HIBRIDOS

En Argentina hasta 1958 sólo se explotaban las razas de gallinas Leghorn, New Hampshire, Rhode Island y Plymouth Rock. Existían hasta ese entonces un sinnúmero de pequeños o medianos criadores, cabañas, que reproducían poblaciones de dichas razas con escasa o nula presión de selección.

El uso de nidos trampas y los registros de pedigree empleados por ellos desde veinte años atrás, no se tradujeron en aumentos en los índices de producción. en 1951 todavía el promedio de postura por ave era de 75 huevos, cuando ya en los E.U.A. sobrepasaban los 160 huevos.

Las estirpes cruzadas o híbridos que a partir de 1958 se introducen en el país significaban la vertiginosa modernización de la explotación avícola cuya causal es la eficiente productividad de esas "nuevas gallinas".

Hoy los productores comerciales de huevos para consumo, exigen que las gallinas del tipo Leghorn (cruce de líneas de baja o alta consanguinidad) posean las siguientes características:

- A) Elevada producción de huevos: 250 - 280 por gallina alojada, en 12 - 14 meses de postura.
- B) Consumo reducido de alimento: menos de 2 Kg. por docena de huevos.
- C) Mortalidad inferior al 12 % durante el ciclo de producción.
- D) Mantener dichos niveles aun en condiciones de alojamiento muy intensivo: 5 - 6 aves m² de superficie, y ser a su vez tranquilas y no propensas al canibalismo.
- E) Buena textura de cáscara y calidad de albumen, que satisfaga las necesidades del mercado y del manipuleo-empacado mecánico de los huevos.

PRODUCCION DE CARNE: (pollos parrilleros producto de la cruce de hembras tipo White Rock por machos tipos Cornish).

Se enumeran las características que deben poseer:

- A) Rápido crecimiento es igual a 1,500 Kg. de promedio a los 60 días, con una conversión alimenticia próxima a 2 Kg. de ración por Kilo de pollo vivo.
- B) Resistencia general a las enfermedades, con una mortalidad inferior al 3 %.
- C) Elevada proporción de carne con respecto a hueso y muy buena conformación, que lo haga atractivo a los consumidores.
- D) Plumaje blanco y piel amarilla bien pigmentada.

2) PRUEBAS DE PRODUCCION

El productor avícola necesita conocer, con imparcialidad y relativa precisión, si la capacidad de producción de los diferentes stocks que se ofrecen en el mercado reúnen las características antes citadas. (Debemos recordar que hasta el presente, con la sola excepción de las aves y muy recientemente en cerdos, los productores ganaderos carecen de buenos elementos de juicio para adquirir sus planteles).

Las pruebas de producción con muestras tomadas al azar (Random Sample Test) desarrolladas inicialmente en los E.U.A. en 1947, representan actualmente el método más exacto para evaluar los planteles que se emplean en las explotaciones avícolas.

El 25 de marzo de 1966 en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino concluyó la Tercera Prueba de Producción de Gallinas Ponedoras y el 15 de marzo una prueba similar para gallinas productoras de carne White Rock y Cornish.

INTA — ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA DE PERGAMINO

SECCION AVICULTURA

TERCER CONCURSO DE POSTURA: 10-4-65 al 25-3-66

(Random Sample Laying Test)

Línea Origen	Nº huevos gallina alojada *	% gallina día	Conversión **	% mortalidad adulta	% huev. gdes. extra gdes.	Beneficio gallina aloj. ***
B Babcock	227,9	70,7	1.836	16	82,5	105,53
C Cruza Sancor	211,8	66,7	1.921	21	78,8	88,27
D Hy Line	194,7	67,0	2.006	32	84,8	3,28
E Shaver	198,6	64,2	2.002	28	80,8	— 19,95
Hu Californ. Gray	186,8	65,3	2.089	38	83,8	— 18 21
S Leghorn pura	185,2	59,1	2.097	19	78,6	— 16,01
8 Leghorn pura	163,9	55,5	2.334	33	79,8	— 110,66
10 Arbor Acres	216,2	68,8	1.850	26	88,5	84,74
11 Testigo	198,1	61,7	1.890	19	85,0	54,42

*) Número de huevos (en docenas standard - 660 grs.) producidos por una gallina.

**) Alimento necesario para producir una docena de huevos.

***) Ingreso por la venta de huevos más el valor de las gallinas al final del período de producción, menos el costo de la polla BB y del alimento consumido en las épocas de cría y postura.

Los números negativos indican pérdidas.

Son sus finalidades:

1) Comparar la productividad, bajo condiciones de manejo uniforme, de muestras representativas de los stocks comerciales ofrecidos a la venta por los cabañeros, multiplicadores o incubadores de pollitos BB.

2) Dar a conocer regular y públicamente los resultados y condiciones alcanzados en las pruebas para asesorar a los productores comerciales de huevos para consumo o pollos parrilleros, y a los cabañeros e incubadores de gallinas reproductoras, para la producción de híbridos, estirpes o razas mejoradas.

El esquema de las mismas es el tradicionalmente usado en E.U.A. y Europa, internacionalmente standarizado en la Conferencia de Zurich, octubre de 1959.

Los resultados obtenidos en ambas pruebas están indicando que algunos híbridos y cruzas alcanzan bajo nuestras condiciones de manejo los índices de producción antes mencionados, que el moderno avicultor exige para la producción de huevos o pollos parrilleros. Por otra parte la habilidad que demuestra para elegir el tipo de ave que más se ajuste a las necesidades del mercado para el cual produce, determinará sin dudas el volumen de sus ganancias.

IV

Análisis de Productividad de Recursos

VI

Digitized by Google

1. LA FUNCION DE PRODUCCION Y SU APLICACION EN LA AGRICULTURA

Kurt Ullrich ()*

La función de producción relaciona en forma empírica los insumos de los factores con la producción de bienes. Ello permite establecer cuáles son los factores productivos que explican la generación de la producción y cuál es el grado de asociación de cada insumo con el producto y su importancia dentro del producto. Hay tres tipos de funciones de producción que se utilizan con mayor frecuencia en las investigaciones empíricas.

a) La función de producción de tipo Leontieff-Harrod-Domar que tiene coeficientes tecnológicos fijos de producción y elasticidad de sustitución entre los factores productivos igual a cero. Es decir, se considera los insumos de factores productivos como complementarios. No hay sustitución entre ellos, se tienen que utilizar en proporciones fijas. Generalmente este tipo de función adopta la siguiente forma:

$$(1) P = \alpha K$$

en que:

P = producción
 α = una constante
K = capital

α se conoce con el nombre de relación producto capital que se utiliza en el modelo de crecimiento económico de Harrod-Domar. Leontieff en su modelo de insumo-producto utilizó coeficientes técnicos fijos. De allí que el nombre de ese tipo de función sea Leontieff o Leontieff-Harrod-Domar.

(*) Ingeniero Comercial, Profesor Investigador del Instituto de Economía y de Planificación de la Universidad de Chile. Santiago, Chile

b) El otro tipo de función es la llamada función Cobb-Douglas en la cual la elasticidad de sustitución de los factores productivos es igual a la unidad y cuya forma general es la siguiente:

$$(2) \quad b_1 \quad b_2 \quad b_i \quad b_n$$

$$P = \alpha X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_i^{b_i} \dots X_n^{b_n}$$

P = Producción

α = constante

X_i (i = 1,2,3..... n) = factores productivos

b_i (i = 1,2,3..... n) = coeficientes exponenciales de los factores productivos.

c) La tercera función es la llamada función de producción con elasticidad constante de sustitución "E.C.S.". Se presenta de la siguiente forma:

$$(3) \quad P = \left(\beta K^{-p} + \alpha L^{-p} \right)^{-\frac{1}{p}}$$

donde:

= Producto

K y L = Insumo de factores productivos

β , α y p son constantes que se supone reflejan las características técnicas del proceso productivo descrito por la función "E.C.S.". Al igual que la función C-D (Cobb-Douglas) esta función implica retornos constantes a escala ya que es homogénea de grado 1. Si multiplicamos P por una constante $\lambda > 0$ obtendremos un nivel de producto igual a $\lambda \cdot P$.

Tenemos:

$$P' = [\beta (\lambda K)^{-p} + \alpha (\lambda L)^{-p}]^{-\frac{1}{p}}$$

$$P' = [\lambda^{-p} \beta K^{-p} + \lambda^{-p} \alpha L^{-p}]^{-\frac{1}{p}}$$

$$P' = [\lambda^{-p} (\beta K^{-p} + \alpha L^{-p})]^{-\frac{1}{p}}$$

$$P' = (\lambda - p - \frac{1}{p} [\beta K - p + \alpha L - p])$$

$$P' = \lambda P$$

La elasticidad de sustitución de la función "E.C.S." puede variar entre 0 y ∞ . Como se puede observar, esta función incluye como casos especiales la función Leontieff-Harrod-Domar y la función Cobb-Douglas.

Después de esta presentación general se estudiará la función de Cobb-Douglas (C-D) en forma más detallada, debido a que se aplicó esta función al Area Agrícola de Maipú.

Se vio que la forma general de la función C-D es la siguiente:

$$(4) P = \alpha X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n}$$

Esta función es homogénea de grado $b_1 + b_2 + \dots + b_n$ pues si se multiplica los factores productivos por una constante λ se obtiene:

$$P' = \alpha (\lambda X_1)^{b_1} (\lambda X_2)^{b_2} \dots (\lambda X_n)^{b_n}$$

$$P' = \alpha X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n} \lambda^{b_1 + b_2 + \dots + b_n}$$

$$P' = P \lambda^{b_1 + b_2 + \dots + b_n}$$

Esto significa que si todos los factores cambian en la misma proporción, la producción cambiará en la proporción $\lambda^{b_1 + b_2 + \dots + b_n}$ lo que viene a indicar la homogeneidad de la función.

En un principio se definió la función C-D de tal forma que:

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1, \text{ o sea, se estableció que la función era homogénea}$$

de grado 1, lo que viene a significar rendimientos constantes a escala.

$$\text{Si } \sum_{i=1}^n b_i < 1 \text{ se tiene rendimientos decrecientes a escala}$$

y si

$$\sum_{i=1}^n b_i > 1 \text{ se está frente a rendimientos crecientes a}$$

escala.

Es ventajoso utilizar la función, C-D cuando existen rendimientos constantes a escala. Otra característica de la función C-D es la constancia de las elasticidades de producción con respecto a cada uno de los insumos. Dichas elasticidades son los coeficientes exponenciales b_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) de la función.

Aplicando logaritmo a la función se obtiene:

$$(5) \log P = \log \alpha + b_1 \log x_1 + b_2 \log x_2 + \dots + b_n \log x_n$$

Para obtener la elasticidad de producción con respecto al insumo X_1 basta derivar la ecuación (5) con respecto a X_1 :

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dX_1} = b_1 \frac{1}{X_1}$$

(6)

$$b_i = \frac{X_i}{P} \cdot \frac{dP}{dX_i}$$

(8)

$$b_i = \frac{X_i}{P} \cdot \frac{dP}{dX_i}$$

(7)

$$b_i = \frac{\frac{dP}{P}}{\frac{dX_i}{X_i}}$$

(9)

$$b_i = \frac{\frac{dP}{dX_i}}{\frac{P}{X_i}}$$

b_i es el coeficiente de elasticidad del insumo i con respecto al producto P , es decir indica en qué proporción varía el producto $\frac{dP}{P}$ al

variar en una determinada proporción el insumo i $\frac{dX_i}{X_i}$

(ver relación 7).

También se puede interpretar la elasticidad b_i como la contribución del insumo X_i al producto, o sea, qué proporción del producto es aportado por el insumo X_i .

X_1 — indica el valor del insumo X_1 y P es el producto. (Ver relación 8). También se puede interpretar el coeficiente de elasticidad b_1 como una relación entre la productividad marginal y la productividad media del mismo factor. (Ver relación 9). Si se hace los supuestos de la competencia perfecta y de rendimientos constantes a escala se puede afirmar que la tasa de cambio del producto depende: a) del cambio en la disponibilidad de los factores productivos y/o b) de la tasa de progreso tecnológico.

Ello es cierto siempre y cuando se suponga que la remuneración al factor productivo es igual a su productividad marginal (lo que equivale a suponer perfecta movilidad de los factores productivos), y que la función C-D sea homogénea de grado uno.

Supuestos que utiliza la función Cobb-Douglas

1. — Rendimientos constantes a escala, o sea relaciones lineales entre los insumos y el producto.
2. — Elasticidad de sustitución de los factores productivos igual a la unidad.
3. — Competencia perfecta: se remunera a los factores productivos según su productividad marginal.
4. — Los coeficientes de elasticidad de los factores permanecen constantes.

Ventajas o utilidad que ofrece la función C-D

1. — Indica cuáles son los factores productivos que explican la generación del producto.
2. — Indica a través del coeficiente de elasticidad el aporte al producto de cada uno de los factores productivos.
3. — Permite calcular la productividad marginal de cada factor.
4. — Permite comprobar si existe o no diferencias significativas entre la productividad marginal del factor y su precio de mercado.
5. — Permite realizar proyecciones en 2 sentidos:
 - a) si se incrementan los insumos en una determinada proporción, la función indica cuál es el nivel del producto que se obtendrá.
 - b) si se desea conseguir un cierto nivel del producto, la función indicará en cuánto hay que aumentar los insumos de factores productivos para lograr dicha meta.

En ambos tipos de proyecciones se ha supuesto que el nivel tecnológico es estable.

6. — Por las consideraciones anteriores la función C-D es un valioso instrumento para una política agraria. (Planificación). Las ventajas anteriormente mencionadas se presentan siempre y cuando la función C-D refleje cabalmente el proceso productivo (estadísticamente hay que analizar el coeficiente de correlación). Si dicha función se ajusta a la realidad productiva, dependerá luego de si se cumplen o no los supuestos de esta función, para saber si es posible utilizarla con las ventajas mencionadas.

Posibles dificultades en la aplicación de la función C-D y algunas desventajas

1. — Se presentan complicaciones en la medición correcta de ciertos factores.
2. — En la actividad agrícola existen muchos factores de carácter aleatorio como son el clima, plagas, pestes, etc., variables difíciles de controlar y de cuantificar. Ello dificulta las proyecciones que se pueden realizar con la función obtenida. Una posible solución sería plantearse un modelo econométrico.
3. — Por limitaciones estadísticas y de operación se consideran sólo los factores más importantes que influyen sobre la producción. Existen pocos estudios agrícolas en que la función C-D exceda de 4 variables.
4. — La función de producción es de carácter agregado y por lo tanto las conclusiones que de ella se derivan son válidas solamente para ese nivel de agregación definido anteriormente. No se pueden obtener inferencias para un predio en particular por ejemplo.
5. — Puede surgir la presencia de multicolinealidad entre las variables explicativas. Algunas variables explicativas pueden estar fuertemente correlacionadas entre sí, de tal forma de que sea imposible determinar el efecto que aisladamente c/u. de ellos ejerce sobre la variable explicada.
La solución al problema de la multicolinealidad consiste en buscar nueva información de tal forma que quede eliminada.
6. — También surgen algunas limitaciones en el uso de la función C-D al no cumplirse algunos de los supuestos que ella postule.

En ese sentido por ejemplo el supuesto de las elasticidades constantes implica que se puede utilizar la función para hacer proyecciones a corto plazo o hasta aquel plazo en que se podría suponer que trabajar con los mismos coeficientes de elasticidad no distorsionaría la realidad futura.

2. ALGUNOS PROBLEMAS EN LA APLICACION DE LA FUNCION COBB-DOUGLAS EN EL AREA-MAIPU ¹

Kurt Ullrich ()*

1. Objetivos del Programa de Desarrollo Agrícola Area-Maipú.

Los objetivos que definen y guían la labor del Programa de Desarrollo Agrícola Área-Maipú se podrían resumir en los siguientes puntos principales:

1. Realizar un estudio que abarque los siguientes aspectos del área geográfica denominada "Área-Maipú".
 - a) La realidad económica.
 - b) La situación social y humana.
 - c) Los recursos naturales.
2. Dichas investigaciones, a su vez servirían para cumplir con los siguientes propósitos:
 - a) Recomendar ciertas medidas de desarrollo agrícola para el "Área-Maipú", lo cual serviría de base para que las autoridades ejecutivas puedan diseñar algunas líneas generales de política agrícola para esa región.
 - b) Desarrollar una metodología a seguir para futuras investigaciones sobre materias afines en otras áreas.
 - c) Proporcionar una fuente de preparación de personal técnico.
3. Diseñar un Programa de Extensión Agrícola que abra la posibilidad de solucionar los problemas económicos y sociales de dicha Área.
4. Servir como campo de experimentación en materia de adiestramiento y extensión agrícola.

(1) El presente informe no pretende ser un artículo definitivo, sino que notas explicativas a la exposición efectuada durante el Seminario. El trabajo aún está en etapa de análisis por lo que no se pudo entregar en esta oportunidad resultados definitivos.

(*) Ingeniero Comercial, Profesor Investigador del Instituto de Economía de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.

2. Breve presentación del "Área-Maipú".

La superficie total del área es de aproximadamente 62.500 Hás. que se distribuyen como sigue:

	Hás.	% del Total
Superficie agrícola bajo riego	42.000	67,2
Superficie agrícola de secano	14.600	23,4
Terrenos urbanos	5.900	9,4
Superficie Total	62.500	100,0
Superficie cultivada	44.000	
Superficie cultivable	47.000	
% de aprovechamiento	93,62%	

Calidad del suelo:

Más del 50 % corresponden a las Categorías I a IV de riego.

La superficie agrícola se distribuye en 1.380 predios agrícolas (mayores de 1 Há.) cuya clasificación por tamaño es la siguiente:

	Superficie	Nº predios	% del Total
Estrato I	1 a 4,9 Hás.	810	59
Estrato II	5 a 49,9 Hás.	365	26
Estrato III	50 a 199,9 Hás.	85	6
Estrato IV	200 a más Hás.	120	9
Total		1.380	100

Concentración de la superficie agrícola:

Alrededor del 20 % de las explotaciones tienen el 80 % de la superficie agrícola.

Según el uso a que está sometida la tierra, las explotaciones se pueden agrupar de la siguiente manera:

CUADRO N° 1

Distribución de la superficie cultivada del Area por uso agrícola
y algunos indicadores económicos

Uso	Superf. en % sobre el total	Ingr. E°/Há.	Cap. de Explo- tación E°/Há	Jornada por Há.
Hortalizas	12,2	684	1.122	155,5
Frutales	10,7	916	1.135	101,0
Viñas y Parronales	4,1	1.529	1.469	94,3
Chacras	17,2	507	688	52,0
Cereales	19,6	383	286	16,1
Pastos Artificiales	36,1	239	1.188	41,6

Riego:

La disponibilidad del agua es suficiente en términos globales existiendo un cierto grado de escasez estacional en la época de verano.

3. Diferentes metodologías utilizadas para realizar el estudio económico.

Para hacer estudios de productividad agrícola se pueden aplicar diferentes metodologías, que algunas veces se substituyen y/o se complementan. La elección de la metodología dependerá de factores tales como: tiempo disponible, recursos financieros, disponibilidad de datos e informaciones, propósitos de la investigación, etc.

El estudio económico del "Area Maipú" empleó 3 metodologías.

1. Una de ellas es el análisis de *Administración Rural* que tiene como objetivo estudiar la organización y manejo de las explotaciones encuestadas. Se puede elegir una explotación modelo y se le hace un presupuesto ya sea parcial o total.

Esta metodología utiliza indicadores promedios y las recomendaciones son a nivel del productor y llegan a un nivel de desagregación bastante amplio.

2. Otra metodología es *la Función de Producción*. Se ajustó una función Cobb-Douglas mediante el método de regresión múltiple a las 145 encuestas. La función de producción relaciona estadísticamente los insumos de factores productivos con el producto; es de carácter agregativo y por lo tanto es posible hacer proyecciones y recomendaciones a ese nivel.

Si se cumplen ciertos supuestos se pueden calcular las productividades marginales de los diferentes factores productivos.

Para una visión más detallada de la función de producción véase el capítulo correspondiente.²

3. El 3er. método de investigación que se emplea es la *Programación Lineal*. En ella se plantean una serie de *actividades* que pueden ser por ejemplo: los diferentes usos a los cuales es posible someter a la tierra (uso hortícola, frutícola, chacras, viñas, etc.). Cada una de estas actividades insumen en una cierta proporción factores productivos. Entonces se plantean una serie de *restricciones* que indican que no es posible utilizar más de un factor productivo de la disponibilidad que se tenga. Por último se diseña una función objetiva que puede consistir por ejemplo en maximizar el ingreso del área.

4. Metodología en la aplicación de la función Cobb-Douglas al Area-Maipú.

1. Estratificaciones:

Se decidió efectuar el estudio con dos set de estratificaciones.

a) Las observaciones, obtenidas a través de una encuesta se agruparon por tamaño, resultando cuatro estratos:

- 1) 1 — 4,9 Hás.
- 2) 5 — 49,9 Hás.
- 3) 50 — 199,9 Hás.
- 4) 200 y más Hás.

b) Además se clasificaron los datos por tipo de uso:

- Uso 1 = Hortícola
- Uso 2 = Frutal
- Uso 3 = Rotación Extensión.

El criterio para incluir una observación en uso determinado fue el siguiente: para que una explotación fuese clasificada en el grupo hortícola, debía dedicar más del 60 % de su superficie cultivada a hortalizas. Similar criterio se siguió con los frutales. Los que no cumplían con esta condición forman el grupo Uso 3.

Posteriormente se efectuó además una regresión múltiple para toda la zona.

2. Variables usadas:

a) Al elegir las variables que se deseaba usar en las regresiones, se presentó la disyuntiva: 1) Empezar con el máximo de variables que podrían explicar la producción para ir eliminando posteriormente aquellos que no fuesen significativos, o

(2) "La función de Producción y su aplicación consisten en la agricultura", distribuidos durante este Seminario.

bien 2) Empezar las regresiones con pocas variables e incluir posteriormente otras que se esperaba fuesen significativas.

Se decidió aplicar el criterio 1. Sin embargo, al rehacerse el trabajo se usó el segundo.

b) Definición de las variables. Inicialmente se relacionó el producto con 14 variables, 7 cuantitativas y 7 mudas. Ellas fueron:

- Y = Entrada bruta, E°/explotación.
- X₁ = Superficie cultivada, en hectáreas.
- X₂ = Mano de Obra. Total jornadas año.
- X₃ = Gastos tecnológicos, en E°/año.
- X₄ = Otros gastos en E° (Gastos de operación — X₃).
- X₅ = Capital que ahorra Mano de Obra en E°.
- X₆ = Capital productivo. E° ej. ganado.
- X₇ = Capital inmueble especial, en E° ej.: sitios, establos, galpones (se excluyen las casas patronales).

Variables mudas:

- X₈ = USO. Tres alternativas como se vio anteriormente.
- X₉ = Tenencia. Cuatro alternativas: propio, arrendado, mediero y mixto.
- X₁₀ = Residencia con cuatro alternativas: reside y trabaja a full time o no, no reside y trabaja a full time o no.
- X₁₁ = Administración dos alternativas: Tiene o no tiene administrado.
- X₁₂ = Crédito dos alternativas: tiene o no tiene crédito.
- X₁₃ = Lugar de venta tres alternativas: venta en verde (en la mata) venta en el predio o fuera de él.
- X₁₄ = Clasificación del producto, con dos alternativas: clasifica o no.

Con objeto de intentar de medir el grado empresarial del productor, se incluyó la variable X₃, gastos tecnológicos. Es decir se supuso que la compra o producción de forrajes, el gasto incluido en el cuidado del ganado, la compra de semillas certificadas, el uso de abonos, fungicidas e insecticidas podrían indicar cierto grado empresarial. Además se incluyó en forma separada una variable denominada Capital que ahorra mano de obra con objeto de estudiar las relaciones de sustitución entre mano de obra y capital. X₅ incluye las maquinarias e implementos.

Posteriormente al rehacerse el trabajo se usaron dos nuevas variables: Z₁ = Gastos operación equivalente a X₃ + X₄

Z₂ = Capital, equivalente a X₅ + X₆ + X₇

a) Problemas metodológicos.

Como ya se dijo, se inició el trabajo con funciones de producción con 14 variables. Debido a los innumerables problemas que se tuvo para llegar a algunos resultados positivos, se rehicieron las funciones pero con 4 variables independientes solamente. Además se determinó una función general para el área con cinco variables.

Los resultados parciales y provisionarios obtenidos para la clasificación por tipo de uso y para la función general se pueden observar en el cuadro N° 2.

CUADRO N° 2
Coeficientes de Regresión Area-Maipú

	USO 1 Hortícola	USO 2 Frutal	USO 3 Mixto	Función General
Valor de b (elasticidades):	11,37	59,44	17,19	30,51
Tierra	0,325 +	0,653 +	0,300 +	0,360 +
Jornadas	0,421 + +	0,209	0,215 + + +	0,350 +
Gastos tecnológicos				0,097 +
Otros gastos				0,249 +
Gastos de operación	0,416 +	0,280 + + +	0,405 +	
Capital	-0,0008	0,0002	0,105	0,010
Suma de elasticidades	1,155	1,145	1,027	1,069
Standard error				
Tierra	0,129	0,211	0,119	0,085
Jornadas	0,183	0,241	0,129	0,098
Gastos tecnológicos				0,036
Otros gastos				0,058
Gastos de operación	0,141	0,160	0,080	
Capital	0,072	0,036	0,078	0,026

+ = t = 0,02
 + + = t = 0,05
 + + + = t = 0,10

Entre los problemas metodológicos encontrados en la aplicación de función de producción Cobb-Douglas, uno se refiere al valor cero que aparecen para algunas observaciones en algunas variables.

Hay tres alternativas para este tipo de obstáculo. Primero, se puede agregar un valor constante ej. 1.000 a todos los valores de la variable en que aparece el valor cero o bien se reemplaza este por un valor positivo muy próximo a cero por ej. 000,1. Se emplearon ambas alternativas pero los resultados no fueron satisfactorios y se decidió entonces reemplazar el valor cero por uno. Dado que los va-

lores de las observaciones de las variables en que aparecen cero están por lo general altos, el reemplazar el cero por el uno afectaba marcadamente dicha variable.

Otro problema enfrentado se refiere a las variables mudas. En primer lugar se introdujeron demasiado de ellas, y además varias de ellas tenían tres o más alternativas de interpretación. Así por ej. a la variable tenencia se le dio 4 alternativas, propio, arrendatario, mediano y mixto. Sin embargo el coeficiente (b) que se obtuvo no podía ser interpretado correctamente. En la literatura econométrica las variables mudas tienen siempre dos alternativas (si o no con respecto a un hecho) pero no se encuentra argumento para usar más de 2 alternativas por variable. Dado que los resultados fueron poco satisfactorios se decidió primero efectuar regresiones con variables cuantitativas y agregar posteriormente uno o dos variables mudas pero con dos alternativas cada una solamente.

Un tercer obstáculo con el que se enfrentó en los resultados dicha relación con el insumo capital. Tanto en el set de funciones con cuatro variables (en que 3 correspondían a capitales) como en el segundo set con sólo cuatro variables (siendo $Z_2 = \text{Capital} = X_5 + X_6 + X_7$), ningún coeficiente de (b) fue significativo con un $t = 0,10$. Además los coeficientes eran todos muy cercanos a cero. Si bien es cierto que se puede esperar que los coeficientes sean muy bajos, pues demostrarían una elasticidad de producción muy baja y probablemente una productividad cercana a cero, extraño sí que ningún coeficiente fuese significativo. Esto podría indicar por un lado que dicha variable estuviese mal definida o bien que existiese multicolinealidad con otra variable independiente. La tercera respuesta sería que el capital no tiene relación alguna con el producto y que por lo tanto pudiese ser eliminada de la función. Sin embargo esta alternativa de respuesta es poco lógica ya que es difícil pensar que el capital no juega papel alguno en la agricultura.

3. PROGRAMACION LINEAL

A NIVEL DEL PREDIO ZONA DE CACHAPOAL

Gonzalo Arroyo ()*
Maximiliano Cox
Ronald Chester
Javier L. Troncoso
Rafael Yrarrázaval

I. INTRODUCCION

La agricultura sufre, en general, de una falta de planificación racional. Este hecho se presenta tanto a nivel del predio como a nivel regional y aún a nivel nacional.

El empresario agrícola que posee cantidades determinadas de recursos, se ve enfrentado a tres problemas básicos. ¿Qué bienes producir? ¿Cómo producirlos? y ¿Cuánto producir de cada uno?

Estos problemas, como todos los que se presentan en la ciencia económica, implican una elección entre múltiples alternativas y ésta se efectúa teniendo como mira la maximización de algún tipo de objetivo.

Para elegir entre estas múltiples alternativas, se han ido ideando métodos programáticos de exactitud y complicación creciente, los cuales, una vez fijado el objetivo de maximización o minimización permiten efectuar esta elección de acuerdo a dichos objetivos. Uno de estos métodos es el de Programación Lineal.

El presente trabajo tiene por objeto ofrecer una demostración de la aplicación de este moderno método de planificación a un caso concreto de empresa agrícola.

Aunque los programas óptimos obtenidos son para una sola empresa agrícola de la zona de Cachapoal, Provincia de O'Higgins, ésta reúne las características promedios de la zona. Por lo tanto, este trabajo puede considerarse como un primer paso hacia la programación de toda la región del Cachapoal, región que presenta todas las características de una zona geográfica homogénea, es decir, no excesivamente diferenciada por sus condiciones de clima y suelo.

(*) Ingeniero Agrónomo. Economista Agrícola (Ph. D.) Profesor Investigador. Departamento de Economía Agraria. Facultad Agronomía. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. (Responsable del estudio).

II. DESCRIPCION DEL PREDIO

El predio se encuentra ubicado en la Provincia de O'Higgins, comuna de Peumo y está a 150 kms. y 60 kms. respectivamente de Santiago y Rancagua.

Esta localidad goza de un micro-clima, caluroso en verano y con escasas heladas y cuenta con suelos bastante homogéneos de clase II. ¹

El predio elegido para ser programado, es representativo de las condiciones medias prevalecientes en la zona, tanto en su capacidad empresarial como en la distribución de sus cultivos y rendimientos. Un caso similar ocurre con los recursos disponibles, ya sea en cuanto a mano de obra como maquinaria. Referente al capital de operaciones se ha partido de la hipótesis que el dueño operaba con la Entrada Bruta del año anterior. Al ser un predio promedio en cuanto a cultivos automáticamente tendría entonces una disponibilidad de caja promedio (Capital de Operaciones).

III. PLANTEAMIENTO Y SOLUCION DE LOS PROGRAMAS

La planificación del promedio se hizo desde dos puntos de vista distintos. El primero en que se consideraron sólo las actividades anuales, prescindiendo de empresas de larga duración como viñas, frutales, etc. y el segundo en que se consideraron todas las actividades, incluyendo las últimas mencionadas. A continuación se presentarán los recursos limitantes (restricciones) y las actividades consideradas para el fundo estudiado, que dado el carácter de promedio que éste posee, se pueden considerar las alternativas y restricciones del común de las propiedades de la región.

1. Antecedentes del Primer Programa

1.1. Restricciones.

Las restricciones consideradas para el primer programa fueron las siguientes:

a) *Tierra*: El primer recurso limitante es la disponibilidad de tierra. Ella está dada por el total de superficie que posee menos la superficie indirectamente productiva (camino, construcciones, cercos, etc.) y menos la superficie destinada a frutales y viñas.

El fundo estudiado posee 208,25 Hás. aprovechables en cultivos, de las cuales 51,25 Hás. están ocupadas por limones, naranjos y viñas, lo que deja un total de 157 Hás. para cultivos anuales.

(1) Proyecto Aerofotogramétrico.

b) *Mano de obra*: La disponibilidad de mano de obra a lo largo del año se logró calculando el promedio de jornadas que trabaja un hombre en un año, el cual se obtuvo estudiando registros mensuales del predio que abarcaban desde 1962 hasta 1964. Esto dio un promedio de 24 jornadas por hombre al mes. Este promedio se multiplicó por el número de hombres empleados cada mes durante el presente año, lo que dio la disponibilidad total de jornadas por mes. A estas cifras se les dedujeron las necesidades de mano de obra por mes correspondientes a cultivos permanentes y las jornadas que anualmente se dedica a labores generales (limpia de canales, reparaciones de casas, etc.).

Posteriormente se calculó el hectareaje máximo sembrable con las jornadas disponibles, con lo que se comprobó que eran restrictivos sólo los meses de Marzo y Junio ya que la disponibilidad alcanzaba para trabajar menos hectáreas que las existentes.

Las jornadas disponibles en Marzo son 489; en Junio se dispone de 797.

c) *Horas tractor*: El predio cuenta con la dotación habitual de máquinas de la zona, siendo restrictivos sólo los tractores (posee cuatro) ya que son las maquinarias más versátiles y se emplean en todas las labores que exigen mecanización.

Para determinar los meses en que las horas tractor son limitantes se siguió igual procedimiento que en la mano de obra. Los meses limitantes resultaron ser:

Enero	con	348	horas/tractor	
Marzo	"	705,52	"	"
Abril	"	783,20	"	"
Julio	"	732,08	"	"
Agosto	"	745,76	"	"
Septiembre	"	707,76	"	"
Octubre	"	630,04	"	"

d) *Capital de Operaciones*: Se estimó que la disponibilidad de fondos para hacer frente a los gastos específicos de las diferentes empresas del plan óptimo, estaría dado por la entrada bruta del año base (1964). A estos fondos se les descontó la cantidad de dinero necesaria para hacer frente a los gastos generales y a los gastos de las empresas permanentes (frutales y viñas), con lo que se tuvo el capital a asignar entre las diversas alternativas anuales.

La entrada bruta de 1964 fue de E° 291.360,30. Hechos los descuentos mencionados, el capital de operaciones para cultivos anuales fue de E° 192.860,69.

e) *Límites de contratación de capital*: Se estimó que el empresario no querría contratar más capital a crédito que aproximadamente un 10 - 15 % de su propio capital (alrededor de E° 200.000). Por esto se limitó el crédito a E° 25.000.

f) *Pasto*: La empresa de engorde de novillos es de bastante importancia en Cachapoal y está supeditada a la disponibilidad de pasto. Por este motivo el pasto se incluyó dentro de las restricciones a nivel 0 en el programa inicial. De este modo se asegura que el número de Hás. de pasto producido va a ser exactamente el requerido por los novillos.

g) *Límite de contratación de jornadas en Marzo*: Se estimó que la contratación de mano de obra en Marzo (ver sección "Actividades") había que ponerle como límite un número razonable de jornadas. Se estimó que este podía ser 1200 jornadas/mes, es decir, que se contratarán 48 obreros durante 25 días.

1.2. Actividades.

Para determinar las distintas actividades del fundo se tuvieron dos fuentes de datos: las empresas actuales del fundo y la encuesta efectuada en la zona por don José Miguel Pereira.

Las actividades consideradas son las siguientes:

- Trigo
- Maíz Tracy
- Maíz MA . 2
- Porotos
- Papas
- Semillero de trébol
- Cebada
- Maravilla
- Melones
- Engorda
- Pasto
- Contratación de Jornadas en Marzo
- Contratación de Jornadas en Junio
- Contratación de Capital.

Las contrataciones de jornadas en Marzo y Junio se incluyen por ser estos meses una época en que generalmente los fundos contratan mano de obra de afuera, y es necesario ver hasta qué punto conviene hacerlo. La actividad pasto se incluyó para que sea aprovechado, en la engorda de novillos y, tal como se explicó oportunamente, entrará en el programa en la cantidad exacta que éstos requieren.

1.3. Matriz Inicial.

En el Cuadro I se presentan las restricciones y actividades descritas. Para calcular los coeficientes insumo —producto que aparecen en la matriz— se hicieron presupuestos para cada una de las activi-

CUADRO I. MATRIZ INICIAL DEL PRIMER PROGRAMA

Unidades	Disponi- bilidad	Trigo X ₁	Maiz MA ₂ X ₂	Maiz Tracy X ₃	Porotos X ₄	Papas X ₅	Semillero trébol X ₆	Cebada X ₇
1. Tierra	Hás. 157	1	1	1	1	1	1	1
2. Capital	Eº 100 1.929	3,897	8,098	7,193	4,405	10,3228	7,95	3,478
3. Jornadas marzo	J-H 489		3,75	3,10	-13,89	36,10	15,15	
4. Jornadas junio	J-H 797	0,22	5,40					
5. Hrs. Trac. enero	Hrs. 348	1,44		8,40	2,64			
6. Hrs. Trac. marzo	Hrs. 705,52		1,84		20,48		3,20	
7. Hrs. Trac. abril	Hrs. 783,20	3,92	3,76				11,04	
8. Hrs. Trac. julio	Hrs. 732,08							
9. Hrs. Trac. agosto	Hrs. 745,76	1,28	3,92			3,92		8,72
10. Hrs. Trac. setiembre	Hrs. 707,76					2,56		
11. Hrs. Trac. octubre	Hrs. 630,16				5,92	5,20	2,64	
12. Pasto	Hrs. 0							0,88
13. Limite capital	Eº 100 250,00							
14. Jornada marzo	J-H 1.200,00							

Continuación del cuadro I.

	Unidades	Disponi- bilidad	Maravilla		Melones		Pasto		Engorda		Contr.		Contr.	
			X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	
1. Tierra	Hás.	157	1	1	1	1	0	198,60	0	0	0	0	0	0
2. Capital	Eº 100	1.929	8,284	7,769	2,2536	5,8640	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	-1
3. Jornadas marzo	J-H	489	4,00	9,16	-1	0,13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4. Jornadas junio	J-H	797												
5. Hrs. Trac. enero	Hrs.	348												
6. Hrs. Trac. marzo	Hrs.	705,52				0,08								
7. Hrs. Trac. abril	Hrs.	783,20	2,00			0,08								
8. Hrs. Trac. julio	Hrs.	782,08			1,38	0,08								
9. Hrs. Trac. agosto	Hrs.	745,76				1,04								
10. Hrs. Trac. setiembre	Hrs.	707,76	7,04	4,00		1,04								
11. Hrs. Trac. octubre	Hrs.	680,16	4,00	7,04		0,08								
12. Pasto	Hrs.	0			0,33	0,08								
13. Límite capital	Eº 100	250,00			-1	0,4								
14. Jornada marzo	J-H	1.200,00												1

CUADRO II. PROGRAMA OPTIMO PARA ACTIVIDADES ANUALES

Recursos limitantes	Unidades	Disponibilidad	Semillero trébol	Maravilla	Melones	Contratación	Total uso	Recursos ociosos
Nivel actividades	Hás.		70,94	88,70	52,30	jornad marzo	de recursos	
			hás.	hás.	hás.	1.200 Jorn.		
USO DE RECURSOS								
Tierra	Hás.	187,00	70,94	88,70	52,30		156,94	0,00
Capital	Eo 100	1.929,00	566,87	108,95	406,82	50,40	1.121,44	806,62
Jornadas marzo	Jornadas/H	1.689,00	1.074,74	184,80	479,06		1.688,60	0,00
Jornadas junio	" "	797,00						797,00
Horas tract. enero	Hrn. tract.	348,00						348,00
Horas tract. marzo	" "	705,52	227,00	67,40			294,40	411,04
Horas tract. abril	" "	783,20	783,17				783,20	0,00
Horas tract. julio	" "	732,08						732,08
Horas tract. agosto	" "	745,76						
Horas tract. setiembre	" "	707,76		287,24	209,20		446,94	298,98
Horas tract. octubre	" "	680,16		184,80	368,19		502,99	204,46
Límite jornadas marzo	" "	1.200,00	187,28	88,57			270,85	869,21
Límite contrat. capital	Eo 100	250,00				1.200	1.200	250,00
Pasto	Hás.	0						0
Precio	Eo		1.835,00	483,03	708,15	0		
Utilidades parciales	Eo		94.704,00	16.278,11	37.086,24			
Utilidad total	Eo		148.018,3					

dades, basados en datos obtenidos del mismo fundo y en una encuesta realizada por don José M. Pereira en la zona. Los rendimientos tomados para calcular los precios netos (utilidades netas) también fueron obtenidos de la encuesta mencionada y son promedios para Chapoal.

2. Análisis de los Resultados

En el Cuadro II se presenta el programa óptimo para las actividades anuales. Este contempla:

70,74 hás. de semillero de trébol
 33,70 hás. de maravilla
 52,30 hás. de melones

Se contratan además 1.200 jornadas hombres en el mes de Marzo. La obtención de utilidad bruta de este plan alcanza a E° 148.018,30. Esto equivale a una utilidad bruta promedio en las 157 hás. de E° 942,79.

Sólo se agotan tres recursos: la tierra, las jornadas-hombre en Marzo y las horas-tractor en Abril. El resto de los recursos en parte permanecen ociosos.

Es interesante tratar de examinar por qué no se agota el capital recurso que se considera ordinariamente el más escaso. La razón debe ser la siguiente: es probable que esté algo sobre-estimada la cifra utilizada como capital disponible para el año, vale decir la entrada bruta del año anterior. Es probable que un empresario ordinario deba cubrir deudas contraídas anteriormente, además de financiar el año de trabajo.

Los precios "sombras" de los recursos limitantes —aquellos que se agotan en el plan óptimo— pueden interpretarse como indicadores del valor de producto marginal, esto es, lo que aumentaría la función objetivo (utilidad bruta) si se añadiese una unidad más de estos recursos. También pueden interpretarse como los costos de oportunidad de esos factores, es decir, lo que disminuiría la función objetiva al utilizarse una unidad menos de ellos. Estos son:

Tierra	E°	308,5
Jorn/Marzo	E°	43,6
Horas/Abril		
Tractor	E°	33,0

Las cifras indicadas para la tierra corresponden aproximadamente al valor de arriendo de una hectárea en la zona estudiada. El valor del producto marginal de las jornadas de Marzo es alrededor de 10 veces el precio del salario de una jornada hombre (considerado como costo) a pesar que el plan indica que se han contratado 1.200 jornadas en ese mes.

El costo de oportunidad de la hora tractor de Abril es también alrededor de 10 veces superior al costo-hora considerado en el cálculo de los precios netos de las actividades (E° 3,59). Sin embargo, el hecho que existan 3,140,77 horas-tractor ociosas durante los demás meses del año, indican —en la medida que esta empresa sea representativa de la zona— una ineficiencia en la adquisición excesiva de maquinaria por predio. Más valdría contratar servicios de tractor en el único mes en que este recurso es limitante —Abril— antes que tener un capital considerable no aprovechado.

Si consideramos el costo de oportunidad de horas-tractor, notamos que a diferencia del de la mano de obra en Marzo, no se incluyó una actividad de arriendo de maquinarias dentro de las alternativas del programa. Esto nos permite concluir que la mano de obra es más limitante que las horas-tractor, pues de hecho se contrataron 1.200 jornadas-hombre, llegando al máximo fijado.

Por último, corresponde analizar la sensibilidad de los resultados en relación a los precios. La solución óptima obtenida se mantiene igual dentro de los siguientes límites de precios netos de las actividades seleccionadas.

	Límite Inferior	% d/prec.	Precio neto consid.	% del precio	Límite Superior
Semillero de Trébol	E° 772,73	57,8	1 334,60	105,01	1.401 56
Maravilla	318,65	65,96	483,03	101,94	892,41
Melones	680,02	96,02	708,15	117,35	831,04

Los límites de estos rangos nos indican el porcentaje en que puede cambiar el precio neto asignado a cada actividad, permaneciendo el resto de los precios constantes sin cambiar el programa obtenido. Así por ejemplo, para la actividad semillero de trébol, el precio neto de ella (Utilidad Bruta-Costos Variables) puede bajar a E° 772,73, vale decir, un 42% respecto al precio neto considerado en el programa, y el plan obtenido se mantiene igual. De manera similar pueden interpretarse los otros límites en los precios netos de las actividades. La variación obtenida da un amplio margen de seguridad para los resultados o el plan óptimo recomendado, salvo en el caso de los melones. De bajar más de un 4% el precio neto de ellos, permaneciendo el resto de los precios constantes, los melones serían reemplazados por papas en el programa óptimo. Por lo tanto, si las expectativas y preferencias del empresario siguen un modelo que anteponga la seguridad a la posibilidad de obtener beneficios más altos, le convendría reemplazar los melones, por otra actividad, por ejemplo papas, que aunque haga rebajar su utilidad neta al menos le asegura una renta más

estable. Al contrario, el empresario más arriesgado procedería —y quizás menos endeudado— y preferiría sembrar melones antes que cultivar papas.

3. Antecedentes del Segundo Programa

3.1. Restricciones.

Las restricciones consideradas para el segundo programa fueron las siguientes:

a) *Tierra*: En este caso, se incluyó en el programa la disponibilidad total de tierra para cultivos, deduciendo solamente la tierra que no se utiliza actualmente, vale decir, aquella destinada a casas, cercos, huertos de casas, caminos, etc. Esto da una disponibilidad total de 203,25 Hás. (contra 157 Hás. del plan anterior).

b) *Mano de Obra*: La disponibilidad de mano de obra se calculó de la misma forma que para el primer programa y sólo se descontó de la disponibilidad total de mano de obra de cada mes, aquella que se emplea para efectuar las labores generales (limpia de canales, reparaciones de casas, etc.).

De este modo se tienen los siguientes meses en que la disponibilidad de jornadas es limitante:

Enero	1.728	jornadas-hombre
Marzo	1.296	" "
Mayo	1.416	" "
Octubre	1.368	" "

c) *Horas tractor*: En cuanto a la disponibilidad mensual de horas tractor, ella está dada por el número de tractores que posee el predio (4) y el número de horas que trabaja al día (8). Esto da una disponibilidad mensual constante de 800 horas tractor al mes. Dada esta disponibilidad, los meses en que la producción se ve limitada por ellas son:

Enero	800	horas - tractor
Febrero	" "	" "
Marzo	" "	" "
Abril	" "	" "
Julio	" "	" "
Agosto	" "	" "
Setiembre	" "	" "
Octubre	" "	" "

d) *Límite de contratación de capital*: Se utilizó como límite para el capital pedido a crédito, la misma cifra que en el primer programa (E° 25.000).

e) *Pasto*: Se adoptó el mismo criterio que en el primer programa.

f) *Límite de Contratación de Jornadas en Marzo*: 1.200 jornadas, igual que el primer programa.

g) *Capital de Operaciones*: En este caso, deberá descontarse de la entrada bruta anual, que se estima en el dinero con que cuente el agricultor para hacer frente a los gastos ordinarios del predio. Al total de entradas sólo hay que descontarle, en este caso, aquellos gastos que no pueden ser asignados a ninguna empresa en especial.

Así se tiene:

Entrada Bruta Total	E° 291.360,30
<hr/>	
<i>Menos:</i>	
Gastos Generales	12.918,60
Salarios Generales	31.276,85
Labores Generales (limpia canales)	1.051,31
Construcciones	2.826,03
Total Disponible Capital de Operaciones	E° 234.287,51
<hr/>	

3.2. Actividades.

Las actividades del segundo programa son las mismas que se incluyeron en el programa anterior más las actividades permanentes. Las empresas permanentes consideradas son limones, naranjos, paltos y viñas. Se vio también la posibilidad de asociar estos frutales con algunos cultivos anuales durante el tiempo que demora en empezar a producir, como una forma de amortizar los gastos de plantación. Esta asociación se consideró sólo durante los primeros tres años ya que pueden producirse entorpecimientos en las labores y pisoteo excesivo perjudicando la plantación.

En resumen, a las actividades ya conocidas se agregaron las siguientes empresas:

- Limones
- Naranjos
- Paltos
- Limones con porotos
- Limones con melones
- Naranjos con porotos
- Naranjos con melones
- Paltos con melones
- Viña

Con el objeto de poder hacer comparaciones entre empresas anuales y permanentes, cuyos retornos al capital son a períodos tan distintos y en que, por consiguiente, el riesgo que se corre es también muy desigual, fue necesario llevar tanto los costos variables como las entradas brutas anuales de los frutales a su "valor presente". Para esto se tomó una tasa de interés del 5 %. Posteriormente se sacó un promedio de las utilidades (en valor presente) de cada especie frutal, introduciéndolas en la matriz bajo la hipótesis que los productores harían una plantación frutal siempre que en promedio a través de los años éstas le renten más que los cultivos anuales. (Ver Apéndice V).

Para calcular los costos y las entradas brutas de cada año fue necesario hacer una estimación del aumento progresivo de los rendimientos y del uso de insumos en cada año para cada especie. Para el efecto se consultó la opinión de los especialistas del Departamento de Fruticultura señores Ginés Reñasco, Domingo Reyes, Nicolás González y Alejandro Hernández. Las estimaciones realizadas de insumos y rendimientos junto con los presupuestos para cada año no se incluyen en esta presentación por falta de espacio.

3.3. Matriz Inicial.

En el Cuadro III se presentan las actividades y restricciones indicadas para el segundo programa. Los coeficientes insumo - producto para las actividades anuales son los mismos que para la primera matriz correspondiente al programa en que sólo se consideraron las empresas anuales. Aquellos proporcionados para las empresas permanentes fueron sacados de los presupuestos respectivos.

4. Análisis de los Resultados

En el Cuadro IV aparece el plan que maximiza la Utilidad Bruta para el predio estudiado. Se indica también el uso de recursos de ese plan.

El plan consiste en:

27	Hás. de Papas
70	" " Semillero de Trébol
38	" " Melones
15	" " Pasto
37	Novillos de Engorda
53	Hás. de Limones con Melones

Se contratan 422 jornadas - hombre en Enero y 1.200 jornadas en Marzo. La utilidad bruta total proporcionada por este plan es de E° 235.988,26, lo que equivale a E° 1.162,50 promedio por há. Esto

Continuación del cuadro III.

Restricciones	Nivel	Unidades	Naranjas Xiv	Naranjas Melones Xis	626,03 Naranjas Melones Xis	1.453,99 Paltos Xis	1.477,68 Paltos Porotos Xso	1.477,18 Paltos Melones Xsn	376,22 Viña Xsn	-0,06 Contr. capital Xsn	0 Contr. J. enero Xsa
1. Tierra	203	Hás.	1	1		1					
2. Capital	2.432,38	Eº 100	6,3420	6,8777		5,2106	5,4816	5,9894	6,1453	-1	0,042
3. Jornadas enero	1.728	J-H			3,66				8,96		-1
4. Jornadas marzo	1.296	"			10,31				42,88		
5. Jornadas mayo	1.416	"			26,53				9,46		
6. Jornadas octubre	1.368	"			2,66				5,11		
7. Tractor enero	800	Hrs.			7,68						
8. Tractor febrero	800	"			2,00						
9. Tractor marzo	800	"			13,68						
10. Tractor abril	800	"			21,68						
11. Tractor julio	800	"			2,24						
12. Tractor agosto	800	"							10,5		
13. Tractor setiembre	800	"									
14. Tractor octubre	800	"									
15. Límite capital	250	Eº 100									1
16. Límite jornada marzo	1.200	J-H									
17. Pasto (trébol ballica)	0	Há.									

CUADRO IV. PROGRAMA OPTIMO PARA ACTIVIDADES ANUALES Y PERMANENTES - ACTIVIDADES REALES

Recursos limitantes	Uni- dades	Disponi- bilidad	Semillero				Pasto	Novillos	Limones con melones	Contr. Jornad. enero	Contr. Jornad. marzo	Uso de recursos	Recursos ociosos
			Papas	Trébol	Melones	Melones							
Nivel actividades			27 há.s.	70	38 há.s.	15 há.s.	37 cab.	53 há.s.	432 Jr.	1,200 Jr.			
Tierra	Hás.	203	27	70	38	15		53			203	0	
Capital	Eo 100	2,432,88	275,71	549,78	294,82	33,80	216,97	335,22	18,14	50,40	1,777,84	655,03	
Jornadas enero	Jorn./H	1,728	86,13	46,20	635,74	9,90	4,81	1,370,88	482		1,121,86	6,64	
Jornadas marzo	" "	1,296	974,70	1,060,50	348,08		4,81	109,71		-1,200	1,297,80	0,00	
Jornadas mayo	" "	1,416	46,90			10,05	6,29	186,03			249,27	1,166,73	
Jornadas octubre	" "	1,368	85,05	69,30	180,50	14,85	4,81	1,008,59			1,363,10	4,90	
Tractor enero	Hás.	800					2,96	407,04			410,00	390,00	
Tractor febrero	" "	800					2,96	792,88			795,04	4,16	
Tractor marzo	" "	800	224,00				2,96	152,64			379,60	420,40	
Tractor abril	" "	800	772,80			20,70	2,96	4,24			800,70	0,00	
Tractor julio	" "	800					38,48	224,72			263,20	536,80	
Tractor agosto	" "	800	105,84		152,00		38,48	106,00			402,32	397,68	
Tractor setiembre	" "	800	69,12		267,52		2,96	262,88			602,48	197,52	
Tractor octubre	" "	800	140,40	184,80		4,95	2,96	394,32			727,43	72,57	
Límite capital	Eo 100	250										250,00	
Pasto	Hás.	0				-15	14,80				-0,20	0,00	
Límite jornadas marzo	Jorn./H	1,200								1,200	-1,200,00	0,00	
Precio	Eo		1,277,70	1,277,70	708,00	0,00	193,60	1,395,72	0,00	0,00			
Utilidades parciales	Eo		34,497,90	34,497,90	26,904,00	0,00	7,163,20	73,973,16	0,00	0,00			
Utilidad total	Eo	235,988,26											

significa que al considerar dentro de las alternativas de producción las empresas a más largo plazo (frutales), se produce un aumento en la Utilidad Bruta promedio por há. de E° 220 aproximadamente con respecto al programa óptimo para las actividades anuales. (Evidentemente que habría que utilizar aquí un análisis más refinado en que se introduzcan consideraciones de incertidumbre y riesgo).

Los recursos que aparecen como limitantes son:

Tierra
 Jornadas Hombre en Enero
 Jornadas Hombre en Marzo
 Jornadas Hombre en Octubre
 Horas Tractor Febrero
 Horas Tractor Abril

Todos ellos se agotan en la solución final. Al incluir los frutales la mano de obra es limitante en tres meses, Enero, Marzo y Octubre. Al igual que en el programa para cultivos anuales, el capital no constituye un recurso limitante. Esto confirma la idea de que la disponibilidad de dicho capital fue sobreestimada. La interpretación que se le podría dar a la cantidad disponible de capital, E° 211,171, es que ésta constituye el nivel óptimo de capital para ese predio, dadas las otras restricciones y las actividades consideradas.

Los precios sombras obtenidos en la solución final para los recursos limitantes son los siguientes:

Tierra	E° 338,6
Jornadas Hombre Enero	0
Jornadas Hombre Marzo	23,1
Jornadas Hombre Octubre	33,1
Horas Tractor Febrero	24,9
Horas Tractor Abril	55,5

El valor de E° 0 para las jornadas-hombre en Enero se explica por el hecho que se incluyó una actividad de contratación de jornadas - hombre en ese mes sin ningún límite, por lo que no tiene costo de oportunidad.

Si comparamos los valores de los costos de oportunidad de los recursos limitantes del segundo programa con los del primero, vemos que la tierra ha aumentado su costo de oportunidad en E° 30, lo cual se explica por la inclusión en el segundo programa de los frutales que tienen una alta utilidad bruta por hectárea. El costo de oportunidad de las jornadas Marzo se redujo en E° 20 aproximadamente y el de las horas tractor Abril aumentó en E° 20. Esto refleja las diferentes necesidades que de estos recursos tienen las actividades seleccionadas en el segundo programa óptimo. Aparece en este programa también como recurso limitante la disponibilidad de mano de obra

en Octubre con un costo de oportunidad de E° 33,1. Esto se debe a la gran cantidad de mano de obra consumida por los limones en ese mes (19,1 jornadas por há.).

Con respecto al uso de tractores este programa presenta casi las mismas características que el anterior. Sería más conveniente para el empresario arrendar tractores en los dos meses en que éstos son limitantes y no tenerlos sin uso como aparece en la solución final.

Una idea de la estabilidad o sensibilidad del programa óptimo puede obtenerse analizando los rangos de variaciones en los precios netos de las actividades seleccionadas dentro de los cuales la solución final se mantiene. Estos son los que indican a continuación:

	Límite Superior	% del Precio	Precio Neto Consider.	Límite Inferior	% del Precio
Papas	1 613,42	126,27	1.277,72	1,047,81	82,00
Semillero de Trébol	1.874,44	140,44	1.334,60	1.116,31	83,64
Melones	772,09	109,03	708,15	613,42	86,62
Novillos de Engorde	241,93	124,96	193,60	162,34	83,85
Limones con Melones	7.239,73	518,70	1.395,72	1,393,13	99,74

Como se puede apreciar a través de las cifras indicadas, la solución se mantiene para rangos amplios de variaciones de los precios netos. Hay una excepción: el caso de los limones asociados con melones, cuyo precio neto prácticamente no puede disminuir, permaneciendo los demás constantes, sin que cambie la solución obtenida. Esto sin embargo, no tiene gran importancia práctica, dado que la actividad que lo reemplazaría total o parcialmente, sería la de limones asociados con porotos, lo cual no constituiría un cambio fundamental en el Programa.

5. Comparación de los resultados obtenidos con la situación del predio y de la zona al momento de efectuar el estudio

En el Cuadro N° 1 se presenta la distribución de cultivos en el predio, tal como éste fue explotado en el año 1964-65 y la distribución propuesta por el plan óptimo en que se consideraron empresas anuales y permanentes. El Trigo y el Maíz que se cultivan en el predio, son reemplazados en el plan óptimo por Papas y Semillas de Trébol. Este incluye además 15 há. de Pasto, y 38 há. de Melones. La superficie ocupada por Viña y Naranjos en el predio es reemplazada en parte por Limones y en parte por cultivos anuales. Como se puede apreciar a través del Cuadro N° 1, los cultivos específicos dentro del predio cambian, pero no así la distribución porcentual de la tierra por grupos o tipos de cultivos, lo que se ve más claramente en el Cuadro N°

2. Este último presenta, expresada en %, la superficie ocupada por los cultivos de Rotación, Frutales y Viñas, empastadas y chacras de Inquilinos para tres casos: la zona del estudio, el predio antes de hacer el estudio y la solución óptima que se proporcione para el predio. Esto permite hacer comparaciones interesantes.

CUADRO N° 1

	Hás.	Plan	Situación del Predio	
		Optimo	antes del Estudio	
		%	Hás.	%
Trigo			34	16,75
Maíz			94	46,30
Porotos			24 (1)	
Papas	27	13,30		
Semillero de Trébol	70	34,48		
Cebada				
Maravilla				
Melones	38	18,72		
Limonos	53	26,10	31	15,27
Naranjos			21	10,34
Otros Frutales				
Viña			23	11,33
Pasto	15	7,38		
Novillos	37			
	203 Há.	99,98%	203 Há.	99,99%

(1) Las hectáreas con porotos no se han considerado en la distribución porcentual en el programa actual del predio, debido a que están asociadas a los frutales.

CUADRO N° 2

Categoría	Zona	Situación del Predio		Plan Optimo
	Superficie	antes del Estudio		Superficie
	%	Superficie	%	%
Cultivos de Rotación	44	63,05		66,50
Frutales y Viñas	17	36,95		26,10
Empastadas	30	—		7,40
Chacras de Inquilinos	9	—		—
	100%	100,00		100,00

Las superficies destinadas a cada grupo no varían sustancialmente entre la situación del predio antes del estudio y la solución propuesta. Hay sí una diferencia entre las dos situaciones anteriores y la de la zona. El % de la superficie total destinada a Cultivos de Rotación es en los dos primeros casos un 20% mayor que la de la zona; lo mismo sucede con la tierra destinada a frutales; ésta es un 10-20% mayor. Sin embargo, disminuye la superficie destinada a empastadas y chacras de Inquilinos en relación al porcentaje zonal.

Esto concuerda plenamente con las posibilidades reales de la zona, pues por poseer un microclima favorable a los frutales, debiera intensificar la producción de estos últimos, disminuyendo la importancia de las empastadas.

De esta comparación se puede deducir como conclusión la anterior recomendación general para mejorar la eficiencia en la asignación de recursos entre rubros alternativos agropecuarios.

IV. CONCLUSIONES GENERALES

La Programación es de fácil aplicación a nivel del predio, si entendemos por esto el utilizar datos procesados con una máquina electrónica y obtener un plan o programa óptimo. Sin embargo, no es tampoco la panacea que algunos creen. Es un instrumento útil en la medida en que se conozca perfectamente sus limitaciones:

1) Las hipótesis o supuestos que lo sostienen (linealidad, actividades divisibles, aditividad, conocimiento perfecto de los precios y rendimientos, etc.). El uso de técnicas más refinadas, como son la programación no lineal y estocástica no parecen dar tampoco resultados satisfactorios. El análisis lineal dinámico, en cambio puede ser utilizado con éxito en el caso de empresas que requieran mayor tiempo de maduración para las inversiones (frutales, viñas, ganado lechero, etc.).

2) El valor de los coeficientes insumo-producto es básico para obtener buenos resultados. En este sentido, estamos muy lejos en Latinoamérica de contar con suficiente información básica sobre rendimientos, usos de insumo, y costos de operación. La forma más frecuente para comenzar a recolectar información es por medio de encuestas en el terreno. Sin embargo, un centro que se encargue de recolectar sistemáticamente datos, a base de convenios con los empresarios y las cooperativas, para procesarlos año a año, puede ser la mejor fórmula en dichos casos para mejorar la exactitud de los coeficientes insumo-producto.

El Departamento de Economía Agraria de la Universidad Católica, acaba de fundar un Centro de Estudios para Empresas Agrícolas con el fin de obtener para sí mismo y suministrar a otras instituciones mejores datos que permitan mejorar la efectividad de los Estudios Económicos y aumentar así la productividad de la Agricultura. Ac-

tualmente se posee ya una muestra de 142 empresas del valle central, agrupadas en Cooperativas y espera también en el futuro extender sus servicios a Cooperativas de pequeños propietarios y de asentamientos.

3) En ningún caso la Programación Lineal debe usarse para obtener el plan óptimo de un predio. Es un método demasiado caro y el sistema de presupuestos lo reemplaza mucho más efectivamente. Sin embargo, los resultados de Programación para empresas consideradas típicas o representativas de una zona o de un tipo de explotación, pueden ser muy útiles para orientar la política agraria de la zona o de una clase de actividad y para que el extensionista agrícola logre transmitir en forma más aplicada a la situación de cada empresa individual, los resultados demasiado generales de la Programación Lineal.

En suma, la Programación Lineal, conocidas sus limitaciones, con datos adecuados y con experiencia en su uso, puede llegar a ser un instrumento muy adecuado para aplicar con éxito y rápidamente en forma económica, los resultados obtenidos de la investigación física y biológica y también de la recolección de datos empíricos de las mismas empresas y mejorar así el desempeño de la Agricultura.

4. UN ENSAYO DE PROGRAMACION LINEAL A NIVEL REGIONAL, MAULE NORTE

Gonzalo Arroyo ()*
Ronald Chester
Sergio Valdés
Rafael Yrarrázaval

I. Introducción.

El desarrollo económico del país exige una mejor asignación de recursos en la agricultura. El estudio de este problema puede llevarse a cabo a nivel del predio, de la región o de la nación.

El objetivo principal de este trabajo es hacer un primer intento para determinar un plan de asignación óptima de recursos a nivel regional y llegar, mediante su comparación con la actual distribución de recursos, a detectar sus posibles ineficiencias en su asignación.

La zona en estudio es el área de "Maule Norte" compuesta por cinco comunas de la provincia de Talca. En ella se han realizado, como es sabido, una serie de estudios y encuestas tendientes a promover el desarrollo económico-social del área.

Dentro de un plan agrícola los factores que tienen mayor interés para este estudio, aparte del interés en sí de desarrollar una nueva metodología, son la tenencia de la tierra y la mano de obra. Según algunos estudios la mano de obra se encontraría subocupada en una proporción considerable en la agricultura. Esta subocupación está asociada a bajos niveles de ingresos, lo que se traduce en una marginalidad del campesino en los aspectos educacionales, sociales y económicos, impidiendo de este modo el desarrollo general del país.

Una política agraria, ante la presencia del desempleo o subocupación en la agricultura, debe no sólo orientarse a incorporar nuevas técnicas que aumenten la productividad de la mano de obra, sino también a crear una estructura de tenencia que tienda al uso más intensivo de factores de bajo costo social, como sería el caso de la mano de obra subocupada.

(*) Ingeniero Agrónomo Ph. D. Profesor-Investigador Depto. Economía Agraria. Facultad Agronomía. Universidad Católica de Chile (responsable del Estudio).

Como la eficiencia de los recursos puede variar según el tamaño de los predios, éstos se han clasificado, para poder hacer comparaciones, en cinco estratos de tenencia, siguiendo la metodología del CIDA, pero subdividiendo en dos el estrato multifamiliar grande.¹

En este estudio nos preocuparemos de buscar ¿cuáles estratos se caracterizan por usar más mano de obra en relación a la tierra que poseen? ¿Cuál es la utilidad en los distintos estratos por hectáreas en el plan óptimo? ¿Cuál es la asignación óptima de recursos en cada estrato?

Las respuestas a estas interrogantes son de importancia para una política agraria regional, que debe tener por fin aumentar la producción y mejorar la condición del campesino. Lo mismo ver hasta qué punto la programación lineal es instrumento útil para este tipo de estudio.

II. Descripción del Area de Maule Norte.

Consta de cinco comunas de la Provincia de Talca. Ellas son: Maule, San Clemente, Pelarco, Río Claro y Talca.

La superficie total agrícola es de 272.037,9 Hás. y las Hás. de riego son 111.465,9.²

La superficie bajo cultivo es de 60.897 Hás. y su distribución porcentual es la siguiente:³

Trigo	38,8%
Arroz	17,7%
Frijoles	12,4%
Viñas	10,0%
Maravilla	6,7%
Papas	5 %
Remolacha	2 %

III. Antecedentes del Programa.

Para la realización de este ensayo de programación regional, se han considerado las siguientes restricciones como representativas de los recursos que pueden limitar más la magnitud de las diversas empresas susceptibles a desarrollar como plan óptimo.

(1) CIDA, Chile: Tenencia de la tierra y desarrollo socio-económico del sector agrícola. Santiago, 1966.

(2) Según datos de Impuestos Internos.

(3) Estimación 1962-1963. Dirección de Estadísticas y Censos Depto Economía.

1. Restricciones Reales.

a) *Superficie y calidad de los suelos.*

Se ha clasificado en cuatro estratos de tenencia, los cuales se han obtenido según la cantidad de hectáreas básicas que poseen,⁴ considerando a la vez el trabajo familiar que proporcionan.⁵

Estrato	Rango en Hectárea básica
Sub-familiar y familiar	0,1 a 19,9
Multi-familiar Mediano	20 a 79,9
Multi-familiar Grande	80 a 319,9
Gran Propiedad	320 y +

En cuanto al uso del suelo, éste se ha clasificado por estrato de tenencia en tres capacidades de uso a saber:

R₁ = clase 1 y 2 de riego

R₂ = clases 3 y 4 de riego

R₃ = clases 1 a 4 de secano. (Secano arable)

b) *Mano de obra.*

Para el cálculo del número de jornadas de mano de obra en el año se hizo proyección de la población económicamente activa que labora en la agricultura en 1960, hecho por el demógrafo Sr. Armand Mattelart.⁶

Al mismo tiempo basado en las necesidades mensuales por cultivo, de mano de obra, se incluyó como restricción común a todos los estratos en los meses de enero y marzo, por ser éstos los que se estimaron como la época de más demanda de empleo agrícola.

c) *Capital de operación.*

Se utilizó el promedio de costos variables por Há. básica dividido en los diferentes estratos de tenencia de la tierra, basado en

(4) Tabla de Transformación de Há. Básicas del Proyecto Ley de Reforma Agraria, actualmente en tramitación en el Congreso.

(5) Clasificación del CIDA

Predio Sub-Familiar	1 — 1,8 activos
" Familiar	2,2 — 3,6 "
" Multi-familiar mediano	5,1 — 8,7 "
" " " grande	15,8 — 71,2 "

(6) Proyecto "Maule Norte", antecedentes demográficos Armand Mattelart.

una encuesta de producción efectuada por el Ministerio de Agricultura⁷ en la zona de Maule Norte en 1964. Se obtuvo el total de capital de operación de cada estrato multiplicando su total de Hás. básicas por el promedio de costos variables por Há. básica.

d) *Restricción pasto.*

Las empresas Lecherías y Engorde de Novillos no podrán ocupar una cantidad superior de forraje de aquel producido por las rotaciones propuestas, de ahí su inclusión en el programa a nivel 0.

2. Restricción de carácter técnico.

Las restricciones de carácter técnico corresponden a ciertos limitantes en la producción física, dadas por factores de mercado, de abastecimientos de insumos, de suelos, o bien de capacidad limitada de producción en un tiempo determinado.

Es así como a través de los diferentes programas se podrían limitar las siguientes actividades:

Engorde de novillos.

Número de vacas de lechería.

Número de Broilers.

Número de aves ponedoras.

Números de cerdos.

Superficie máxima de remolacha.

Superficie máxima de viñas, con riego y secano.

3. Actividades.

Dentro de las actividades se han considerado algunas de las posibilidades de producción en el área, tanto agrícolas como pecuarias.

Además se incluyen como actividades en los diferentes programas las contrataciones de aquellos productos que limitan la producción, ya sea mano de obra o capital de operación.

a) *Rotaciones.*

Las posibilidades de cultivo propias de la zona, se han agrupado en 9 rotaciones de riego y una de secano, cada una con dos tipos de mecanización, simple y completa.

(7) Encuesta "Maule Norte", Ministerio de Agricultura, Depto. Economía Agraria y Programa Chile - California.

Las rotaciones de riego son:

Rotación 1

Remolacha
Trigo-Trébol-Ballica
Trébol-Ballica
Trébol-Ballica

Rotación 2

Frijoles
Trigo-Trébol-Ballica
Trébol-Ballica
Trébol-Ballica

Rotación 3

Maíz
Trigo-Trébol-Ballica
Trébol-Ballica

Rotación 4

Maravilla
Trigo-Trébol-Ballica
Trébol-Ballica

Rotación 5

Papas
Trigo-Trébol-Ballica
Trébol-Ballica
Trébol-Ballica

Rotación 6

Arroz
Arroz
Maravilla
Trigo-Trébol
Trébol
Trébol

b) **La rotación de secano:**

Rotación de secano

Trigo-Trébol subterráneo
Trébol subterráneo
Trébol subterráneo
Trébol subterráneo
Trébol subterráneo
Trébol subterráneo

c) **Pecuarios:**

Lechería
Engorda de Novillos
Ovejería
Ponedoras
Broilers
Porcinos

La ovejería ha sido incluida en común con la rotación de secano, es decir los costos y utilidades de esta empresa se han considerado juntos con la rotación de secano.

Los porcinos y aves se han caracterizado en el programa por no usar tierra como restricción.

La Lechería y Engorda de Novillos o combinación de ellos que ocupan el pasto de las rotaciones son determinadas por el programa óptimo.

d) *Viñas.*

Se incluyó como actividades Viña de Secano y Riego y sus costos y utilidades se consideraron en valores presentes al 5% de interés anual. En un período de 30 años, entre producción y formación.

4. **Coeficientes Insumo-Productos.**

Se obtuvieron en su mayor parte del estudio de "CORFO", "Insumos físicos en la Agricultura" y de otras fuentes.

a) *Rendimiento.*

Los rendimientos se diferencian según los estratos de tenencia para los distintos cultivos en base a la encuesta hecha por el Ministerio de Agricultura⁸ antes mencionada. Con estos datos se puede hacer la diferenciación de Entrada Bruta de cada cultivo en los diferentes estratos.

b) *Precios.*

Los precios para las diferentes actividades, podrían ser los precios promedios de los últimos seis años, deflactados a E^o de 1964 (año de la encuesta).⁹

En cuanto a los insumos son los precios del año, como para la mano de obra el salario mínimo agrícola en Talca en 1964.

5. **Resolución de los Problemas.**

Los problemas han sido resueltos mediante el Computador IBM 1620 en la Sección Computación de la Universidad Católica.

Dada la capacidad del Computador en que sólo es posible calcular una matriz de 40 x 40, es decir cuarenta restricciones y cuarenta variables o actividades, se hace necesario casi eliminar a priori ciertas actividades según la siguiente relación:

Para el presupuesto calculado para cada rotación se seleccionan

según	Precio Neto	y	Precio Neto
	Costo Variable		Jornadas Mano Obra

escogiéndose aquellas con valores más altos.

(8) Encuesta "Maule Norte". Ministerio de Agricultura, Depto. Economía Agraria y Programa Chile-California.

(9) Encuesta "Maule Norte", Ministerio de Agricultura, Depto. Economía Agraria y Programa Chile-California.

IV. MATRIZ INICIAL, RESTRICCIONES Y ACTIVIDADES ADICIONALES

Esta programación a nivel regional, tenía al iniciarse, un carácter experimental. Por lo tanto, la elección de restricciones y actividades estuvo sometida a un proceso de ensayos y errores, a partir de una matriz inicial que se presentaba en el Cuadro N° 1.

Los resultados del programa óptimo obtenido a partir de ella, no fueron tan buenos como se esperaba. Por ejemplo, una cantidad considerable de tierra quedó ociosa.

Esto obligó en programas sucesivos agregar nuevas actividades —pecuarias, contratación de capital, contratación de mano de obra, etc.— y a introducir también ciertas restricciones para mantener dentro de límites razonables, dadas las condiciones del mercado y las características agrícolas de la zona, la inclusión en proporción excesiva de actividades de mayor retorno dentro de los planes óptimos.

De una serie de 6 programaciones hechas hasta el momento, presentamos en el Cuadro N° 2, una síntesis de las principales características de cada programa, de los planes óptimos obtenidos y de las utilidades netas logradas en cada plan.

Además, se incluye en el Cuadro N° 2, un resumen de las restricciones correspondientes a cada uno de los planes óptimos presentados.

NOTA: En esta matriz inicial (Cuadro N° 1) fue incluida la restricción Límite Contratación Mano Obra Marzo que corresponde a un 50% de la disponibilidad inicial.

Otras actividades introducidas fueron: Contratación de Capital (A_{47} a A_{50}), contratación Mano Obra Marzo (A_{51}), Pecuarios (Ponedoras A_{52} a A_{55} y Broilers A_{56} a A_{59}).

Esto se hizo sólo como orientación para los modelos posteriores (Programa 3-4-5-6) pues la capacidad de procesamiento del IBM 1620 utilizado es sólo para una matriz de $M \times N$ 40 x 40.

Para añadir nuevas actividades y restricciones a partir de esta matriz inicial en los sucesivos programas fue también necesario aplicar los criterios de selección ya descriptos.

Descripción de Actividades:

A continuación se describe cada una de las actividades incorporadas en el Cuadro N° 1.

Rotaciones R_1 : Clase 1 y 2 de riego.

A_1 y A_2 (*Mecanización Simple A_1 y Completa A_2*)

Papas

Trigo-Trébol-Ballica

Trébol-Ballica

Continuación del cuadro I.

			2094,57	1978,88	399,97	286,17
Nivel restricciones			A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆
1) Estrato subfamiliar						
Tierra R ₁	6 542,0	Hás.				
Tierra R ₂	2.298,5	"				
Secano arable	5.020,4	"				
Capital	2.021.107,1	Eº				
Pasto	0	Hás.				
2) Estrato familiar						
Tierra R ₁	12.375,6	Hás.				
Tierra R ₂	4.348,2	"				
Secano arable	4.118,5	"				
Capital	6.584.013,0	Eº				
Pasto	0	Hás.				
3) Estrato multifamiliar						
Tierra R ₁	3.543,2	Hás.	3	3		
Tierra R ₂	12.449,1	"			5	5
Secano arable	3.249,3	"				
Capital	14.076.034,2	Eº	1616,60	1732,79	1483,92	1597,72
Pasto	0	Hás.	-1,66	-1,66	-1,66	-1,66
4) Estrato gran propiedad						
Tierra R ₁	28.114,9	Hás.				
Tierra R ₂	9.878,2	"				
Secano arable	41.840,8	"				
Capital	23.396.664,5	Eº				
Pasto	0	Hás.				
5) Comunes a todos los estratos						
Mano obra enero	416.369,8	J-H	21,68	15,72	12,91	9,06
Mano obra marzo	416.369,8	"	35,77	29,06	37,48	34,57
Viña de riego	5.000,0	Hás.				
Viña de secano	1.300,0	"				
Sup. máxima de remolacha	2.800,0	"				
Mano de obra octubre	416.269,8	J-H	12,84	9,90	19,61	17,48
Mano de obra noviembre	416.269,8	"	12,07	9,40	10,60	8,69
Límite contr. mano obra marzo	83.273,0	"				
Mano de obra total	4.996.437,5	"	151,0	116,0	148,8	126,5
			Rotaciones de R ₁		Rotación R ₂	

97,34	876,70	2308,83	2193,64	200,47	38,91	1187,72	1157,08	25,93
A₁	A₂	A₃	A₇	A₈	A₉	A₁₀	A₁₁	A₁₂
3	3	3	3	5	5			
1286,97	1317,61	1492,24	1607,43	1304,41	1465,97			
-1,66	-1,66	-1,66	-1,66	-1,66	-1,66			
						3	3	3
						1317,74	1348,38	900,94
						-1,66	-1,66	-1,66
16,29	13,25	21,68	15,72	15,68	11,74	16,29	13,25	11,08
15,67	14,76	35,77	29,06	35,61	33,53	15,67	14,76	17,51
1	1					1	1	
7,73	6,83	12,84	9,90	13,67	17,10	7,73	6,83	8,59
33,92	33,25	12,07	9,40	13,02	11,23	33,92	33,95	8,09
141,7	129,9	151,0	116,0	135,0	116,1	141,7	129,2	86,0
Rotación R₁				Rotación R₂		Rotación R₁	Rotación R₂	

CUADRO II. ESTRATO SUBFAMILIAR Y FAMILIAR

Nº de sistema	ACTIVIDADES REALES										ACTIVIDADES OCIOSAS			
	Utilidad del programa Eo	Mano de obra anual ociosa Eo	Utilidad del estrato Eo	Papas, frijoles, trigo, pasto MR	Arroz, frijoles, trigo, pasto	Trigo y ovejería	Engorda de novillos	Ponedoras	Broilers	Contr. de capital	Tierra R ₁	Tierra R ₂	Secano arable	Mano de obra marzo
1.	33.705.396	2.254.013	917.530	1.586,9	—	—	3.037,5	—	—	5.004,9	2.298,5	5.020,4	—	—
2.	38.493.634	2.705.541	92.076	—	—	MS 5.020,0	—	—	—	6.542,0	2.298,5	—	—	1.484.430
3.	43.726.951	2.544.817	4.627.069	6.541,8	MS 2.298,5	MS 5.020,4	15.199,4	—	8.062.194	—	—	—	2.246	—
4.	55.157.878	1.996.052	4.627.069	6.541,8	MS 2.298,5	MS 5.020,4	15.199,4	—	8.062.194	—	—	—	2.246	—
5.	49.292.079	2.848.691	4.627.069	6.541,8	MS 2.298,5	MS 5.020,4	15.199,4	—	8.062.194	—	—	—	2.246	—
6.	72.798.287	894.410	6.122.417	6.541,8	MS 868,0	MS 5.020,4	13.776,5	450.000	181.200	—	1.440,1	—	—	—

Continuación del cuadro II.

ESTRATO MULTIFAMILIAR MEDIANO

N.º Programa	Utilidad del estrato Eo	ACTIVIDADES REALES						ACTIVIDADES OCIOSAS		
		Papas, trigo, pasto	Engorda nóm. de novillos	Lechería nóm. de vacas	Contratación mano obra marzo	Contratación de capital	Tierra Ri	Tierra Ra	Secano arable	
1.	3.461.391	MC 4.334,5	9.554,0	—	—	—	7.541,1	4.348,2	4.118,5	
2.	7.784.572	MC 7.376,2	—	13.206,3	—	—	4.499,6	4.348,2	4.118,5	
3.	8.090.136	MC 7.968,9	15.748,2	—	10.333,5	3.965.004	4.408,6	4.348,2	4.118,5	
4.	12.107.718	MC 12.375,6	24.466,5	—	55.283,2	9.798.296	—	4.348,2	4.118,5	
5.	10.453.180	MC 10.433,7	20.619,4	—	35.477	7.227.962	1.941,7	4.348,2	4.118,5	
6.	12.107.718	MC 12.375,6	24.466,5	—	55.283,2	9.798.296	—	4.348,2	4.118,5	

Continuación del cuadro II.

ESTRATO MULTIFAMILIAR GRANDE

Utilidad del estrato Eo	ACTIVIDADES REALES						ACTIVIDADES OCIOSAS		
	Papas, trigo y pasto	Remolacha, trigo y pasto	Rot. de secano, trigo y ovejería	Engorda n.ºm. de novillos	Contr. d/jornad. mano obra	Contr. capital	Tierra R ₁	Tierra R ₂	Secano arable
1. 8.568.478	2.772,8	8.400,0	—	22.083,7	—	—	24.257,2	12.449,1	3.249,3
2. 8.694.362	MS 2.772,8	MC 8.400,0	—	22.083,7	—	—	24.257,2	12.449,1	3.249,3
3. 13.350.330	MS 7.699,2	MC 8.400,0	MC 3.249,0	31.815,2	—	6.884.858	19.832,8	12.449,1	—
4. 13.350.330	MS 7.699,2	MC 8.400,0	MC 3.249,0	31.815,2	—	6.884.858	19.832,8	12.449,1	—
5. 18.629.500	MS 13.412,4	MC 8.400,0	MC 3.249,0	43.105,9	71.058,0	14.465.436	13.619,5	12.449,1	—
6. 25.762.708	MS 21.132,5	MC 8.400,0	MC 3.249,0	55.362,0	167.071,5	24.705.390	5.899,6	12.449,1	—

Continuación del cuadro II.

ESTRATO DE GRAN PROPIEDAD

Programa Nº	Utilidad del estrato Ep	ACTIVIDADES REALES						ACTIVIDADES OCIOSAS		
		Papas trigo, y pasto	Trigo y ovejuna	Engorda nº de novillos	Lechería nº de vacas	Contr. d/jornad.	Contr. d/capit.	Tierra Ri	Tierra Rs	Secano arable
1.	20.758.002	MC 23.951,8		10.192,2	31.513,8	—	—	4.163,1	9.878,2	41.840,8
2.	21.922.823	MC 21.974,4		16.714,1	22.664,5	—	—	6.140,4	9.878,2	41.840,8
3.	17.659.416	MC 17.147,7		33.887,2	—	72.939,4	—	10.967,2	9.878,2	41.840,8
4.	25.072.761	MC 24.986,7		49.378,6	—	152.901,2	10.411.459	3.128,2	9.878,2	41.840,8
5.	15.582.330	MC 14.203,5	36.727,0	25.069,0	—	50.988,0	—	13.911,3	9.878,2	5.113,7
6.	28.805.444	MC 28.114,9	41.840,8	55.560,5	—	194.015,0	19.540.032	—	9.878,2	—

- A₄ y A₅ (Mecanización Simple A₄ y Completa A₅)*
 Remolacha
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₆ y A₇ (Mecanización Simple A₆ y Completa A₇)*
 Papas
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₁₀ y A₁₁ (Mecanización Simple A₁₀ y Completa A₁₁)*
 Remolacha
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₁₃ y A₁₄ (Mecanización Simple A₁₃ y Completa A₁₄)*
 Papas
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₁₇ y A₁₈ (Mecanización Simple A₁₇ y Completa A₁₈)*
 Remolacha
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₁₉ y A₂₀ (Mecanización Simple A₁₉ y Completa A₂₀)*
 Papas
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
 Rotaciones R₂: Clase 3 y 4 de riego.
- A₃ (Mecanización Simple)*
 Arroz
 Arroz
 Maravilla
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₈ y A₉ (Mecanización Simple A₈ y Completa A₉)*
 Arroz
 Frijoles
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica
- A₁₂ (Mecanización Simple)*
 Maíz
 Trigo-Trébol-Ballica
 Trébol-Ballica

A₁₅ y A₁₆ (Mecanización Simple A₁₅ y Completa A₁₆)

Arroz

Maravilla

Trigo-Trébol-Ballica

Trébol-Ballica

Trébol-Ballica

A₂₁ y A₂₂ (Mecanización Simple A₂₁ y Completa A₂₂)

Arroz

Maravilla

Trigo-Trébol-Ballica

Trébol-Ballica

Trébol-Ballica

Rotaciones de Secano: Clase 1 a 4 de secano (secano arable)

A₂₃ y A₂₄ (Mecanización simple A₂₃ y Completa A₂₄)

Trigo - Trébol Subterráneo

Trébol Subterráneo

Trébol Subterráneo

Trébol Subterráneo

Trébol Subterráneo

En estas rotaciones está incluida en común la ovejería.

A₂₅ y A₂₆, A₂₇ y A₂₈, A₂₉ y A₃₀; son iguales a la anterior sólo que están ubicadas en los diferentes estratos de tenencia.

Pecuarios

A₂₉ hasta A₃₄ inclusive: Lechería

A₃₅ hasta A₃₈ inclusive: Engorda de Novillos

A₅₂ hasta A₅₅ inclusive: Ponedoras (Coeficientes para 100 aves)

A₅₆ hasta A₅₈ inclusive: Broilers (Coeficiente para 500 pollos)

Viña

A₃₉ hasta A₄₂ inclusive: Viña de Secano

A₄₃ hasta A₄₆ inclusive: Viña de Riego

Actividades de Contratación de Capital

A₄₇ hasta A₅₀ inclusive: Contratación de capital ilimitado por estrato de tenencia.

Actividad de Contratación de Mano de Obra Marzo

A₅₁: Esta actividad sólo representa contratación de mano de obra en el mes de Marzo para un total común a los cuatro estratos. En programas posteriores, donde la contratación se ha hecho por estrato de tenencia, primeramente debe ser distribuido por

estrato el total de mano de obra disponible en Marzo (416.369,8) y luego, a cada línea debe incluirse para cada estrato una actividad de contratación por separado, es decir, para cada una de estas restricciones. Esta actividad de contratación puede también limitarse en su cantidad, hasta sólo un cierto porcentaje del total disponible, incluyendo un coeficiente + 1 (1 jornada hombre) en la línea que representa esta restricción.

CUADRO N° 2

Resumen de Restricciones de los Planes Optimos

(A) *Programa N° 1-2*

Estos programas tienen las mismas restricciones de la matriz inicial (cuadro N° 1) y difieren sólo en los precios. El programa N° 1 fue calculado con precios promedios de los años 1959 - 64 y el programa N° 2 con precios año 1964.

(B) *Programa N° 3-4*

Se introdujeron dos actividades para cada uno de los 4 estratos: Contratación de Capital ilimitado a 6 % interés y Contratación Mano de Obra Marzo, hasta sólo un 20 % más de la disponibilidad indicada en la matriz inicial. Por eso mismo se introdujo una nueva restricción; Límite de Contratación Mano de Obra de Marzo, común para todos los estratos.

(C) *Programa N° 5*

Este programa está basado en el N° 4 y difiere sólo en que Contratación Mano de Obra Marzo tiene un límite de hasta un 50% y está hecha por estrato independientemente.

(D) *Programa N° 6*

Proviene del programa N° 5 pero se consideraron otras actividades: aves y broilers y Contratación Mano Obra Marzo total hasta un 100 %. Fue necesario incluir como restricción un límite a la cantidad total de aves y asimismo a la engorda de vacunos.

V. CONCLUSIONES GENERALES

En verdad, esta presentación tuvo el propósito antes que dar métodos definitivos de planificación regional, de plantear algunas de las

dificultades que surgen al tratar de aplicar por primera vez la técnica de la programación lineal a nivel de la región.

Las dificultades principales son semejantes a las señaladas para la programación a nivel del predio. No hay necesidad de repetir las. Pero se agregan algunas nuevas que son sobre todo de orden *técnico* y *financiero*.

En primer lugar, los computadores actualmente existentes en Chile, como ya se dijo, tienen una *capacidad limitada* para admitir matrices de dimensiones tan grandes como las requeridas para la planificación regional, sobre todo, si ésta se hace a base de estratificación por tenencia —nuestro caso—, uso de suelos, etc. La solución sería hacer programas aparte para cada grupo o estrato, pero en ese caso limitaría la utilidad del método como sistema para evaluar en forma global la eficiencia en la asignación de recursos y hacer recomendaciones de política económica.

En segundo lugar, el *costo alto* de estas investigaciones las cuales deben emprenderse según un cierto criterio de prioridad para la asignación de recursos a la investigación.

Finalmente, queremos expresar que este trabajo es sólo la fase inicial de una investigación en curso y ni la metodología ni los resultados deben tomarse en ningún caso como algo definitivo, sino meramente preliminar y exploratorio.

V

Interrelaciones Investigación Agrícola - Economistas - Productores

1. DIVULGACION ENTRE LOS AGRICULTORES DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO DE EXPERIMENTACION AGRICOLA. EL EXTENSIONISTA Y EL ESPECIALISTA EN ADMINISTRACION RURAL

Gene Pilgram ()*

La Divulgación Técnica puede contribuir a aumentar la productividad agrícola. Es posible que para un programa tenga éxito sea necesario considerar lo siguiente:

1. Información de las investigaciones con base en las necesidades de los agricultores.
2. Especialistas y extensionistas entrenados y con experiencia en investigación y divulgación técnica.
3. Presupuesto adecuado para obtener los resultados que se desea.

El planeamiento de los programas de Divulgación Técnica del análisis económico de experimentación agrícola depende de la situación del país. De la realidad de lo siguiente:

1. Valores y creencias de las personas que influyen en las decisiones sobre política agrícola del país. El conflicto entre las metas de los investigadores y los políticos.
2. Investigaciones hechas en años anteriores.
3. Proyectos para investigaciones básicas y aplicadas.

Algunas consideraciones básicas para investigaciones agroeconómicas e inter-cooperación y conocimiento entre países.

1. Investigaciones, bases regionales - Ventaja comparativa, costos, ingresos, etc.
2. Respuesta a las tres preguntas de manejo de fundo:
¿Qué producir?
¿Cuánto producir?
¿Cómo producir?

(*) Especialista en Administración Rural, University of Minnesota. Divulgación Técnica, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.

3. Establecer las prioridades de los tipos de análisis que se van a considerar pues es muy difícil hacer todas las cosas en la totalidad de los países.
4. El investigador no se debe preocupar si los resultados de su trabajo no son económicos.

Si el diseño de sus investigaciones y las metas son buenas esto es lo más importante en divulgar para la gente que lo va a usar.

La primera pregunta de un agricultor sobre las nuevas investigaciones y resultados es "Esta recomendación ¿es económica para mí o no?".

Comentario general acerca de divulgación técnica.

Cada país tiene un sistema individual de extensión. Es posible que todos tengan puntos débiles y fuertes en su organización. Muchas veces, por ejemplo en Chile, actividades de extensión son fragmentadas entre varios grupos, Universidades y particulares. Para que un país tenga un servicio de extensión bueno y efectivo es sumamente necesario que éste pertenezca a una institución de investigación, a una universidad o una estación experimental. Al mismo tiempo, el organismo investigador necesita una buena extensión o unidad de divulgación. Se deberá preguntar, "¿Por qué o para quién es este trabajo?". En investigaciones agropecuarias, la pregunta "Para quién" posiblemente recibirá la respuesta: la zona, el país, la zona sur o internacional. Tal vez el primer consumidor de las investigaciones agro-económicas sea la misma persona que hace las decisiones de su producción agrícola en el país, en el nivel del predio o firma individual.

Si se identifica a estas personas como público o audiencia, entonces cómo transmitirles los resultados de las investigaciones agro-económicas.

Se considerarán algunas experiencias aunque limitadas por el corto tiempo, del programa que en esta materia, se está efectuando en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en Chile.

La meta fundamental es aumentar la producción agrícola en Chile. Más específicamente entrenar cuerpos de especialistas dentro del Instituto de Investigaciones y en los otros organismos agrícolas, quienes pueden trabajar con Ingenieros Agrónomos del país, para tomar los resultados de las investigaciones a los agricultores. Los investigadores tienen poco contacto directo con los agricultores. El investigador se puede valer de una persona que divulgue sus investigaciones a los agricultores. Esta persona está más cerca de los problemas de los agricultores y tiene más tiempo para sintetizar los datos técnicos en una forma más práctica y útil.

Este programa cuenta con divulgadores especialistas en cultivos, animales, administración rural, comunicaciones, hortalizas y riego. Estos Ingenieros Agrónomos tienen la oportunidad de trabajar con

Investigadores del Instituto, de las Universidades, y del Ministerio para obtener y sintetizar el material. Luego presentar el material a Ingenieros Agrónomos y entrenarlos en varias formas y métodos. Este sistema requiere la cooperación de organismos de investigación con materiales útiles para entrenar líderes. En resumen, dicho programa tiene un pequeño grupo de especialistas en divulgación técnica en tres estaciones experimentales en Chile, trabajando en conjunto con las universidades e investigaciones agroeconómicas. Este tipo de Programa tiene la oportunidad de formar un grupo de especialistas en Chile para servir a extensionistas y otros grupos de Ingenieros Agrónomos. Estos especialistas deben poner énfasis no solamente en entrenar técnicos agrícolas, sino también enseñarles a cómo comunicar. Más específicamente, supóngase al especialista en Administración Rural de divulgación técnica. Este hombre es un intermediario entre el investigador y el extensionista. En primer lugar él necesita conocer a los extensionistas, sus deseos y sus recursos; por medio de éstos los problemas del campo son transmitidos al investigador. Si las investigaciones económicas son orientadas hacia los problemas de corto plazo y largo plazo de los agricultores, el especialista puede funcionar muy efectivamente. El agricultor estará esperando los resultados y el extensionista estará listo a obtenerlos en la mejor forma para transmitirlos.

Posición del Especialista

1. Trabajo con investigadores en Planeamiento de experimentación agrícola.
2. Aplicación de aspectos económicos a resultados experimentales.

Ejemplo de posibilidades de colaboración en investigaciones agroeconómicas.

1. Investigaciones en empastadas de secano. ¿Cuánta carga de animales durante la época de pasto? El agricultor piensa: — Sí, tengo interés en esto, pero deseo más información:
 - a) Costos de establecimiento.
 - b) Carga durante todo el año, no solamente 4 meses.
2. Ventaja comparativa. Los dirigentes de la cooperativa de una colonia formada por la Corporación de Reforma Agraria —CORA— tienen interés en ver. ¿Cuál variedad de trigo dará más rendimiento? Esta consideración es muy importante si se toma en cuenta que los dirigentes comparan para todos los parceleros. Pero, posiblemente los mismos dirigentes no tengan la oportunidad de comparar el trigo con otros cultivos de la zona desde un punto de vista económico. Posiblemente no sea un buen negocio plantar trigo. Ellos necesitan bases para poder seleccionar los cultivos.

3. Capital, y sustitución por mano de obra.

Un administrador de crédito de un Banco o de una Institución de créditos puede posiblemente rehusar dar un préstamo basándose en que una máquina es una inversión demasiado alta. Debe tener datos económicos en sus manos sobre los costos por unidad de inversión o para decidir si arrienda o compra la máquina.

Resumen

Los extensionistas requieren investigaciones de Administración Rural. Necesitan especialistas en materias técnicas y también métodos para poder comunicar estas investigaciones, de manera de poder entrenar a los extensionistas que trabajan directamente con los agricultores y administradores. De esta manera se obtendrán datos muy útiles y métodos para aplicarlos. Es conveniente mirar las investigaciones y divulgaciones a la luz de las necesidades a plazos largos y cortos en la producción de alimentos y fibras y su administración.

El especialista en administración rural debe ser un buen divulgador para poder satisfacer estas necesidades.

2. COMUNICACIONES AGROPECUARIAS

Milton E. Morris (*)

Parece que aún no está bien claro lo que significa “comunicaciones”. Primeramente, mediante un ejemplo se pretende demostrar el desconocimiento que existe sobre esta materia. Hace poco tiempo atrás, se discutió la posibilidad de comenzar cursos de extensión aquí en la Universidad. En la lista de estas clases se incluía la de “Comunicaciones”. Se creyó que sería conveniente conversar y discutir con algunos alumnos y así poder determinar si había suficiente interés en los cursos ofrecidos. Un alumno de agronomía miró la lista y preguntó: “Comunicaciones... ¿qué es eso?”. “Yo ya sé hablar por teléfono”, dijo riéndose, “No necesito un experto extranjero para que me lo enseñe!”.

Este alumno tiene toda la razón, con toda seguridad que el sabe hablar por teléfono. Se debe destacar el hecho de que comunicaciones es necesario para el desarrollo agrícola... pero a veces se hace difícil comunicar en forma clara esta necesidad a los alumnos y profesionales agrícolas. “Comunicaciones” es algo parecido a economía... todos están demasiado ocupados trabajando y nadie se esfuerza por explicar lo que están haciendo.

Esta reunión entre economistas e investigadores producirá una serie de definiciones y guías que son absolutamente necesarias para un futuro trabajo y así poder planificar y llevar a cabo las investigaciones agropecuarias. Ya existe una comunicación entre los participantes, pero esto no basta. Hay otro trabajo más.

Debe señalarse, que la responsabilidad del científico no termina cuando ha finalizado satisfactoriamente un experimento y ha escrito los resultados para sus colegas en boletines técnicos o publicaciones científicas... teniendo en cuenta que la mayoría de las investigaciones científicas agropecuarias son respaldadas con fondos públicos. Los agricultores tienen derecho a saber los resultados, y el científico tiene la obligación de hacer todo cuanto esté a su alcance para ayudar en esta comunicación.

(*) Especialista en Comunicaciones. (Ph. D.). Universidad de Minnesota División Técnica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

Indudablemente, los economistas e investigadores pueden trabajar en conjunto y llegar a un entendimiento. Pero hay un tercer grupo que debe ser incluido en esta red de comunicaciones... los agricultores. Al no llevar la investigación hasta su destino final se puede presentar uno de los mayores obstáculos para la aceptación de nuevas prácticas recomendadas. Se debe recalcar que la efectividad de la investigación reside especialmente, en un buen programa que lleve los resultados de investigación a los agricultores y al mismo tiempo haga conocer al investigador sus problemas.

Al agricultor se le debe educar de tal manera, que pueda escoger por sí mismo. Debe estar al tanto de las alternativas de la nueva producción resultante de la investigación agrícola. Además, debe estar informado de cómo estas alternativas influyen en las condiciones agrícolas actuales, que convertirán estas innovaciones en un éxito o un fracaso.

Por estas razones, debe existir una doble vía de comunicación entre el agricultor y el investigador agrícola. No se justifica recomendar o demostrar métodos o prácticas que pueden ser técnicamente aceptados, pero que no serán utilizados por los agricultores a causa de las limitaciones de recursos, o de sus capacidades de manejo. Estos puntos deben ser considerados por el investigador.

Para establecer esta doble vía de comunicación, debe existir personal especializado en comunicaciones y una agencia para facilitar la comunicación agropecuaria.

Esto no significa que no existan agencias competentes trabajando en comunicaciones agrícolas. Desde su fundación, el IICA ha dado una gran importancia a la comunicación agrícola, en la convicción de que el progreso de la agricultura se basa no solamente en las plantas y en los animales, pero también en el hombre. Se merece mencionar, en forma especial, el trabajo de IICA en fomentar la comunicación entre científicos agrícolas.

También es necesario mencionar al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, y los Servicios Estaduales de Extensión (ABCAR) del Brasil, como ejemplo especial en el campo de comunicación de información económica. Se han recibido muchas de sus publicaciones. La última del INTA, sobre producción de cerdos, es uno de los mejores ejemplos de una excelente publicación que contiene no solamente información técnica, sino además incluye un análisis económico completo.

La mayoría de las agencias de investigación agropecuaria tienen alguna relación con agencias de comunicación. Pero, como explicó Eddie Echandi refiriéndose a su experiencia de trabajo en frijoles en América Central: "Algo está fallando en el sistema de comunicaciones". "Hay boletines pero no son aprovechados por los agricultores". No hay duda... está fallando algo!

Juan Díaz Bordenave, jefe del Servicio Interamericano de Comunicación, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, hizo una excelente descripción de este problema: ¹

“...sospechamos que la gran mayoría de los organismos nacionales que tienen programas de acción, no utilizan sino en grado mínimo los principios, los métodos y los recursos tecnológicos de la comunicación moderna.”

Bordenave continúa haciendo referencia al sub-empleo de la comunicación. Cita dos razones poderosas:

“1. Ignorancia de los dirigentes de dichas instituciones sobre las contribuciones que la comunicación educativa puede brindar a la eficacia de sus programas.

2. Falta de verdadero interés en obtener realmente cambios en la población rural; por consiguiente carencia de un planeamiento sistemático que establezca objetivos claros y alcanzables; que escoja métodos razonables para lograrlo, y que obtenga los fondos, el personal, las facilidades y los recursos materiales que les permitan aplicar los métodos escogidos.”

Si “algo está fallando en comunicaciones”, entonces habrá que buscar la solución. Se tendrá que buscar la solución porque cada día está empeorando el déficit mundial de producción agropecuaria.

Observando como se desarrollan las diferentes agencias de Investigaciones Agropecuarias en América Latina, se ven algunas similitudes en su proceder: Primero viene el proceso de entrenar científicos y desarrollar facilidades físicas para el trabajo de investigación. A medida que se progresa, se presenta la necesidad de transmitir los resultados obtenidos a los agricultores. Esto a su vez atrae a extensionistas a estaciones investigadoras. Aquí, se espera que los extensionistas traspasen sus conocimientos a los agricultores.

En muchos casos, la cooperación extensión-investigación funciona bien por un período corto, después “algo pasa” y deja de ser efectivo; una vez más los investigadores obtienen resultados que no son transmitidos a los agricultores.

Esto fue lo que sucedió en Colombia. Pero el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) al darse cuenta del problema tomó las medidas necesarias.

Primeramente ICA acordó no crear otro servicio de extensión ya que al duplicarse se producía un problema más para Colombia y además escaseaban los fondos. Los Directores de ICA acordaron,

(1) “Orientación Desarrollista en la Comunicación Colectiva” Publicación Miscelánea N° 24, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Servicio Interamericano de Comunicación, San José, Costa Rica.

entonces, establecer un programa de Divulgación Técnica, auspiciado al comienzo por un programa cooperativo con la Fundación Rockefeller.

Se acordó que lo más urgente era presentar la información investigadora de manera que pudiera ser utilizada por agrónomos extensionistas y otras agencias que tuvieran contacto directo con agricultores.

El estado actual de los resultados de investigación justificaron una campaña inmediata en áreas seleccionadas. El Programa de Divulgación Técnica usó todos los medios posibles de comunicación... radio, televisión, publicaciones, días en el campo, cursos cortos para extensionistas, contactos personales con extensionistas, etc. En resumen, el Programa de Divulgación Técnica tiene las siguientes metas: 1) Entrenamiento en métodos de comunicación. 2) Divulgación de los resultados de investigación agrícola. 3) Investigación de métodos de comunicación.

En Chile, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias ha seguido pasos similares en el establecimiento de un programa de Divulgación. Una vez más, el propósito principal es que los resultados de la investigación agropecuaria deben ser dados en una forma útil para los extensionistas y otras agencias en contacto permanente con agricultores y ganaderos del país.

Con estos, y otros ejemplos más en América Latina, se llega a la conclusión que los investigadores deben estar además, preparados para participar en Programas de Divulgación. Esta participación podría limitarse a proveer información para los comunicadores y además podría incluir algunos contactos en terreno con extensionistas o grupos de agricultores.

3. LAS PRINCIPALES LIMITACIONES EN LA INFORMACION DISPONIBLES POR LAS AGENCIAS DE EXTENSION QUE DEBEN DESARROLLAR LAS COMUNIDADES AGRICOLAS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES

Juan A. Nocetti ()*

1. LA INVESTIGACION Y EXTENSION AGRICOLA AL SERVICIO DE LA TÉCNIFICACION AGROPECUARIA

En los últimos años, la mayoría de los países latinoamericanos, crean nuevas instituciones destinadas a la promoción de la tecnología en su sector agropecuario.

La limitación de recursos disponibles para el funcionamiento de estas instituciones exige la ubicación de recursos humanos y materiales en aquellos rubros y zonas que determinan los mejores resultados para la Nación y para el agricultor individual.

La célula básica de esta integración entre elaboradores de información y los vendedores de la misma al productor agropecuario, siguen siendo las estaciones experimentales que tienen ante sí la enorme responsabilidad del mejoramiento en las condiciones socio-económicas de los productores agrícolas en sus áreas de influencia.

La comprensión de que la tecnología en sí misma, muchas veces no es suficiente para promover una mayor productividad de la agricultura, y mayores ingresos para los productores, permeabiliza la incorporación a los cuerpos técnicos de los centros de investigación de nuevos técnicos con especialidad en estudios económicos y sociales.

La convicción de que la información creada por los investigadores tiene poco valor en sí misma si no llega a conocimiento de los productores, obliga a reforzar los servicios de extensión agrícola quienes se multiplican con rapidez en torno a los centros de investigación.

La comprensión por parte de los dirigentes del rol a cumplir por la estación experimental en el medio agropecuario, promueve cambios en su organización, y la orienta en el sentido de favorecer el rápido desarrollo de la agricultura.

(*) Ingeniero Agrónomo. Especialista en Administración Rural. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Pergamino, Argentina.

2. LA MODERNIZACION DE LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES

El proceso de modernización que registra nuestra sociedad también llega a las estaciones experimentales quienes intentan dejar de ser simples productoras de novedades técnicas en la agricultura para transformarse en planificadoras y ejecutoras de programas que tienden al desarrollo integral del área agrícola bajo su influencia.

La nueva estructura de funcionamiento de las modernas estaciones experimentales implica el nucleamiento de servicios de extensión agrícola en torno al centro de investigación, con la finalidad de realzar el enlace del mismo con los agricultores de la zona. En estas condiciones el trabajo de investigadores y extensionistas se considera efectivo en la medida que consiguen una transformación favorable de las condiciones económicas y sociales de las zonas donde actúan.

Cuando la estación experimental cuenta con investigadores en las ramas biológicas, sociales y económicas, y además reúne un conjunto de extensionistas en directo contacto con los agricultores, está en inmejorables condiciones para llevar adelante programas que contemplan la obtención de mayores ingresos para los productores y un aumento en el volumen físico de producción de la zona. Del esfuerzo coordinado de todas las disciplinas, va a depender el éxito de estos programas de desarrollo, dado que el mismo debe estar fundamentado por investigaciones en el mejoramiento de vegetales y animales, técnicas de producción, posibilidades de mercado, actitudes de las gentes, etc.

La concreción de los mejores resultados en esta nueva tarea exige como paso previo una cuidadosa planificación de las tareas de investigación, de tal manera que éstas puedan ir dando respuestas concretas a los problemas que merecen mayor prioridad para el desarrollo regional. En ese sentido, se requiere utilizar criterios objetivos y claros para determinar una orden de importancia en el tratamiento de problemas que inciden en forma significativa sobre la productividad de la agricultura del área, y sobre la rentabilidad de las empresas agropecuarias. Cuando dichos principios no se cumplen, los servicios de extensión agrícola que participan en la elaboración de planes para el mejoramiento de las comunidades donde actúan, y tienen a su cargo la ejecución de los mismos, se encuentran frenados en su acción por estos defectos de la orientación y organización de la investigación agrícola. Es indudable, que el adelanto alcanzado en la forma de trabajo de nuestras estaciones experimentales en el sentido de registrar un mayor vuelco de sus actividades hacia los problemas más importantes de su área de influencia, permite aún un amplio margen de mejoramiento.

Al pretender señalar algunas deficiencias actuales en la orientación y organización de la investigación agrícola sólo se persigue el per-

feccionamiento en la metodología de trabajo como un medio para obtener las transformaciones favorables en el nivel de vida de los pobladores del medio rural, que es el objetivo final de nuestros esfuerzos al nivel de las estaciones experimentales.

3. LA INFORMACION CREADA EN LA ESTACION EXPERIMENTAL GENERALMENTE NO ES CONSISTENTE PARA TODA SU AREA DE INFLUENCIA

La disponibilidad de recursos para investigación y extensión agrícola, y la distribución de los mismos, generalmente constituyen vallas importantes para la solución de los problemas trascendentales dentro de rubros o zonas, de gravitación en la economía de la nación.

Todos conocen el hecho de que la falta de suficientes recursos económicos y humanos en los niveles nacionales y regionales, hace que la cantidad posible de estaciones experimentales a crear sea muy pequeña en relación a las situaciones ecológicas que se presentan en una nación o región. Esta situación de limitación en la cantidad de recursos se agrava más aún por la inadecuada distribución de los mismos dada nuestra fuerte tendencia a pensar que sin grandes edificios de sólida y costosa construcción, se resiente la tarea de investigación y experimentación. Es así que las estaciones experimentales crecen en forma vertical sumando valiosas construcciones y numeroso hectareaje en su lugar de ubicación, y olvidan una atención aunque sea superficial de aquellas regiones que dentro de su área de influencia respondan a otras condiciones de suelo y clima. La mayoría de los rubros importantes de nuestra agricultura están muy asociados en sus relaciones de producción a los factores de suelo y clima, y salvo en rubros como aves, cerdos, etc. donde estos elementos tienen una influencia menor, la información debe ser obtenida en la propia zona para que tenga algún grado de consistencia para el área. Esta situación crea a menudo la paradoja que agencias de extensión dependientes de poderosas estaciones experimentales deben realizar en su zona una intensa labor de investigación, para la que no están preparados, y por lo cual, deben descuidar en parte su función específica. Ello se explica dado lo escaso de la información disponible por la estación experimental en determinados rubros para las características ecológicas de las distintas zonas de trabajo. Es común observar que las agencias de extensión deben efectuar ensayos comparativos de distintas variedades cereales y oleaginosas, indagar respuesta de los cultivos a fertilizantes, etc. dado que la información suministrada por la estación experimental ubicada en otro tipo de suelo y clima no es de suficiente valor para sus áreas de trabajo.

El esfuerzo de los agentes de extensión muchas veces carece de valor orientativo para los productores del área, debido a que la in-

formación proveniente de estos ensayos generalmente es de escasa consistencia pues el desarrollo de la experiencia está dependiendo de las decisiones de los agricultores que se prestan a dichos trabajos y que por distintos motivos muchas veces no pueden realizar las siembras, o los pastoreos, en las épocas más oportunas, o en lotes más homogéneos. Esto no implica una crítica a los extensionistas que de todas maneras deben realizar sus experiencias en el menor tiempo posible, dada la orfandad a que generalmente lo someten los centros de investigación, pero trata de ser sí, un llamado de atención a las estaciones experimentales, que pocas veces planifican sus prioridades de investigación en relación a los problemas de su área de influencia, dejando casi siempre los objetivos y metas de los planes de trabajo al albedrío de cada investigador en particular.

Una forma práctica de solucionar esta deficiencia de la información en áreas de distintas características de clima y suelo dependientes de una misma estación experimental, sería la de poder contar además del centro de investigación, con diferentes campos anexos en cada tipo de agricultura, donde además de las parcelas experimentales sólo se necesitaría contar con los elementos mínimos de edificios, mano de obra y maquinaria agrícola. Estas subestaciones no deben necesariamente requerir personal técnico adicional, pues el diseño y el desarrollo de la experiencia se puede manejar desde la estación experimental. Pensamos que con inversiones mínimas y dos o tres personas para cumplir los planes elaborados en las estaciones experimentales y recopilar la información producto de las experiencias, pueden realizar un importante avance en la consistencia de la información técnica disponible para el área. Nadie duda que con estas escasas inversiones de capital y una buena utilización del mismo, se puede realizar una importante contribución para el área, en la medida que se trabaje sobre un suelo representativo, y en aquellos problemas que revisten la mayor significación económica.

4. LA INTEGRACION DE DISCIPLINAS PARA CREAR INFORMACION CONSISTENTE EN LOS RUBROS DE PRODUCCION VEGETAL Y ANIMAL

Una tendencia muy común en nuestros países es la insistencia en la planificación de las investigaciones en las estaciones experimentales por especialidad científica y no por rubro agrícola y menos por los problemas del área, lo que hace difícil la formación de equipos interdisciplinarios, y la solución de aspectos importantes para la economía de las empresas agropecuarias de la zona. La incorporación de actividades como Nutrición Animal, Administración Rural, Sociología Rural, Investigaciones de Mercado, etc., no fue acompañado en general por una interacción profunda entre estas disciplinas y las ya existentes, y menos aún entre la totalidad de los investigadores y los ser-

vicios de extensión agrícola. Este hecho posiblemente está muy vinculado al origen de las estaciones experimentales, que en su gestación se dedicaron principalmente a obtener variedades e híbridos que permitieran mejores rendimientos de los cultivos por unidad de superficie, independientemente de las demás técnicas de producción, y de los aspectos que hacen a la comercialización y mercados, a los cuales se les daba menor prioridad en razón a los reducidos recursos disponibles y la necesidad de ubicarlos en problemas concretos para obtener resultados a la mayor brevedad.

La predominancia de la orientación fitotecnista entre los técnicos egresados de las facultades de agronomía hizo que la tarea principal y casi exclusiva de las estaciones experimentales fuera el mejoramiento de plantas ya sea industriales, cerealeras, oleaginosos, forrajeras, etc. Los especialistas de otras disciplinas que en menor número se fueron incorporando a las estaciones experimentales se limitaron generalmente a su tarea específica sin lograrse una integración total con los fitotecnistas en la solución de problemas comunes al mismo cultivo. Es así que mientras se obtenían trabajosos incrementos en la potencialidad productiva de las plantas, éstos no se manifestaban en la práctica debido a que otros factores limitantes en el desarrollo del cultivo, o en la cosecha del mismo, enmascaraban los éxitos obtenidos en el mejoramiento del material genético. Por ejemplo en el caso del maíz, cultivo de elevada importancia económica en la zona pampeana húmeda argentina, se puede comprobar que los éxitos obtenidos en el mejoramiento de las plantas no son correspondidos algunos años en mayores beneficios para el productor, dado que simultáneamente a ese proceso se ha pasado en el cultivo de la cosecha manual a la mecánica, y esto determina que parte de la cosecha queda en el campo como consecuencia de las dificultades que tienen las máquinas en levantar las mazorcas de las plantas volcadas. Las mazorcas que se cosechaban en su totalidad con la recolección manual pasan a perderse en un 5 a 30 % en el suelo, de acuerdo al año, con la adopción de la cosecha mecánica, que por diferentes razones económicas y sociales es un proceso irreversible. Este hecho invalida, en algunos años, desde el punto de vista de la cosecha, los mejores rendimientos obtenidos como producto del esfuerzo de los fitotecnistas. En la actualidad los técnicos especialistas en maíz además de proseguir los trabajos de mejoramiento de sus híbridos se ocupan de hallar una solución al problema de las pérdidas en la cosecha mediante una recolección anticipada de la producción con el correspondiente secado de la misma. Esta decisión representa un paso muy firme en la obtención de mejores cosechas de maíz y ello va a exigir la formación de un equipo con especialistas en producción de maíz, administración rural, comercialización, y extensionistas agrícolas, para el estudio del problema. Es indudable que muchos de los problemas que afectan la economía de la producción en los rubros agrícolas y ganaderos sólo pueden ser resueltos mediante un enfoque interdisciplinario don-

de se estudien todos los factores que influyen en la producción, y se individualicen los principales determinantes de los rendimientos para destinarles la mayor parte de los recursos disponibles para investigación.

Reconociendo la importancia de los adelantos obtenidos hasta hoy día en el mejoramiento de plantas, debemos reconocer también que sigue existiendo un marcado déficit en materia de técnicas de producción. Aspectos tan importantes, como la fertilización y los abonos verdes, los barbechos, las distintas labores posibles en preparación de tierras y tratamientos culturales, época y densidad de siembra, etc., y siguen sin ser cuantificados en su influencia sobre los rendimientos para la mayoría de los cultivos comerciales.

Las investigaciones en técnicas de producción, de las cuales son deficitarias en general nuestras estaciones experimentales, cuando se realizan, tampoco tienen todo el valor posible debido a que se analizan prácticas aisladas y no un nivel de tecnología en conjunto. Por ejemplo se dice que los abonos verdes aumentan los rendimientos en un 15 %, que el barbecho de verano significa un 15 % de mayor producción, que los híbridos aumentan los rendimientos en un 20 %, que los herbicidas posibilitan un incremento del 10 % de la producción, etc., pero cuando se realiza el cultivo con todas estas prácticas incorporadas los incrementos de los rendimientos sobre los medios del área no corresponden a la suma de todos los porcentos obtenidos en experiencias aisladas. Estos resultados generalmente son producto de la circunstancia que los ensayos de variedades e híbridos los realizan los fitotecnistas, los ensayos de fertilizantes los especialistas en suelos, los ensayos de herbicidas los especialistas en malezas, etc., sin haber previamente realizado discusiones para adoptar un criterio común en la comparación de rendimientos ante distinto nivel de tecnología en el mismo cultivo.

En producción animal sucede algo similar a lo descripto para los rubros de producción vegetal, ya que si bien existe amplia información sobre productividad de las pasturas en kilogramos de forraje por superficie cultivada, es a su vez muy reducida la información disponible en relación a sus posibilidades de aprovechamiento en distintas categorías de animales y sometidos a diferentes sistemas de pastoreos. En ciertas ocasiones la información de rendimientos de las pasturas se determina en kilogramos de carne por unidad de superficie, pero generalmente esa información se reduce al caso de una determinada pastura en una época del año, y muy pocas veces a una cadena de pastura durante un lapso algo prolongado, utilizando los mismos animales.

En los rubros de producción animal también se puede observar que el tratamiento de prácticas aisladas sin coincidir en adopción de criterios comunes para el diseño de las experiencias, resta importancia a los resultados comparativos de cruzamientos comerciales, tratamientos sanitarios, cadenas de pastoreos, sistema de pastoreos, etc. Es evi-

dente que soluciones integrales a los problemas de la producción animal se pueden obtener en la medida que se obtenga una mayor integración entre los especialistas de mejoramiento forrajero, nutrición animal, mejoramiento animal, sanidad animal y administración rural.

Un aspecto que no representa en sí mismo una tarea de investigación pero que debe ser promovido, e inclusive viabilizado en primera instancia en las estaciones experimentales es la creación de pruebas de testaje que permita la selección de los animales en base a su capacidad de producción, y no en consideración a sus características exteriores. En Argentina ya se encuentra funcionando con éxito una estación de testaje para cerdos en la Estación Experimental Agropecuaria de Pergamino, y se realiza un trabajo similar en materia de bovinos por parte de la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce.

5. LA IMPORTANCIA DE EFECTUAR UNA ADECUADA UBICACION DE LOS RECURSOS DE INVESTIGACION Y EXTENSION DE ACUERDO A LAS NECESIDADES REGIONALES

Un problema que nos preocupa es la tendencia de quienes dirigen la investigación y extensión de nuestros países de querer especializar las estaciones experimentales en determinados rubros, a veces de espaldas a la realidad de la región, y sin considerar prioridades de acuerdo a la importancia económica de cada rubro y los problemas de manejo que en los mismos se plantean. Existen estaciones experimentales con numerosos técnicos, de los cuales ninguno tiene especialidad en mejoramiento bovino, ni en manejo de bovinos, en tanto que la mayor parte del área de influencia de la estación experimental está dedicada a esta actividad. La explicación que se da a este hecho es que otras estaciones experimentales atienden dicho problema en el país, y por lo tanto, incluirlas en otra estación experimental sería duplicar los esfuerzos. Lamentablemente, las experiencias realizadas en manejo, alimentación y sanidad de bovinos, sobre otras condiciones de clima y suelo, para otro tamaño de explotaciones, y para otro nivel de capitalización de los predios, tienen reducido valor de generalización. Esto no implica que necesariamente las estaciones experimentales deben estudiar todos los rubros de producción vegetal y animal, posibles de tener crecimiento y desarrollo en el área, de acuerdo a las condiciones de clima y suelo. Lo que sí es imprescindible, es aplicar los recursos de investigación y de extensión en aquellos rubros para los cuales la región tiene mayores ventajas comparativas de acuerdo al suelo, clima, mercado y estructura de los predios.

Los rubros a estudiar, y los problemas a estudiar en cada rubro, deben ser producto de los estudios de la situación al nivel regional,

y de las incógnitas que los mismos presenten aún por ser aspectos no resueltos por otros centros de investigación.

Todos tenemos la convicción de que la investigación agrícola de nuestros países requiere una coordinación ajustada en dos niveles: el nacional por rubro, para evitar la duplicación de esfuerzos, y unificar los criterios a utilizar en las experiencias sobre el mismo rubro, y el nivel regional por problema donde se crean prioridades de investigación en relación a la importancia económica y social de los problemas del productor agropecuario de la zona.

Argentina, país que desarrolla muy interesantes esfuerzos en materia de investigación y experimentación agrícola, dio un paso muy importante en la coordinación nacional de la investigación por rubros con la creación de Servicio Nacional de Programación y Evaluación Técnica. Falta complementar ese esfuerzo con una mayor coordinación de las investigaciones al nivel regional.

UN ENSAYO DE INTEGRACION DE DISCIPLINAS PARA PROMOVER MAYOR NIVEL DE VIDA EN COMUNIDADES RURALES RESTRINGIDAS

Desde hace más de un año se encuentra en aplicación en un área próxima a Pergamino un plan de Crédito Agrícola Planificado que tiende al mejoramiento de vida en un grupo de familias rurales, a través de un aumento de ingresos en sus respectivas fincas.

El planeamiento de los cambios recomendados en la organización y manejo de las fincas, fue realizado en coordinación por especialistas en Administración Rural y Extensión, con la colaboración de otras disciplinas que suministraron toda la información disponible, producto de la investigación o de su conocimiento, en el rubro de su especialidad.

El punto de partida del trabajo fue el estudio de situación del área donde se comprobaron la existencia de características similares a las generales de la región, y que por lo tanto permitían inferir un buen grado de representabilidad de la misma. Así se detectaron cuatro tipos de fincas modales que comprendían pequeños propietarios, medianos propietarios, pequeños arrendatarios y medianos arrendatarios.

En base a los datos de la Encuesta de Administración Rural en el área, complementada con la información de los técnicos de la estación experimental, se elaboraron distintas alternativas de producción para los predios modales del área.

La recopilación de la información para planes de finca fue muy trabajosa dada la carencia de datos en algunos rubros de importancia en la zona.

Las numerosas alternativas de producción elaboradas en base al método del presupuesto por los especialistas de Administración Ru-

ral, fueron analizados en conjunto con los extensionistas agrícolas y en dichas reuniones fueron seleccionadas 3 o 4 alternativas para cada caso modal, teniendo en cuenta el resultado económico final de cada alternativa y la posibilidad de ser aceptada por los productores en consideraciones a sus habilidades y preferencias. Las tres o cuatro alternativas seleccionadas sirvieron de base al trabajo del extensionista agrícola que con dicha información, elaboraba junto a cada productor el nuevo plan de explotación de la finca, tratando de adaptar en cada caso individual las alternativas más convenientes a sus recursos, preferencias y capacidad empresarial.

Los planes de explotación basados en un análisis económico de los resultados de la experimentación agrícola en el área de Pergamino se llevan adelante en unas treinta fincas de una comunidad representativa de la región, y son evaluadas a través de los resultados registrados en los libros de contabilidad agrícola. En Julio de este año se cierra el primer año agrícola, y en poco tiempo más tendremos los primeros resultados sobre la marcha del plan.

La divulgación de los resultados del estudio de Administración Rural entre los agricultores se realizó mediante el siguiente proceso:

- 1º — Se reunieron los líderes formales de la comunidad para enterarlos del plan y solicitar su ayuda para la difusión de los objetivos del plan entre los posibles beneficiarios del mismo.
- 2º — Se reunieron los agricultores del área y se les explicó los distintos planes alternativos que se podían obtener frente a determinadas situaciones modelos. Se explicó que para aquellas alternativas que requieren capital adicional existía la posibilidad de obtener créditos para la financiación de los mismos.
- 3º — Se efectúa una reunión entre los agricultores que desean llevar adelante los nuevos planes a los efectos de que nombren su propio consejo, que a partir de ese momento es responsable de la adjudicación de créditos, y del manejo general del plan.

PLANIFICACION Y EVALUACION DE LA INVESTIGACION AGRICOLA

La intensa e inteligente labor de investigación agrícola desarrollada hasta el momento en nuestros países dio buenos rendimientos en relación a los muy limitados recursos utilizados.

Los servicios de extensión agrícola crearon ante los productores oportunidades de aprendizaje para estas nuevas técnicas, y la mayoría de los productores hoy conocen y utilizan los novedosos procedimientos. Dejan de ser novedad en la actualidad los maíces híbridos, las pasturas artificiales, los cruzamientos de razas animales, etc., que fueron verdaderos impactos de la investigación en los últimos años.

El productor agropecuario exige cada día más información, y esto crea en las estaciones experimentales una necesidad urgente de planificar la investigación al máximo para responder a las necesidades de las gentes.

Las estaciones experimentales en los últimos años incorporaron a su cuerpo técnico especialistas en disciplinas económicas y sociales, los que en coordinación con los investigadores en las ramas biológicas están en inmejorables condiciones para proporcionar al Centro de Investigaciones planes concretos tendientes al desarrollo de la región.

Las mayores limitaciones actuales en los resultados de las investigaciones radican en la falta de integración entre las especialidades que estudian un mismo rubro, y en la falta de adecuación entre las investigaciones realizadas y los verdaderos problemas del área de influencia de la estación experimental.

En la actualidad, generalmente cuando se actúa en forma interdisciplinaria obedece más a una simpatía personal entre los investigadores que a una norma de trabajo. Una forma práctica de acelerar este proceso de integración interdisciplinario sería el de institucionalizarlo como una rutina de trabajo a través de la creación de una comisión de planificación y evaluación de planes de trabajo al nivel de la estación experimental. Esta comisión deberá actuar como asesora del Director de la Estación Experimental en la distribución de los recursos de investigación y extensión de acuerdo a la importancia de los problemas del área. Además, participaría en la planificación, desarrollo y evaluación de los planes de investigación y extensión en el área de influencia de la estación experimental.

4. EL PUNTO DE VISTA DE UN EXTENSIONISTA EN RELACION CON EL INVESTIGADOR EN ECONOMIA AGRICOLA

Dr. Humberto Rosado E. ()*

INTRODUCCION

Para que tenga sentido esta exposición, primero que nada permítaseme hacer una afirmación, casi podríamos decir exponer mi “profesión de fé” respecto a lo que para mí es “Extensión”: yo la considero como un campo o un área de trabajo dentro del cual, el extensionista orienta todas sus actividades con el propósito principal de “contribuir al mejoramiento del nivel de la vida de la población a la que sirve”, con todas las implicaciones que este objetivo significa, aún cuando, para fines de enseñanza universitaria se le considere como una disciplina académica.

Expresada así mi opinión muy personal, es fácil considerar que el extensionista, para cumplir su cometido, tiene que propugnar por establecer, o proporcionar, especialmente a la población rural, las situaciones de aprendizaje que le permitan adquirir los conocimientos, desarrollar las habilidades y destrezas, y crear las actitudes, que le faciliten la acción para promover su progreso, y por ende, vivir en un ambiente físico y social en que puedan satisfacer sus necesidades básicas de una manera adecuada.

Reconocemos que dentro de esas necesidades básicas hay algunos componentes eminentemente sociales como pueden ser “status” satisfactorio, un sentido de pertenencia y la oportunidad de dar y recibir afecto dentro de las relaciones sociales. Pero tampoco podemos dejar de enfatizar el hecho de que este mejoramiento del nivel de vida, esta satisfacción de necesidades básicas, de una manera adecuada, tiene expresiones económicas tales como: Suficientes alimentos tanto en cantidad como en calidad, casas habitación que sean cómodas, higiénicas y funcionales, educación gratuita y accesible para los niños, adolescentes y adultos, disfrute de condiciones ambientales físicas adecuadas desde el punto de vista sanitario, y de condiciones sociales en las

(*) Ingeniero Agrónomo (Ph. D.). Extensionista Adjunto - IICA - Zona Sur.

cuales pueda interactuar dentro de su grupo social y le permitan disfrutar de recreaciones sanas.

Por lo tanto, para cumplir con mayor eficiencia las funciones que debe desempeñar, es necesario, o que la capacitación del extensionista incluya todos aquellos conceptos y métodos de la economía que le permitan cumplir mejor su cometido, o que lo auxilie en sus actividades alguien especializado en estas áreas del conocimiento. Esta afirmación tiene mayor validez si recordamos que al irse transformando la agricultura de un tipo de subsistencia en una que produzca para el mercado, los objetivos de los agricultores no serían ya los de obtener la máxima producción biológica sino la máxima productividad económica, por hombre, por hectárea o por unidad de capital invertido.

ECONOMIA AGRICOLA Y EXTENSION

Lo primero que debe tomarse en cuenta en un planteo de esta naturaleza es considerar cuáles aspectos debe agregar la capacitación de extensionistas. Esto indudablemente estará relacionado directamente con la complejidad de la tarea que desempeña. Por ejemplo, el extensionista no sólo debe conocer los aspectos tecnológicos que inciden en la producción, como ser las variedades de los diversos cultivos, sus respuestas a la utilización de insumos, fertilizantes, semillas, insecticidas y fungicidas, etc., sino que debe conocer la forma en que están organizadas las empresas agrícolas dentro del área de su jurisdicción; cuál es la ubicación y distribución de los diferentes rubros, agrícolas y ganaderos en la mayoría de las unidades de producción; cómo están distribuidos por tamaños; qué efectos tienen las diferentes combinaciones de actividades sobre el ingreso del agricultor; qué posibilidades tiene un agricultor que desea mejorar su explotación y aumentar sus ingresos, de lograrlo, y cuáles son sus posibles fuentes de ayuda.

Uno de los errores que frecuentemente se cometen en extensión es no darle el énfasis correspondiente al enfoque con que se trata de resolver los problemas; con mucha frecuencia se olvida que, desde el punto de vista del agricultor, la finca entera es una unidad indivisible, integrada en un sistema de explotación, que no obstante los defectos que nosotros podamos ver en el mismo, en realidad está operando a un porcentaje de eficiencia máxima, de acuerdo con los conocimientos tecnológicos y recursos de que dispone el agricultor. Es decir, está obteniendo todo lo que es posible dadas las circunstancias y que cada vez que el extensionista introduce un cambio, está rompiendo una tradición y un sistema de explotación, o por lo menos está introduciendo una novedad en una vieja tradición, lo que altera el equilibrio logrado a través de muchos años de experiencia.

Todo lo anterior significa que la finca entera debe considerarse como una unidad que incluye todas las actividades agrícolas y ganadera individuales junto con los recursos; tierra, equipo, fuentes de energía, fuerza de trabajo, etc.

Pero es necesario, además, conocer otros aspectos de igual importancia: las diferencias individuales. Cada agricultor tiene preferencias personales, sus experiencias son distintas (aunque observadas superficialmente puedan parecer muy semejantes) al igual que sus aspiraciones y la forma cómo distribuiría las utilidades procedentes de las alternativas posibles. Y ojalá que, con ser todos estos puntos tan complejos, ahí terminaran las tribulaciones del extensionista en su afán por “ayudar al agricultor a que se ayude a sí mismo”. Debe recordar (o tener a quien recurrir para que se lo recuerde) que la eficiencia de una empresa agrícola varía al cambiar la distribución y forma de utilización de los recursos a disposición del empresario y que esto se altera con las dimensiones de la finca, con el sistema de tenencia de la tierra según el cual se explota la unidad, con la disponibilidad y costo de: crédito y mano de obra, etc.

NIVELES DE OBJETIVOS EN EXTENSION

Ya señalábamos que el objetivo final o a largo plazo de la extensión es el mejoramiento del nivel de vida del agricultor y su familia; pero los objetivos mediatos y a corto plazo son los principales problemas de la agricultura: sacarla de su estancamiento, de su pobreza, de su ineficiencia, de sus atrasos, de su dispersión y heterogeneidad, para que cumpla sus funciones dentro del desarrollo agrícola y que puedan agruparse en cualesquiera de los siguientes aspectos: Alimentar a la población (no sólo en cuanto a cantidad, sino en calidad), suministrar productos para exportación (como fuente de divisas extranjeras), proporcionar materias primas para la industria y contribuir a la emergencia de un mercado para las manufacturas.

La complejidad de los planes dependerá, en gran parte, del énfasis en que nacionalmente se oriente la política gubernamental en cada uno de esos aspectos.

Los objetivos inmediatos de los extensionistas son, traducir los propósitos de la extensión a sus expresiones económicas: mejoramiento de la productividad por unidad de esfuerzo, de superficie o de inversión, como pasos previos necesarios para el mejoramiento del nivel de vida de la población a la que sirve.

Para establecer sus objetivos, el extensionista debe planearlos con base en la realidad, y para ello le es indispensable establecer un punto de partida, determinar una “línea base” que le sirva además, para evaluar sus resultados.

Este punto de partida se determina mediante un diagnóstico de la situación, es decir “que se tiene”, se establecen los objetivos, “que se quiere”, se formula un programa de actividades “como lograr los propósitos” y al final de un período dado, se hace una evaluación, es decir “que se ha logrado con los esfuerzos”.

LOS FACTORES ECONOMICOS

La economía agrícola puede ayudar con sus principios y sus métodos a planear las actividades del extensionista y el investigador en economía agrícola, puede auxiliarlo en la ejecución de sus planes.

Por ejemplo, el extensionista puede determinar una serie de factores tales como: superficie cultivadas, clases y tipos de suelos, ubicación de los mismos, uso actual y potencial de ese recurso; disponibilidad de agua, tipo de clima, recursos humanos, de capital, conocimientos y nivel tecnológico en el cual trabajan los agricultores, insumos utilizados y su calidad, (fertilizantes, semillas, pesticidas) etc.

Pero tanto estos factores como todos aquellos otros que influyen preponderantemente sobre la demanda interna y externa para los productos agrícolas, deben ser considerados en sus relaciones económicas.

Es necesario que se conozcan y analicen los volúmenes de producción (para los diferentes cultivos y productos pecuarios) durante un cierto número de años, superficies sembradas, precios pagados al agricultor y precios pagados por el consumidor; costos adicionales por manejo y servicios (fletes, envases, comisiones y riesgos).

También se hace necesario determinar, entre otros aspectos: las inversiones que se requieren para que se puedan efectuar los cambios que se proponen; la disponibilidad de capital, de crédito y de técnicos; la orientación de la política gubernamental en materia de tributación y subsidios; las características de la comercialización, el mercado potencial, tanto en cantidad como en calidad.

EL EXTENSIONISTA Y LOS METODOS ECONOMICOS

En la mayor parte de los trabajos de extensión el enfoque se orienta a una actividad específica, y un ejemplo de ello lo encontramos al revisar los boletines, folletos, hojas de divulgación, páginas agrícolas, etc., cuyo contenido se orienta a las actividades individuales y a las técnicas de producción más bien que a la finca considerada y aunque en ocasiones se incluyen algunas relaciones amplias sobre costos, pero sin hacer referencias a otras actividades o divisiones de la finca.

Los estudios sobre la empresa agrícola considerada como una unidad, podrían dar información que destacara las relaciones que existen entre aquellos rubros o actividades que inciden de una manera preponderante sobre los ingresos, o mejor aún, sobre las ganancias neta de la finca considerada en su conjunto.

Otro ejemplo que me permitiría destacar el punto de vista que deseo enfatizar nos lo dá el hecho de que no siempre se toma en cuenta que el problema de la tecnología agrícola está estrechamente ligado con el mejoramiento en el aspecto de organización. El agricultor tiene la posibilidad de escoger entre varios métodos que puede

aplicar para realizar ciertas actividades, en otras palabras, un agricultor debe ejecutar muchas operaciones antes de lograr un producto y la mayor parte de esas operaciones pueden hacerse de más de una manera.

Una lista de esas operaciones indudablemente incluirá, entre otras las siguientes decisiones: ¿Cuándo y cómo prepara el suelo para la siembra? ¿A qué profundidad se depositará la semilla? ¿Cuál sería la densidad de siembra? (la mejor combinación de distancias entre surcos y entre plantas). ¿Qué método de cultivos se emplearán para el combate de las malas yerbas; (¿los métodos mecánicos o los métodos químicos?). ¿Y para el combate de las plagas y las enfermedades, qué métodos se utilizarán? ¿Cuándo y cómo cosechar los productos? ¿Qué tipo y clase de fertilizante usar? (¿gaseoso, diluido en el agua de riego, sólido?). ¿Cuándo y cómo aplicarlos? Si la finca fuera ganadera o incluyera el ganado como uno de los rubros, el productor deberá decidir respecto a los métodos de manejo más convenientes para él; si les proporcionará o no alimentos complementarios; límites de las fechas de apareamiento; tiempo de destete de las crías, métodos de control para las pestes y enfermedades.

Todas las actividades señaladas son eminentemente tecnológicas y en cada una de ellas, (y en otras muchas más que no he mencionado porque mi lista no trata de ser exhaustiva, ni podría serlo), existen diversos métodos o forma de realizarlas y diferencias consecuentes en los resultados económicos y en las ganancias.

El estudio de estos temas es de carácter fundamentalmente económico y se requiere para determinar los efectos de las prácticas alternativas.

Tomemos uno de los problemas tecnológicos más importantes en la economía de una empresa: la elección del tipo y cantidad de energía y de mano de obra que se utilizará en una finca.

La primera consideración que debemos hacernos es la de que la economía de mano de obra y de energía estará relacionada directamente con dos aspectos: las dimensiones de la explotación en que se empleará y la cantidad de trabajo que se desempeñará. No es un misterio, ni un secreto, la conclusión de que en muchas unidades agrícolas del minifundio, aún el uso de energía de tracción animal resulta antieconómico, (no obstante la posibilidad de obtener un préstamo o en arrendamiento, los animales de tiro). Además, todos nosotros sabemos de casos en los que el agricultor ha hecho gastos innecesarios en la compra de equipo y maquinaria agrícola demasiado grandes o de un caballaje superior al más conveniente económicamente, para el tamaño de su finca.

El estudio de las ventajas y los costos de los diversos tipos de tracción y de los principales tipos y dimensiones del equipo e implementos agrícolas, es también de carácter económico fundamentalmente y vendría a ayudar al extensionista a desempeñar un servicio valioso para los agricultores.

Pero no es sólo el punto relacionado con la eficiencia económica de un método de realizar una actividad el que tengo en mente al considerar cómo ve el extensionista los métodos económicos y su aplicación en su propio trabajo.

Ya señalábamos en la introducción que al cambiar una práctica se inicia una reacción en cadena. La sustitución del motor de sangre por el de combustión interna, provoca cambios que requiere una reorganización en la estructura de las fincas. El cambio más aparente es el ahorro de brazos en las épocas en que puede utilizarse el tractor y esto nos presenta un primer problema: ¿Cómo puede emplearse la mano de obra desplazada por el tractor y que ya no se hace necesaria en las actividades agrícolas en las que participaba? Hay otro cambio que no es tan aparente, pero que también repercute en la economía de la finca: ¿A qué se va a dedicar la superficie que antes se dedicaba a la producción de alimentos para los animales de tiro? ¿Se va a seguir produciendo alimento para otros animales, por ejemplo, vacas lecheras o ganado de carne? Estas son decisiones en que los estudios económicos tendrían gran importancia.

Veamos otro aspecto un poco diferente de los ejemplos anteriores: un método para mejorar el ingreso agrícola consiste en cambiar las dimensiones relativas de las diferentes actividades de la empresa.

En el supuesto de que las condiciones de suelo, clima, etc., lo permitan, el agricultor puede decidirse por reducir la superficie destinada a pastizales y el número de cabezas de ganado y aumentar, en cambio, la superficie dedicada a cultivar cereales o algún otro cultivo, o bien puede tomar la decisión de aumentar el número de cabezas de ganado lechero disminuyendo el destinado a la producción de carne, o bien reorganizar la combinación de actividades en cualquier otra forma.

Las reorganizaciones de este tipo requieren también estudios económicos sobre los gastos y los ingresos que suponen cada una de las combinaciones alternativas de cultivos y ganado, pero además requieren también estudios relativos acerca de los probables precios futuros de los productos alternativos y sobre los precios de los factores de producción.

RESUMEN

Podemos concluir diciendo que el objetivo principal de la extensión es contribuir al mejoramiento del nivel de vida, esencialmente de la población rural, y al desarrollo integral del país.

Que el investigador economista puede colaborar con el extensionista proporcionándole información básica en aspectos específicos tales como: datos básicos de administración de fincas necesarios para poner al agricultor en condiciones de aumentar al máximo sus ganancias; relación entre dimensiones, organización e ingresos; combi-

naciones óptimas de actividades agrícolas y ganaderas para cada región; prácticas de cultivos en relación con los ingresos, uso económico de mano de obra y equipo, etc.

Quiero terminar esta presentación haciendo mías las palabras del Dr. José Marull * que expresan también mi pensamiento en este sentido: “En conclusión, quisiera expresar firmemente mi convicción que los extensionistas tienen la oportunidad de desempeñar en el progreso general de nuestros países, un papel más profundo y valioso de lo que ellos mismos han querido asumir y que en esa tarea la economía agrícola posee herramientas útiles que están a su servicio”.

(*) En la conferencia pronunciada en el “Seminario para Profesores de Extensión de la América Latina” realizada en Turrialba, Costa Rica. Mayo 3-22-1965.

VI

Conclusiones

1. DETERMINACION DE PRIORIDADES DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS

La investigación agrícola debe tener como objetivo fundamental el aportar soluciones a problemas específicos que dificultan el desarrollo agrícola. Por desarrollo agrícola se entiende el desarrollo integral de los habitantes de las zonas rurales, dentro del marco del desarrollo nacional.

Las prioridades de investigación deben encuadrarse dentro del Plan Nacional de Desarrollo y los respectivos planes regionales; así se tendrá mayor seguridad de que los objetivos de la investigación estén de acuerdo a las necesidades reales de la comunidad. Los problemas a resolver deberían dividirse en aquellos cuya solución reporte beneficios a corto plazo y los de beneficios a largo plazo. Es necesario que parte de la investigación ataque problemas que se presentarán en el largo plazo ya que no sólo es importante estar preparados para ello, sino que la solución avanzada de problemas puede incluso promover la modificación de planes de desarrollo con beneficios para la sociedad en conjunto.

El análisis económico puede contribuir eficazmente a la determinación de esas prioridades.

Siendo la Agricultura una industria dedicada a la producción de bienes, su evolución está influenciada por las condiciones de mercado de esos bienes. Surge de esto, que las investigaciones económicas que tienden a cuantificar las demandas futuras de productos agropecuarios tienen una importancia fundamental en la asignación de prioridades de investigación. El mecanismo para ello debería funcionar de la siguiente manera:

- 1) Las investigaciones de demanda futura deben prever las cantidades de los bienes cuya producción debería ser aumentada.
- 2) Las medidas necesarias para aumentar la producción deben ser estudiadas y de esto debería surgir un programa de actividades.
- 3) Dentro de ese programa de actividades, deberían estar las de investigación biológica cuyos objetivos serían la solución de los problemas encontrados en los estudios destinados a lograr un aumento en la producción.

De acuerdo a las elasticidades de la demanda es posible prever el efecto a corto plazo de un aumento de producción (oferta) sobre la distribución del ingreso entre sectores de la población. Por ejemplo, el aumento de la producción (oferta) de un bien con demanda inelástica provocará un desplazamiento del ingreso desde los productores hacia los consumidores. En principio, es conveniente, desde el punto de vista de la economía del país, el aumento de la eficiencia de la producción; sin embargo, pueden presentarse casos como en el ejemplo anterior, en que un aumento de eficiencia resulte perjudicial para un sector de la población, por lo menos en el corto plazo.

A las investigaciones en Administración Rural le corresponde el papel de determinar las condiciones de tamaño, organización y manejo de las empresas que permitan a éstas ajustarse rápidamente a las condiciones dinámicas de la economía general. Esa flexibilidad permitiría que los efectos perjudiciales en el corto plazo descritos más arriba se redujeran apreciablemente.

En segundo lugar, Administración Rural está en inmejorables condiciones para servir de "intermediario" entre los servicios de Extensión Agrícola y los organismos de Investigación, en la comunicación de doble vía que debe establecerse entre ellos. Así, Administración Rural debería cuantificar y asignar prioridades a los problemas que extensión descubre en el campo y que trasmite a los investigadores; además, como resultado de sus propias investigaciones, pueden descubrirse los problemas que están afectando en el presente o que pueden afectar en el futuro a las empresas. Al mismo tiempo, extensión debería recibir de los especialistas en Administración Rural los resultados de la investigación biológica con un análisis económico que permitiera incluso prever el efecto que sobre la zona de influencia del servicio tendría la aplicación de la nueva técnica.

2. ROL DEL ECONOMISTA AGRICOLA Y SU UBICACION DENTRO DEL CENTRO EXPERIMENTAL

Le corresponde al economista fundamentalmente determinar las características de la demanda, tasas de retorno de la inversión, relaciones de costo-beneficio, formulación de proyectos o programas sistemáticos de estudios al nivel del productor y también proporcionar indicadores y antecedentes a nivel de programadores nacionales y políticos. Otros estudios se esperan del economista, tales como los de determinar las relaciones causales de sustitución de cultivos que significan desplazamiento de rubros de áreas apropiadas o marginales, como es el caso de la disminución de rendimientos unitarios de cultivos que han sido desplazados por otros que tienen una relación de precios más favorables.

La investigación económica al nivel del predio podría indicar el tipo de investigación biológica (variedades, etc.) que se requiere para colocar el cultivo desplazado en condiciones de competencia cuando es de interés social.

Los economistas responsables de estos programas deberían pertenecer a las ramas de economía de la producción, administración rural y comercialización.

Se plantea el problema de la ubicación del economista dentro de la estación experimental con miras a lograr una escala de trabajo total que asegure resultados positivos. En este sentido se piensa que "economista" significa "equipo" de trabajo y que su labor debe asegurarse en centros de experimentación a los cuales fluyan por una parte, los proyectos para ser evaluados y por otra, constituir grupos técnicos para proyectos específicos (caso de la investigación en fertilizantes) a través de programas cooperativos entre los centros.

El economista aislado se pierde en una demanda de problemas y su impacto es muy bajo. Se considera que es necesario llegar a un buen balance entre los constituyentes de equipos de trabajo de tal manera que el grupo alcance una masa crítica para sostener el progreso.

Por otra parte parece ser necesario discutir la estructura de los fondos que se destinan a las estaciones experimentales de tal modo que no menos de un 40 % de ellos se dediquen a operación y el 60 % restante a financiamiento de profesionales y otro personal. Las relaciones entre personal profesional y otro personal en algunos países es de 1:4.

3. ANALISIS CUANTITATIVO EN EXPERIMENTACION AGRICOLA

3.1. En fertilizantes.

La generalización de los resultados fruto de ensayos obtenidos mediante el análisis de función respuesta en fertilizantes, en el medio agrícola, está sujeta en gran parte a la manera en que se programen estos ensayos. La formulación de las experiencias deben considerar entre otras cosas:

- Un mapa detallado de suelos;
- Influencia de la fertilidad inicial;
- Manejo anterior del suelo;
- Estudios previos para determinar cuáles son los factores más importantes en la respuesta fertilizante - rendimiento, o el grado posible de interacción de las variables (época de aplicación de un abono, forma de hacerlo, dosis, etc.).

La dosis económicamente óptima en estos ensayos, presentará una zona de indiferencia al nivel de aplicación del fertilizante, por lo que en lugar de hablar de punto óptimo, conviene referirse a "zona óptima". En todo caso, el rango de variaciones en torno al óptimo es pequeño si la experiencia está bien hecha. Existiría entonces, un rango donde se encontraría la dosis óptima, cuyo límite inferior estaría dado por la dosis que produce el mayor retorno por unidad de dinero invertido en fertilizante y el límite superior sería la dosis que produce el mayor retorno por superficie abonada. El criterio de retorno por superficie abonada implica considerar la utilidad marginal del capital invertido en las otras empresas del establecimiento agrícola.

Se plantea la conveniencia del uso de otros modelos alternativos (p. ejemplo Mitscherlich raíz cuadrada) al modelo $Y = b_0 + b_1P + b_2p + b_3p^2 + b_4p^2 + b_5p_p$ empleado por Tejeda * que "implica que tanto el abono fosfatado como el fósforo del suelo ejercen un efecto similar sobre los rendimientos". Existen estudios que demostrarían que, los modelos diferentes del empleado por Tejeda, no son realistas, considerando las condiciones agronómicas y económicas que deben cumplir. Sin embargo, el modelo de segundo grado expuesto, también presenta inconvenientes, debido a que el producto físico marginal resultante es una recta y ésta no se ajustaría a la realidad. Se han propuesto modelos que aparentemente no presentan esta dificultad (Nelder) pero actualmente están en etapa de estudio previo a su uso.

Este tipo de investigaciones de superficie de respuesta proporciona al extensionista, quien tiene que estar capacitado para ello, elementos de juicio para ajustar sus indicaciones a las diferentes probabilidades de entregar una respuesta más económica, o más cerca del óptimo, al productor rural.

3.2. En producción animal.

Los ensayos de aplicación de función respuesta en experimentos de producción animal, están más retrasados que los de fertilizantes. Hasta la fecha se han centrado fundamentalmente en mediciones relacionadas con aumento de peso y alimentación, para bovinos de carne y leche, cerdos y aves de postura y engorde.

En los estudios de función respuesta en producción animal, es necesario conocer cuántas variables intervienen y las producciones y co-producciones que ellas generan. Muchas veces es muy difícil aislar para este tipo de estudios, los factores y los productos. Así por ejemplo, la producción de leche no se realiza sin generar un co-producto como es el aumento en peso; en ellos intervienen no sólo distintas variables

(*) Tejeda, Hernán. "Evaluación de metodología para determinar funciones de respuesta en la fertilización y su utilización económica" (modelo (2)).

como alimentación, manejo, etc., sino además, la gran variabilidad de los individuos. La estimación de la variabilidad en la producción animal es más difícil que en la producción vegetal, lo que obliga hacer muchas repeticiones a lo largo de varios años. Estas razones, por el momento, justifican sólo el empleo de metodologías de función de producción con raciones balanceadas.

La mayor objeción para este tipo de investigaciones se encontraría en la imprecisión en la determinación de la cantidad de pasto — proveniente de pastoreo— ingerido y el efecto que ejerce el pastoreo sobre la pradera. Por todo lo cual antes de poder cuantificar la variación se debería tratar de conocer los factores de variación.

Fuera de la relación existente entre los estudios biológicos y los económicos a nivel de la metodología y análisis, hay un campo muy vasto de interrelación con los aspectos macroeconómicos. Existen problemas de ajuste interregional, de las ventajas comparativas de producción y aspectos de política nacional. Desde este punto de vista la relación economía-biología puede ser muy provechosa. Paralelamente el agricultor debe tener elementos de juicio para fundamentar la introducción de nuevas prácticas de manejo, o eliminar otras ya adquiridas; es evidente que el criterio para operar en uno y otro caso deberá estar basado en datos económicos y biológicos. Este tipo de información debe tratar de proporcionársele. ¿Cuál ingreso adicional es posible de obtener con qué costo marginal que se agrega? Hay técnicas relativamente sencillas que deben ser usadas para evaluar esos cambios.

Hasta el momento se ha utilizado indistintamente el criterio de referir los resultados de estos ensayos, en términos de productividad por hectárea o por cabeza. Se discute la conveniencia de usar el criterio de productividad por animal en tierras de bajo valor y cuando el número de animales pueda ser el factor limitante. Por otra parte, la medida de producción por hectárea sería adecuada fundamentalmente en tierras de alto valor.

Se afirma la necesidad de hacer estudios de animales en pastoreo.

4. INTERRELACIONES INVESTIGACION AGRICOLA . ECONOMISTAS . PRODUCTORES

Las relaciones entre economistas y experimentadores biológicos queda de manifiesto si se considera que la investigación económica debe estar en función o dependencia de la biológica, como sistema que permita:

- identificación de problemas y necesidades al nivel del productor, elección de prioridades y asignación de recursos.
- complementariedad entre proyectos.

- programas cooperativos entre varios centros experimentales en busca de una escala de trabajo que permita llegar a resultados efectivos.
- determinar el impacto en la estructura de la empresa agropecuaria como efecto de las nuevas técnicas.

La posición del Investigador es obtener antecedentes y coeficientes técnicos y económicos que el Extensionista necesita conocer y debe por lo tanto, estar capacitado para trabajar con ellos. Muchos programas de extensión no han producido los frutos esperados, surgen las siguientes preguntas: ¿Existían datos suficientes en cantidad y calidad como para hacer extensión? ¿Tenían los Ingenieros Agrónomos conocimientos suficientes de Administración Rural como para enfrentarse satisfactoriamente incluso a un agricultor de buen nivel? ¿Están capacitados para hacer extensión, se informan constantemente en nuevos datos técnicos y económicos?

Se afirma que en los programas de extensión no se ha considerado suficientemente el tipo de necesidades del productor; éste ha participado en esos programas en forma pasiva. Se explica la existencia en Chile (Universidad Católica) de un programa con 140 productores en el cual los propios agricultores pagan el programa y a los extensionistas, tomando parte activa en el mismo. Este programa hace investigaciones técnico-económicas y las pone en ejecución. Todo lo cual requiere una preparación técnica del extensionista y la participación del agricultor en el programa.

Cerca de Pergamino, Argentina, se ha experimentado el crédito planificado en un área constituida por productores. El productor podía elegir la más conveniente y se le proveyó del capital adicional por medio del crédito.

Los servicios de economía ligados a investigación, a nivel de Estación Experimental llenan un importantísimo papel en la labor de extensión. El investigador debe integrarse con el medio lo que puede lograrse haciéndolo participar en seminarios en distintas regiones con los agricultores. Se insiste en que una buena parte del éxito de estos programas está en interesar a los productores en la dirección del mismo. Parte importante en esta labor deberá ser cumplida por las Universidades mediante centros de investigación: económica, técnica y extensión. También los Centros Experimentales deben poseer equipos de extensionistas especialmente capacitados para enseñar a otros extensionistas que trabajan directamente con el productor.

En general todos estos programas deben sufrir adaptaciones según el sector agrícola de que se trate. El medio es muy diferente a nivel de la gran, mediana y pequeña propiedad. Se discute también el papel del crédito y de los precios como sistemas de ayuda en la implantación de técnicas; seguramente una política de precios unida a la asistencia técnica puede dar resultados satisfactorios.

5. CONSIDERACIONES FINALES

En las sesiones de trabajo del presente Seminario se ha visto la conveniencia de los conceptos que se expresan a continuación:

- a) Participación de los investigadores con los economistas en el planeamiento del desarrollo Nacional.
- b) Colaboración de los economistas con los Ingenieros Agrónomos en el planeamiento de las investigaciones agropecuarias.
- c) La cooperación de administración rural en la determinación de los problemas que deben ser investigados al nivel del productor agrícola.
- d) La participación de los economistas en el planeamiento de las investigaciones y análisis de los experimentos a nivel de las instituciones de investigación.
- e) La organización de proyectos con objetivos bien definidos que deberán ser realizados por equipos interdisciplinarios de Economistas - Experimentadores - Extensionistas.
- f) Desarrollar estudios de modelos matemáticos de funciones de producción que incluyan los factores de mayor incidencia en el rendimiento de los cultivos.
- g) Para una mayor eficiencia en investigación sobre usos de fertilizantes los ensayos deberían ser organizados en cada uno de los tipos de suelo del área donde sus resultados serán aplicados.
- h) La necesidad de que se realicen reuniones a nivel de especialistas con el objeto de acelerar el desarrollo de la metodología de estudios agro-económicos, considerando que requieren herramientas relativamente nuevas de investigación agrícola.
- i) El objetivo básico de la Investigación Agropecuaria es producir las técnicas indispensables para el aumento de la productividad de la agricultura. Es necesario en consecuencia, que sus resultados sean económicamente ventajosos para el productor.

Por lo tanto:

- Los programas de centros experimentales deberían basarse por una parte, en estudios de administración rural para la selección y determinación de prioridades de investigación; por otra parte debieran considerar la importancia social y la rentabilidad pri-

vada de la inversión. Se sugieren algunos indicadores que podrían ser utilizados con este fin, tales como los basados en estudios de demanda, relaciones costo-beneficio, etc.

- Se recomienda se realice la integración al equipo de biólogos de economistas para el planeamiento, ejecución y evaluación, cuando el caso lo requiere, en las investigaciones de Centros Experimentales, por la íntima interdependencia de todas las etapas enumeradas.
- Se piensa que la labor de integración interdisciplinaria se puede hacer consecuente a través de proyectos específicos de trabajo coordinados, a través de los diferentes centros de experimentación.

VII

Discursos de Inauguración

11

Digitized by Google

DISCURSO INAUGURAL DEL DIRECTOR REGIONAL DEL INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS INGENIERO AGRONOMO Sr. MANUEL RODRIGUEZ Z.

Señores:

Sentimos gran satisfacción por la presencia de un grupo tan destacado de investigadores y Economistas Agrícolas que se han reunido en este Ier. Seminario Internacional sobre Investigación Económica y Experimentación Agrícola organizado por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y la Universidad Católica de Chile, y cuyo fin es el de buscar nuevos caminos de cooperación interdisciplinaria que faciliten el desarrollo agrícola.

Los progresos que nos ha traído la tecnología moderna hacen necesario una mayor integración entre la investigación y los aspectos económicos que involucra la aplicación de la técnica y sus resultados a la agricultura. Cada día es más necesaria la planificación agrícola con el objetivo de crear un proceso integral de desarrollo. En relación con la investigación agronómica es necesario que este proceso comience en el seno mismo de las estaciones experimentales. De aquí que los propósitos que nos mueven a la realización de esta reunión se relacionan con:

El intercambio de ideas acerca de la determinación de prioridades en la investigación mediante la evaluación de métodos y resultados obtenidos en la experimentación agronómica, tales como: respuestas de fertilizantes, manejo y alimentación de ganado; investigación en análisis de productividad de recursos y su utilización al nivel de la empresa agrícola. El promover la realización de investigación conjunta entre las ciencias agrícolas y económicas en forma tal, que facilite la consecución del fin último de ellos que es su aplicación por los productores agrícolas.

Esperamos que el intercambio de conocimientos y experiencias que promoverá el presente Seminario, contribuirá a crear un más estrecho contacto entre los profesionales de diferentes disciplinas que persiguen el objetivo común de aumentar la producción agropecuaria.

Este mayor intercambio seguramente influirá en el propio planeamiento y diseño de los experimentos agronómicos de manera que éstos también puedan ser analizados en relación con los factores económicos que inciden en la aplicación de sus resultados por empresarios agrícolas. Igualmente, en el plano nacional, puede esperarse que

las ciencias económicas contribuyan a señalar a los investigadores cuáles son los problemas de mayor trascendencia en el ámbito económico y social de nuestros países.

Nos complace que este Seminario se realice en una de las Universidades en la cual la docencia está unida a la investigación, ya que así, no sólo conseguiremos el logro de los propósitos del Seminario, sino también la continuidad de estas inquietudes a través de los alumnos de los cursos para graduados.

El carácter internacional de este Seminario le da mayor realce a esta reunión en el sentido que será posible que los esfuerzos de integración de economistas agrícolas e investigadores tomen en cuenta no sólo consideraciones de carácter nacional, sino también los aspectos internacionales que faciliten la integración económica en que se vienen empeñando los países Latino Americanos.

Confiamos que las conclusiones a ser logradas serán llevadas a vuestros países y que, en un futuro próximo, lo que hoy es un propósito se transforme en una necesidad y podamos observar que los resultados de la programación conjunta de las especialidades aquí representadas se reflejen en mayores niveles de desarrollo económico y social del sector rural.

Es para mí un honor darles la bienvenida en la inauguración del Ier. Seminario Internacional sobre "Investigación Económica y Experimentación Agrícola" organizado por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. y la Universidad Católica de Chile y desearles a los participantes de los países hermanos una grata estadía durante su permanencia en Chile.

DISCURSO INAUGURAL DE MONSEÑOR ALFREDO SILVA SANTIAGO, RECTOR DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

Sin menoscabo de los fines esenciales de la Universidad en el inmenso campo de la ciencia, de la cultura, de la técnica y del arte, y dentro de la recta ordenación de tales fines a un auténtico humanismo que siempre ha de orientar a todos los estudios universitarios como a su meta más sublime, no cabe la menor duda que toda la Universidad tiene una función social que forma parte irreversible de su propio ser.

En virtud de tal función la Universidad tiene la obligación y el derecho inalienables de incorporarse a la vida social, a la vida nacional del país o región en que se desarrolla su acción para participar activamente en su progreso social mediante la contribución de todos los elementos que de ordinario sólo ella tiene en plena e insustituible posesión, ora porque están actuando personalmente en ella, ora porque ella los ha formado y los ha entregado al servicio de la sociedad.

Tanto es así lo que estoy diciendo que todos los que compartimos la misión no leve de la dirección superior de las Universidades, sentimos cada día más y más que aquella dirección está llena de responsabilidades individuales, sociales y aún nacionales e internacionales que, ante nuestra propia conciencia, compromete toda nuestra vida.

Y hasta experimentamos a menudo la angustia por falta de los medios apropiados, de no poder atender a tales responsabilidades sobre todo frente a la demanda y urgencia de formar los cuadros que exige la vida nacional en su desarrollo económico y en su progreso social en todos los niveles.

Con lo que acabo de esbozar acerca de la gran misión universitaria en nuestro tiempo, comprenderéis, señores, que como Rector de esta Casa de Estudios Superiores en que nos hallamos, me siento muy honrado, y en particular profundamente reconocido con la inauguración que tiene lugar en estos momentos. Es decir la sesión inicial del Seminario Internacional sobre Investigación Económica y Experimentación Agrícola mediante la organización conjunta del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA —Zona Sur— y el Departamento de Economía Agraria de la Universidad Católica de Chile.

Las finalidades del Seminario son dignas del mayor encomio desde cualquier punto de vista que se les considere. Basta con enumerarlas para comprender de inmediato la importancia teórica y práctica, presente y futura, que tienen.

Por una parte tales finalidades miran a algo que hoy no puede discutirse. Más aún que se hace gravemente necesario y urgente. Vale decir, el fijar una política clara, precisa, realista en el empleo de los recursos económicos destinados a la investigación agrícola. Es de suyo evidente que sólo con tal criterio bien definido, aquélla dará resultados positivos y de carácter verdaderamente social.

Por otra parte, la evaluación de los resultados y métodos de tal experimentación ya realizados en la zona sur del IICA como, asimismo, la determinación y análisis de productividad de recursos y la divulgación de ambas cosas entre los agricultores, serán, sin duda, valiosos aportes que este Seminario habrá de dejar para las Escuelas y otros organismos de Ciencias Agrícolas de Chile y de América Latina, y en particular de esta zona sur de nuestro continente.

Finalmente séame permitido el hacer especial referencia al último propósito del Seminario, según leo en su programa y que, según mi modesta opinión, me parece el más básico, más central y más auspicioso del Seminario en sus efectos futuros, me refiero a la finalidad explícita que se propone de promover la realización de la investigación conjunta entre ciencias agrícolas y ciencias económicas.

Para mí, esta finalidad del Seminario es altamente satisfactoria, laudable y promisoria para el desarrollo y mejoramiento de la vida rural en todos sus aspectos que tanto a todos nos interesa sobre todo

en los momentos actuales de nuestro país y de nuestro continente. Al mismo tiempo tal finalidad me complace vivamente por una doble razón.

En primer lugar, porque esa investigación de conjunto de las ciencias antes nombradas se viene practicando en nuestra Universidad mediante un sabio y amigable acuerdo entre las Facultades correspondientes de Economía y Agricultura.

En segundo lugar por otra razón que para esta Casa de Estudios Superiores es de gran peso y de gran responsabilidad, y que me complace en expresar en esta ocasión.

Esta investigación de conjunto en todos los niveles de la vida universitaria está no sólo de pleno acuerdo, sino que responde a un ferviente anhelo y a un mandato del Concilio Ecuménico Vaticano II para todas las Universidades Católicas, las que hoy en día llegan casi a 200 en todos los continentes y en numerosos países.

En efecto, en la Declaración Conciliar sobre la educación cristiana podemos leer textualmente lo que he afirmado:

“Puesto que la cooperación que en el orden nacional e internacional se aprecia y se impone cada día más, es también sumamente necesaria en el campo de la educación y hay que procurar con todo empeño que se fomente entre las instituciones católicas de educación una conveniente coordinación y se procure entre éstas y las demás instituciones de educación la colaboración que exige el bien de todo el género humano”. Y después de este preámbulo, la Declaración agrega: “De esta mayor coordinación y trabajo común se recibirán frutos espléndidos, sobre todo en el ámbito de los institutos académicos. Por consiguiente, las diversas Facultades de cada Universidad han de ayudarse mutuamente en cuanto la materia lo permita. Incluso las mismas Universidades han de unir sus aspiraciones y trabajos, promoviendo de mutuo acuerdo reuniones internacionales, distribuyéndose las investigaciones científicas, comunicándose mutuamente los hallazgos, permutando temporalmente los profesores y proveyendo todo lo que pueda contribuir a una mayor ayuda mutua”.

Señores: formulo fervientes votos por el éxito y frutos de este Seminario.

En nombre de nuestra Universidad agradezco la presencia y participación en él del Señor Ministro de Agricultura que pone de relieve la importancia que el Gobierno reconoce a esta jornada internacional sobre investigación económica y experimentación agrícola, para los altos y patrióticos fines del mejoramiento de la vida rural en Chile y para la integración de nuestro continente en la búsqueda de esos mismos fines en justicia y humanidad.

Igualmente agradezco la presencia y contribución a las labores del Seminario de los representantes de las instituciones: el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de los Esta-

dos Americanos —Zona Sur— y el Departamento de Economía Agraria de la Facultad de Agronomía de esta Universidad, que en conjunto lo han organizado.

Y en fin, saludo atenta y afectuosamente a todos y a cada uno de los participantes del Seminario, y en particular a quienes se han impuesto la tarea de tomar a su cargo los temas de su programa, y de su dirección inmediata.

DISCURSO INAUGURAL DEL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y EXPERIMENTACION AGROPECUARIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE BRASIL, INGENIERO AGRONOMO SEÑOR ADY RAUL DA SILVA, EN REPRESENTACION DE LOS PARTICIPANTES

Sejam de agradecimento as minhas primeiras palavras pelo convite para fazer o discurso de abertura como um dos participantes ao Seminário Internacional sobre Pesquisa Economica e Experimentação Agrícola.

Não me julgo a pessoa mais qualificada para fazê-lo, porém aceitei a incumbência como testemunho de apoio, entusiasmo e interesse que tenho pela iniciativa.

Desejo felicitar ao Instituto Inter-Americano de Ciências Agrícolas, Zona Sul e o Departamento de Economia Agrária de Faculdade de Agronomia da Universidade Católica de Chile pela iniciativa que é de todo meritória e de transcendental importancia.

Antes de apreciar detalhes e a conveniência da organização deste Seminário Internacional, desejo focalizar alguns aspectos do desenvolvimento rural da América Latina fazendo um apanhado sumário da situação para depois então focalizar a oportunidade, conveniência e a importancia desta reunião.

Os conceitos, a seguir são pessoais não representando necessariamente os dos demais participantes, nem do meu governo.

Caracteriza-se a América Latina, no momento, por uma explosão demográfica, por uma elevada percentagem de população rural e um desnível extremamente acentuado, entre o padrão de vida das populações urbanas e das rurais. Prova desses fatos é demonstrada pela agitação político-social que hoje é mais intensa na população rural do que na população urbana, ao contrário do que era tradicional e dado como pacífico nas teorias político-economicas.

As causas dessa situação residem em muitos fatores, dos quais desejo apenas destacar aqueles que tem relação com os objetivos deste Seminário.

Os preços dos produtos industriais não estão em paridade com os dos produtos agrícolas, estes sendo muito inferiores áqueles.

Os salários e a remuneração pelo trabalho agrícola são em geral inferiores aos obtidos nos centros urbanos pelos que se dedicam ao commercio e á indústria.

Os lucros obtidos na agricultura são inferiores áqueles no commercio e na indústria.

Há uma capitalização dos centros urbanos e uma descapitalização da parte rural.

A valorização das propriedades nas cidades é muito maior do que no meio rural.

As oportunidades de educação são muito maiores para a população urbana do que para a rural, e com a assistência médica e social o mesmo se verifica.

Menciono a seguir algumas das razões porque isto está ocorrendo.

A industrialização que está se processando e que vem sendo objeto de uma série de proteções, desenvolve-se com o sacrificio da agricultura.

O sentido da civilização atual oferecendo grande número de produtos industrializados ao povo, reduziu para uma percentagem cada vez menor o uso daqueles resultantes da agricultura.

A força política muito maior da população urbana do que da rural, mesmo quando esta é mais numerosa que aquela, em virtude de sua atividade e consciencia. A "opinião pública" tão levada em consideração pelos o dirigentes é a das populações urbanas.

Esta situação tende a se modificar num futuro próximo em virtude de alguns fatores que destaco a seguir.

A industrialização na America Latina, em grande número de países está alcançando o ponto de ter substituído a importação tendo para se expandir em futuro próximo de obter mercado nas classes mais pobres e na rural e para isto terá que ser mais eficiente oferecendo produtos ao alcance daquelas classes de menor capacidade financeira.

A explosão demográfica que está ocorrendo fará com que o problema de alimentar uma maior população chame a atenção dos dirigentes para a agricultura.

Tem sido dramatizado que a crescente população será muito difícil de ser alimentada em um futuro próximo e que a fome será um dos principais flagelos da humanidade dentro de algumas décadas, a menos que seja aumentada a produção mundial de alimentos.

Embora reconheça que há dificuldades em um grande aumento na produção de alimentos, julgo que a enfase tem sido posta em aspectos menos importantes e decisivos.

Não existe fome no momento, salvo em caso de calamidades locais, por falta de alimento. O que existe é a falta entre os que tem fome hoje, de capacidade de pagar pelos seus alimentos.

O mercado de alimentos é pouco elástico. Qualquer aumento de produção gera aumentos de estoques.

Garantam-se: mercado e preços aos produtos agrícolas que permitam ao produtor obter lucros semelhantes e um padrão de vida igual ao habitante da cidade e a produção agrícola crescerá rapidamente e o espectro da fome por falta de produção ficará afastado por muito tempo.

Temo porém, que os planejadores terão mais dificuldades em prover de recursos financeiros a população para pagar pelo alimento, do que a existência deste.

Vejo como uma fatalidade e uma necessidade que os preços dos produtos agrícolas cresçam e se equilibrem com os dos produtos industriais afim de permitir um desenvolvimento harmonico dentro de nossos países; para que a nossa indústria possa ter novos mercados, expandase e pelo maior volume possa ter preços menores.

Julgo que a humanidade terá que destinar maior parte dos seus ganhos ao pagamento de alimentos para uma maior população; e finalmente que se reconhecerá e se dará ao agricultor iguais oportunidades de padrão de vida, de educação, de assistência médica e social, ás que hoje já disfrutam as populações urbanas.

O progresso da humanidade, o fato de um maior número ter mais riqueza, só poderá ser obtido através de uma tecnificação maior da produção, de aperfeiçoamento dos métodos quer na indústria, quer na agricultura.

A tecnificação da agricultura está sendo limitada na América Latina, pelo menos em muitos dos países, pela falta de equilibrio entre os preços dos produtos agrícolas com o dos meios de produção especialmente dos adubos, máquinas, inseticidas, fungicidas, erbicidas e facilidades da manejo e conservação da produção.

Os rendimentos por área e per capita da produção agricola na América Latina são em geral baixos, com exceções.

A pesquisa em muitos casos tem demonstrado ser possível eleválos porém, a sua aplicação tem sido retardada com frequencia por não ser lucrativa a sua aplicação, não dar um retorno ao investimento igual ao de outras aplicações; pelo atraso da população rural por falta de educação e por consequinte com a falta de receptividade para os avanços tecnológicos.

Justifico essas generalidades. Pareceram-me necessárias para demonstrar a preocupação dos pesquisadores quanto á utilização de seus trabalhos na solução dos problemas de desenvolvimento de nossos países e esses são os problemas que aquel tenhos que resolver.

A tecnificação do meio rural é um dos meios de elevar o padrão de vida de sua população sem exigir um sacrificio da população urbana.

Ela só será eficaz se alicerçada na experimentação agropecuária e na pesquisa para abrir novas oportunidades.

A urgencia do desenvolvimento de nossos países não permite que o técnico se abstraia da repercussão econômica de seus trabalhos e a consciencia da importancia de sua contribuição o leva a cada vez mais a considerá-la no seu planejamento.

Dentro dessa orientação, os organizadores deste Seminário muito acertadamente colocaram como primeiro tema o critério econômico para determinação das prioridades nas pesquisas.

O assunto será objeto de pronunciamentos minuciosos e análise crítica, mas não posso deixar de focalizar, nestas palavras iniciais o ponto de vista de que as pesquisas devem ser orientadas no sentido de resolver os problemas economicos visíveis e atuantes, a curto e a médio prazo, e também serem permitidas no sentido de pioneirismo e criadoras de novas riquezas, de novas oportunidades para um futuro a maior prazo.

Mais do que palavras de aplauso a iniciativa da realização deste Seminário, desejo trazer o testemunho de meu interesse que é semelhante ao dos demais participantes com as medidas que estou tomando na Direção Geral do Departamento de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Ministério da Agricultura, com a responsabilidades de coordenar as pesquisas de seis Institutos das grandes regiões geoeconomicas do Brasil.

Estou organizando junto á Diretoria Geral para o trabalho de avaliação e planejamento, uma assessoria para assuntos economicos e junto á Seção de Estatística Experimental, especialistas em análise econômica dos experimentos e no seu planejamento que permita esse tipo de análise com maior eficiencia.

O mesmo dispositivo de assessoramento técnico será instalado em cada um dos seis Institutos Regionais, que contarão além disso com uma equipe para realizar estudos de administração rural.

Estão participando das Comissões Nacionais de Coordenação da pesquisa de cada espécie vegetal e animal, representantes dos orgaos financiadores a fim de que os resultados das pesquisas sejam levados aos produtores através de um crédito condicionado e por eles verificada a repercussão econômica das técnicas recomendadas.

Citarei um exemplo que serviu de excelente motivação para o principal estabelecimento de crédito no país e Banco do Brasil, conforme está descrito em seu relatório de 1965.

Em face da presença de seu representante nas reuniões da Comissão de Trigo, resolveu estabelecer na safra de 1964/65 o financiamento em três categorias: os que conduziram as suas lavouras dentro das técnicas emanadas dos resultados das pesquisas; os que utilizariam os seus métodos porém empregando adubação e máquinas; e aqueles que conduziram as suas lavouras sem maior tecnificação.

O rendimento das lavouras que seguiram as recomendações técnicas foi 35,5 % superior ao das lavouras que utilizaram adubos e máquinas porém não obedeceram ás normas da pesquisas; o mais de 100 % em relação áquelas que não adubaram.

Esses resultados são importantes porque foram obtidos em uma área de 50.500 hectares e serviram para estabelecer uma nova orientação e política do Banco do Brasil que destacou o fato em seu último relatório publicado.

Senhores. No momento em que o planejamento do desenvolvimento econômico dos nossos países é uma preocupação constante de nossos governos, e quando os economistas estão utilizando os dados da produção agropecuária para prever as safras futuras, a pesquisa poderá, se levada na devida conta, permitir o planejamento mais eficiente e dar uma orientação segura ao desenvolvimento.

E pois extremamente oportuna a realização deste Seminário para o planejamento futuro do desenvolvimento econômico, com a contribuição da pesquisa.

Por outro lado não menos importante para nós, será a contribuição em motivação que ganharemos com o estabelecimento de prioridades e com a análise das relações preços meios de produção e aumentos de rendimento por eles motivados no experimentos realizados.

Desejo destacar a preocupação dos organizadores e que tambene é nossa de promover a divulgação dos resultados experimentais com a sua análise econômica aos agricultores fazendo com que eles alcancen a sua finalidade e promovam o desenvolvimento da população.

Finalizando desejo me congratular por estar de novo entre os ilustres colegas dos diversos países sul-americanos e especialmente por estarmos no Chile, País hospitaleiro e amigo que tão bem nos recebe e que tanto tem contribuido para a melhoria das relações internacionais.

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y FINANZAS
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

TRAMITE: *Donación*

PROVEEDOR:

PRECIO: *E. 600*

FECHA: *Ag. 69*

